

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

К 65-летию БелИИЖТа – БелГУТа

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ

МАТЕРИАЛЫ
IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Часть 1

Под общей редакцией *Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

Гомель 2018

УДК 656.0+69
ББК 39.28+38
А43

Редакционная коллегия:

Ю. И. Кулаженко (отв. редактор), **Ю. Г. Самодум** (зам. отв. редактора),
А. А. Ерофеев (зам. отв. редактора), **Т. М. Маруняк** (отв. секретарь),
К. А. Бочков, Д. И. Бочкарев, Т. А. Власюк, И. А. Еловой, Н. Н. Казаков,
Д. В. Леоненко, И. Г. Малков, В. Я. Негрей, В. М. Овчинников, В. И. Сенько

Рецензенты:

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

Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и
А43 строительного комплексов : материалы IV Междунар. науч.-практ.
конф. : в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь,
Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. –
Гомель : БелГУТ, 2018. – 270 с.
ISBN 978-985-554-766-3 (ч. 1)

Рассмотрены актуальные вопросы подвижного состава железнодорожного транспорта; управления и интеллектуальных транспортных систем; информационных технологий, автоматизации, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте; ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий на транспорте; инновационных материалов и технологий строительства; промышленного и гражданского строительства; естественных наук для транспортного и строительного комплексов; цифровой экономики транспортного и строительного комплексов; инновационных технологий организации пассажирских перевозок, а также тенденции развития образовательных технологий и воспитания специалистов транспортного комплекса и перспективы их развития.

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

УДК 656.0+69
ББК 39.28+38

ISBN 978-985-554-766-3 (ч. 1)
ISBN 978-985-554-767-0

© Оформление. БелГУТ, 2018

УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ!

От имени оргкомитета IV Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса» приветствую вас, желаю всем плодотворной работы, успехов в обсуждении сложнейших проблем транспорта и транспортного строительства.

Наша конференция проводится в год 65-летия нашего университета и посвящена этому знаменательному для нашего коллектива событию. Проведение научно-исследовательских работ по транспортной и строительной тематике всегда являлось одним из приоритетных направлений деятельности ученых и специалистов Белорусского государственного университета транспорта. В тесном сотрудничестве со специалистами Белорусской железной дороги учеными БелГУТа найдены эффективные технические решения в организации и совершенствовании технологий перевозок, эксплуатации и ремонте подвижного состава, пути, систем автоматики и связи.

Выражаю уверенность, что обмен мнениями по этим и другим вопросам, активное сотрудничество специалистов в различных направлениях деятельности позволят найти взвешенное, комплексное решение многих важнейших проблем.

Проведение конференции мы рассматриваем как возможность ознакомить участников с творческими достижениями специалистов и ученых вузов и научно-исследовательских институтов, установить новые контакты и оказать помощь транспортным и строительным организациям в решении различных научно-технических задач.

Открывая конференцию, я не могу не отметить внимание, большую помощь, которую оказывают нам Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, Белорусская железная дорога в проведении ставшей уже традиционной конференции.

Благодарю вас за участие в работе нашей конференции и желаю всем успехов в решении научных и производственных проблем, личного счастья, крепкого здоровья!

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

1 ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

УДК 629.4

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОНТАКТНЫХ ПОДВЕСОК С ТОКОПРИЕМНИКАМИ

Н. Б. АДИЛОВ

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Республика Узбекистан

При исследовании контактных подвесок и токоприемников для высоких скоростей движения поездов необходимо оценивать качество токосъема при различных вариантах исполнения взаимодействующих конструкций, чтобы правильно выбрать их оптимальные параметры. Для этого нужно или строить траектории токоприемников и кривые их контактных нажатий, или определять экстремальные значения вертикальных перемещений точки контакта полоза токоприемника с контактным проводом и контактных нажатий, вызывающих эти перемещения, а иногда только устанавливать возможность отрыва полоза токоприемника от контактного провода. Расчеты по статической методике не могут обеспечить решение таких задач; для этого необходимо учесть динамику взаимодействия контактной подвески с токоприемниками в процессе токосъема.

В связи с ростом скоростей движения поездов расчеты, учитывающие динамику, приобретают все большее значение. Основная цель таких расчетов – обеспечение высокого качества токосъема путем стабилизации контактного нажатия каждого из участвующих в процессе токосъема токоприемника около оптимального уровня. Это приведет к снижению износа контактных проводов и токосъемных пластин, а также к уменьшению помех радиоприему, возникающих при искрении и отрывах токоприемников.

Взаимодействие контактной подвески с токоприемниками представляет собой очень сложный колебательный процесс, в котором участвуют разнородные колебательные системы: две из них с распределенными параметрами (железнодорожный путь и контактная подвеска) и несколько систем с условно сосредоточенными параметрами (локомотивы с токоприемниками). Таким образом, интересующие нас точки контакта полозов токоприемников с контактным проводом совершают колебания, обусловленные параметрическим возбуждением со стороны контактной подвески вследствие периодического изменения ее параметров, а со стороны локомотива – воздействием колеблющихся токоприемников, на основании которых передаются колебания пути и электроподвижного состава. Кроме того, вдоль контактной подвески в обе стороны от точки приложения контактного нажатия каждого из токоприемников распространяются волны колебаний, влияющие на взаимодействие подвески с другими токоприемниками. Сказанное можно пояснить схемой, приведенной на рисунке 1, для случая, когда один токоприемник движется со скоростью v и в направлении, указанном верхней стрелкой.

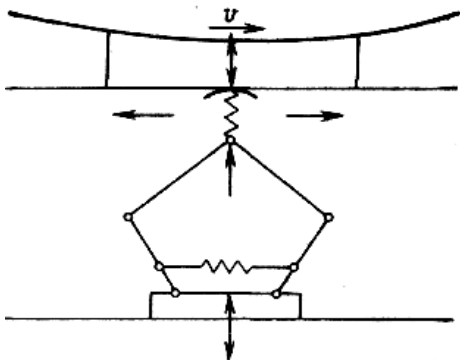


Рисунок 1 – Схема, поясняющая взаимодействие токоприемника с контактной подвеской

Методы исследований взаимодействия контактной подвески с токоприемниками можно разделить на аналитические, моделирующие и экспериментальные. Такое разделение весьма условно, так как все эти методы тесно связаны. Результаты расчетов аналитическим или моделирующим методом не могут быть достоверными без экспериментального подтверждения, а моделирующие и экспериментальные методы должны базироваться на определенных теоретических предпосылках. Аналитические методы можно разделить на две основные группы: учитывающие и не учитывающие динамические процессы; моделирование может быть физическим и математическим (с помощью универсальных ЭВМ и на специально разработанных электроаналоговых установках); эксперименты проводят либо в лабораторных условиях, либо на действующих линиях или на специальных полигонах. Для проектирования контактной сети основным интерес представляют ана-

литические методы исследований. Принципиально возможно на стадии проектирования использовать специальные электроаналоговые установки, в которых моделировался бы процесс взаимодействия контактной подвески с токоприемниками. Однако подобных установок нет, и поэтому обычно используют только аналитические методы расчетов, учитывающие динамические процессы.

Расчеты, учитывающие динамику, можно базировать на результатах анализа процессов, возникающих при токосъеме, принимая их детерминированными или случайными. И в том, и в другом случае развитие методик расчета идет по различным путям в зависимости от того, учитывается или не учитывается распространение колебаний вдоль контактной подвески. Не менее важен учет влияния на токосъем колебаний пути и локомотива. Воздействия этих колебаний, а также ветра (действие его допустимо учитывать совместно с аэродинамическими силами) всегда являются случайными. Можно считать случайными и некоторые другие факторы, например кривые провисания контактных проводов, натяжения проводов подвески и т.д. Поэтому исследования динамики взаимодействия контактной подвески с токоприемниками методами теории вероятностей являются более строгими. Однако учет случайных явлений существенно усложняет решение поставленной задачи. Поэтому в первую очередь были разработаны методики расчетов взаимодействия контактной подвески с токоприемниками, базирующиеся на анализе детерминированных процессов.

В большинстве современных методик расчета, разработанных в различных странах, не принимается во внимание распространение волн колебаний в обе стороны от точки контакта вдоль контактной подвески. Такие методики применяют лишь для расчетов взаимодействия контактной подвески с одним токоприемником. При взаимодействии же контактной подвески с несколькими работающими одновременно токоприемниками без учета распространения колебаний вдоль контактной подвески точно решить задачу нельзя. Влияние на процесс токосъема колебаний локомотива необходимо учитывать, так как иначе результаты расчетов могут существенно разойтись с действительными перемещениями или нажатиями.

Из сказанного следует, что решить поставленную задачу аналитически на основе анализа детерминированных процессов достаточно трудно. Колебания даже одиночного провода описываются дифференциальными уравнениями в частных производных четвертого порядка со сложными граничными условиями. Колебания каждого из токоприемников должны быть представлены обыкновенными нелинейными дифференциальными уравнениями, которые нужно решать совместно с уравнением колебаний контактной подвески и уравнениями, описывающими колебания крыши локомотива. Последние происходят с переменной амплитудой и спектром частот, зависящими от типа локомотива, состояния пути, скорости движения. Колебательная система, в которой учтены все участвующие в процессе токосъема компоненты, обладает бесконечным числом степеней свободы. Все это делает практически невозможным аналитические решения систем таких уравнений без принятия каких-либо упрощающих допущений. Однако каждое из вводимых допущений должно быть тщательно обосновано. Критерием приемлемости тех или иных допущений является соответствие результатов аналитических расчетов экспериментальным данным с достаточной для практических целей точностью.

Список литературы

- 1 **Инсапов, Д. М.** Методика расчета траекторий движения элементов токоприемника / Д. М. Инсапов // Материалы Республиканской НТК с участием зарубежных ученых (6–7 декабря 2005 г.). – 2005.
- 2 **Фрайфельд, А. В.** Проектирование контактной сети / А. В. Фрайфельд, Г. Н. Брод. – М. : Маршрут, 2003.

УДК 621.311:625.42

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С НАКОПИТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

О. С. АНАНЬЕВА, В. Н. ПОДОЛЬСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

За последние годы в результате увеличения спроса на грузо- и пассажироперевозки, а также роста цен на энергоносители приоритетной задачей всех развитых стран мира является решение про-

блем, связанных с энергосбережением и энергоэффективностью транспортных средств. В транспортной системе Республики Беларусь согласно Государственной программе «Энергосбережение» на период 2016–2020 гг. предусмотрено сдерживание роста валового потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), а также увеличение использования местных ресурсов и возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Реализация указанных направлений данной программы осуществляются за счет комплекса энергосберегающих мероприятий, включающих:

- экономию ТЭР за счет внедрения современных энергоэффективных технологий, энергосберегающего оборудования и приборов;
- повышение эффективности работы энергетических мощностей путем использования энергоэффективных, в том числе инновационных, технологий с выводом из эксплуатации физически и морально устаревшего оборудования;
- снижение потерь при транспортировке энергии;
- повышение энергоэффективности на транспорте, в том числе ВИЭ.

На сегодняшний день наиболее эффективным и инновационным мероприятием по энергосбережению в транспортном комплексе является применение накопителей электрической энергии (НЭЭ) – устройств аккумулирующих электроэнергию с последующей ее отдачей потребителю, способных снизить капиталовложения на основное оборудование тяговых подстанций (ТП) и уменьшить затраты на электроэнергию, используемую на тягу электрического подвижного состава (ЭПС).

Анализ опубликованных к настоящему времени исследований [1–5] в области применения НЭЭ в системе тягового электроснабжения (СТЭ) показал отсутствие комплексного подхода к решению задач, связанных с исследованием совместной работы СТЭ и подвижного состава с НЭЭ, включающего детальный анализ режимов их совместной работы с учетом многообразия типов ЭПС. В связи с этим разработка имитационной модели является актуальной задачей.

Основной целью работы является создание имитационной модели, способной адекватно описать совместную работу СТЭ и подвижного состава с НЭЭ, что позволит избежать значительных погрешностей в расчетах режимов, а также улучшить разработанные ранее методы расчетов и средства анализа схем замещения.

На кафедре «Локомотивы» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» ведется научно-исследовательская работа, направленная на исследование совместной работы СТЭ и подвижного состава с НЭЭ. Исследования проводятся с учетом оснащения ЭПС асинхронным приводом, так как применение такого вида подвижного состава позволит в значительной степени сократить потребление электроэнергии.

В рамках проводимых исследований была разработана имитационная модель совместной работы СТЭ и подвижного состава с НЭЭ, отличительной особенностью, которой является возможность анализа режимов работы ЭПС (тяги и торможения) от НЭЭ и одновременного проведения тяговых и электрических расчётов.

Разработанная имитационная модель состоит из следующих блоков: реализации графика движения подвижного состава, выполнения тяговых расчетов, определения поездной ситуации, формирования математической модели СТЭ, формирования математической модели НЭЭ, расчета токораспределения в системе тягового электроснабжения.

Блок формирования графика движения подвижного состава. Предоставляется возможным использованием как вероятностного, так и детерминированного графика движения поездов. Для движения подвижного состава метрополитена характерно строгое соблюдение времени отправления и прибытия на станции (интервал попутного следования), однако не всегда предоставляется возможным соблюдение детерминированного графика, и в этом случае интервал попутного следования рассматривается как случайная величина или используется вероятностный график движения ЭПС.

Блок выполнения тяговых расчетов. Выполнение тяговых расчетов позволяет определить скорость движения подвижных составов, время хода по участку, а также зависимости скорости движения ЭПС, времени хода и токопотребления от пути.

Блок определения поездной ситуации. Формирование мгновенной схемы замещения СТЭ с НЭЭ и определение расположения ЭПС на фидерной зоне, а также их токопотребления в текущий момент времени определяется по результатам графика движения и проведенных тяговых расчетов.

Блок формирования математической модели СТЭ. Математическая модель СТЭ представлена в виде математической модели системы внешнего электроснабжения, тяговой подстанции, контактной сети и подвижного состава. Тяговая подстанция системы внешнего электроснабжения пред-

ставлена в виде источника ЭДС, внутреннее сопротивление которого определяется в зависимости от напряжения короткого замыкания, а также расчетного напряжения холостого хода преобразователей тяговой подстанции. Подвижной состав представлен в виде источника тока как в режиме тяги, так и в режиме рекуперации.

Блок формирования математической модели НЭЭ. Аккумулирующая установка при формировании мгновенной схемы замещается конденсатором определенной емкости, рассчитанной исходя из количества и параметров ЭПС.

Блок расчета токораспределения в системе тягового электроснабжения. Расчет токов и напряжений в элементах СТЭ и НЭЭ производится по схеме замещения одним из существующих методов анализа электрических цепей. В цепях постоянного тока (СТЭ метрополитена и городского электрического транспорта) наиболее удобным способом расчёта для определения токов и напряжений во всех элементах схем замещения является метод контурных токов.

В настоящий момент нами ведется разработка компьютерной программы для реализации описанной структуры имитационной модели совместной работы СТЭ и подвижного состава с НЭЭ. В дальнейшем разработанная имитационная модель может быть рекомендована для определения токовых нагрузок, подбора оборудования и расчета экономии электроэнергии за счет применения в тяговых сетях НЭЭ.

Список литературы

- 1 **Шевлюгин, М. В.** Энергосберегающие технологии на железнодорожном транспорте и метрополитенах, реализуемые с использованием накопителей энергии : автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.09.03 / М. В. Шевлюгин. – М., 2013. – 48 с.
- 2 **Заруцкая, Т. А.** Исследование эффективности применения сверхпроводникового индуктивного накопителя энергии на тяговой подстанции постоянного тока : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / Т. А. Заруцкая. – Ростов н/Д, 2004. – 21 с.
- 3 **Омельяненко, В. И.** Математическая модель режимов обмена энергией между накопителем и тяговым приводом пригородного электроподвижного состава / В. И. Омельяненко, Л. В. Оверьянова // Вісник НТУ «ХПІ». Сер. Транспорт-немашинобудування. – 2013. – № 31 (1004). – С. 101–104.
- 4 Стационарная система аккумуляции энергии рекуперации электроподвижного состава метрополитена на базе емкостных накопителей энергии / Ю. А. Бродский [и др.]. // Электротехника. – 2008. – № 7. – С. 38–41.
- 5 **Черемисин, В. Т.** Повышение энергетической эффективности системы тягового электроснабжения в условиях работы постов секционирования с накопителями электрической энергии / В. Т. Черемисин, В. Л. Незевак, А. П. Шатохин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – Т. 326, № 10. – С. 54–64.

УДК 625.42

МАТРИЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ СИСТЕМ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

О. С. АНАНЬЕВА, В. Н. ПОДОЛЬСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Применение матричных методов расчета определяется прежде всего необходимостью совместного рассмотрения сетей тягового электроснабжения и электрического подвижного состава, что связано с решением задачи большой размерности. В результате полученные данные более точны и могут использоваться для проектирования новых и модернизации существующих железнодорожных участков и линий метрополитенов.

Электрический подвижной состав расходует на нужды тяги до 80 % электроэнергии от общего количества необходимой для предприятия. Одной из главных задач всех транспортных предприятий на сегодняшний день является экономия электроэнергии. Поэтому выбор рациональных схем и режимов работы тягового электроснабжения по-прежнему остается актуальной задачей.

Наиболее удобным способом формализации и расчетов электрических цепей является, как известно, использование матричных методов анализа. Эти методы широко известны и применяются для формализации электрических схем тягового электроснабжения (СТЭ) железных дорог, метрополитенов и городского электрического транспорта, а также для расчета токов и напряжений в их элементах. В основе разработанного расчета лежит обобщенный алгоритм Гаусса. При этом алго-

ритме используются матрицы, разбитые на прямоугольные части – «клетки» или «блоки». Действия над блочными матрицами производятся по тем же формальным правилам, как и в случае, когда вместо блоков имеем числовые элементы.

Исходными данными для предложенного метода являются принципиальная схема электроснабжения участка, результаты тяговых расчетов и сведения о размерах движения.

При совместной работе системы тягового электроснабжения и электрического подвижного состава применяются классические подходы расчета подобных систем. Расчет цепи предполагается вести модифицированным методом контурных токов в матричной форме. Значения контурных токов при использовании метода расчета определяются по выражению

$$I_k = (B \times R \times B^T)^{-1} B \times E,$$

где I_k – матрица-столбец контурных токов; B – матрица инцидентий второго рода; R – матрица сопротивлений ветвей; E – матрица ЭДС.

Токи в ветвях любой рассматриваемой схемы расчета определяются из выражения

$$I_b = B (B \times R \times B^T)^{-1} B \times E.$$

Особенностью рассматриваемых расчетов является тот факт, что сопротивления ветвей, имитирующих электрический подвижной состав (ЭПС), бесконечно велики, а токи их известны и не зависят от других параметров схемы. Поэтому нагрузки ЭПС моделируются идеальными источниками тока. При составлении дерева схемы хордами его принимаются все ветви, представленные источниками тока. Нумерация ветвей должна быть выбрана такой, чтобы основные матрицы были разбиты на отдельные самостоятельные блоки как в матрице соединений B , так и в матрице сопротивлений R . Пример такого дерева схемы приведен на рисунке 1.

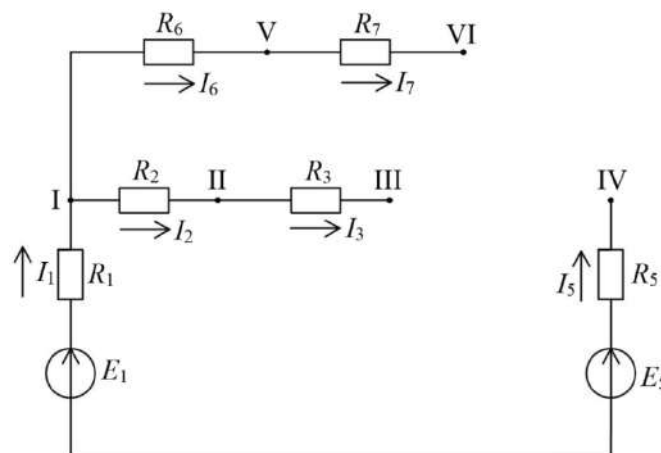


Рисунок 1 – Дерево схемы

Матрицами, характеризующими численные значения параметров цепи, являются: матрица сопротивлений схемы R , матрица ЭДС E , а также матрица токов J (токов ЭПС).

Сопротивления источников тока ветвей приняты равными бесконечности. Исходя из этого сопротивления ЭПС в матрице R заменены токами J . Однако в этом случае матрица ветвей не может быть названа как прежде (матрицей сопротивлений ветвей схемы), т. к. в ее состав кроме сопротивлений, входят также токи источников тока J (токи ЭПС). Для проведения дальнейших расчетов матрица R разбивается на 4 блока, в состав которых совместно не входят ветви, характеризующиеся значениями сопротивлений, и ветви источников токов, при этом 2 блока из 4 оказываются пустыми (нулевыми). Матрица соединений в соответствии с принятым порядком нумерации ветвей инцидентий также разбивается на блоки.

Эта методика позволяет значительно упростить расчеты электрических цепей СТЭ за счет применения модифицированного метода контурных токов, при котором рассматриваемая электрическая цепь описывается и рассчитывается в матричной форме, а также позволяет автоматизировать составление, формализацию и расчет мгновенных схем электрических цепей, даже с большим числом элементов, что имеет особое значение при расчете мгновенных схем питания тяговых сетей. При этом составление мгновенных схем для участков СТЭ рассматриваемым способом алгоритми-

зировано и позволяет свободно включать в расчеты дополнительные элементы (например, разные виды электрического подвижного состава).

Применение данной методики в сравнении с классическими методами расчета значительно упрощает определение параметров СТЭ при совместной работе с ЭПС. Это достигается за счет сокращения размеров матриц, подлежащих преобразованию, и, следовательно, объемов вычислений, что позволяет снизить затраты времени на работу модели и достаточно просто изменять какие-либо ее параметры.

УДК 625.032.3

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ СХЕМ ПРИ ИСПЫТАНИИ ВЛИЯНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ

А. Э. БАРАНКЕВИЧ, И. И. АРХУТИК, О. В. ХОЛОДИЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Допустимое воздействие железнодорожного подвижного состава на железнодорожный путь и стрелочные переводы оценивают по экспериментальным и экспериментально-расчетным показателям на основании результатов испытаний по воздействию железнодорожного подвижного состава на железнодорожный путь и стрелочные переводы.

Такие испытания проводят в рамках комплексных динамических (ходовых) по воздействию на железнодорожный путь и стрелочные переводы испытаний.

В процессе комплексных испытаний подвижного состава экспериментально определяют:

- динамические напряжения растяжения в кромках подошвы рельса в кривых и прямых участках железнодорожного пути, в переднем вылете рамных рельсов и переводных кривых стрелочных переводов, возникающие при изгибе и кручении рельса при взаимодействии с колесами железнодорожного подвижного состава;
- динамические напряжения в кромках острия стрелочных переводов, возникающие при изгибе и кручении острия при взаимодействии с колесами железнодорожного подвижного состава;
- боковые и вертикальные силы, передаваемые от колеса на рельс, а также выявляют колеса с дефектами на поверхности катания;
- горизонтальные и вертикальные силы, передаваемые от рельса на шпалу;
- рамные силы;
- динамические вертикальные силы, действующие на подрессоренную массу единицы железнодорожного подвижного состава.

Для исследовательских целей в процессе испытаний определяют также горизонтальные, вертикальные ускорения и перемещения рельсов, узлов рельсовых скреплений, шпал.

Для измерений боковых сил, воздействующих на головку рельса, применяют тензометрические схемы, собранные на шейке рельса. С помощью таких схем измеряют боковые силы по разности противоположных по знаку изгибающих моментов, возникающих в шейке рельса под воздействием боковых сил (метод Шлюмпфа) (рисунок 1).

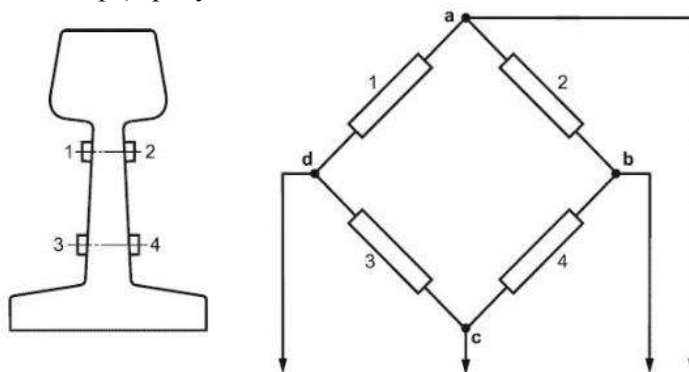


Рисунок 1 – Схема измерения боковых сил на шейке рельса.
Точки *a* и *c* – измерительная диагональ тензометрического моста; *d*, *b* – питание моста

В измерительном сечении рельса тензорезисторы 1–4 располагают на шейке рельса попарно с наружной и внутренней стороны. 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.

Градуировку тензометрических схем по методу Шлюмпфа производят механически посредством приложения в средней части головки рельса в измерительном сечении последовательности контрольных эталонных нагрузок в горизонтальной плоскости железнодорожного пути, направленных перпендикулярно к оси железнодорожного пути, при одновременном приложении вертикальной нагрузки в измерительном сечении рельса.

В ходе анализа тензометрических схем измерения горизонтальных сил, действующих от колеса на рельс, приведенных в ГОСТ Р 55050–2012, было установлено, что ГОСТ устанавливает требования только к локализации тензометрической схемы на рельсе, но ничего не говорит относительно их ориентации относительно оси пути.

Исходя из вышеизложенного, было принято решение провести экспериментальные испытания двух схем с различным ориентированием тензометрических датчиков относительно оси рельса.

Осциллограммы боковых сил при различном расположении тензометрических датчиков приведены на рисунке 2.

Исследования показали, что отличие значений боковых сил в различно ориентированных схемах отличаются не более чем на 5 %.

Это позволяет сделать вывод о возможности применения обеих схем в исследованиях воздействия подвижного состава железнодорожного транспорта на путь.

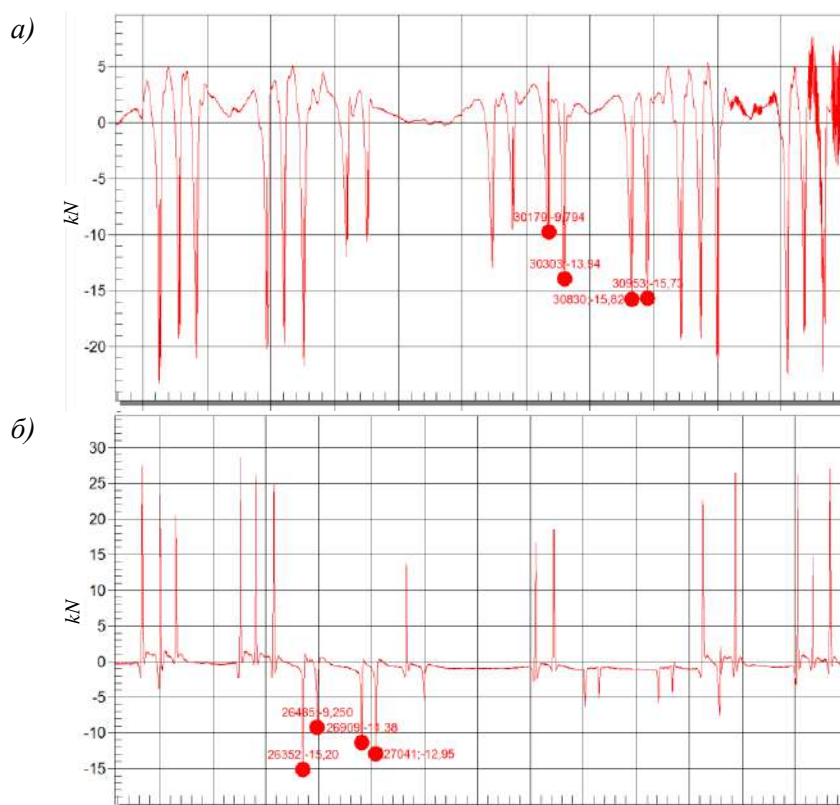


Рисунок 2 – Осциллограмма боковых сил:

a – при вертикальном расположении тензометрических датчиков; *б* – при горизонтальном расположении тензометрических датчиков

Список литературы

- 1 Расчеты и проектирование железнодорожного пути : учеб. пособие для студентов вузов ж.-д. трансп./ В. В. Виноградов и [др.]; под ред. В. В. Виноградова и А. М. Никонова. – М. : Маршрут, 2003 – 486 с.
- 2 Агейкин, Д. И. Датчики контроля и регулирования : справ. материалы / Д. И. Агейкин, Е. Н. Костина, Н. Н. Кузнецова. – М. : Машиностроение, 1965. – 928 с.
- 3 ГОСТ Р 55050–2012. Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы испытаний. – М. : Изд-во стандартов, 2013. – 22 с.

К ВОПРОСУ О СОВМЕСТНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СИСТЕМ ТЯГОВОГО И ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ

Д. А. БОСЫЙ, Д. Р. ЗЕМСКИЙ

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

Проектная и научно-исследовательская деятельность, касающаяся систем тягового электро-снабжения, в отличие от систем питания со стационарной нагрузкой, усложняется учетом передвижения поездов согласно принятому графику движения по электрифицированным железнодорожным линиям. Кроме того, использование рельсовой сети в качестве обратного провода и определенное конечное переходное сопротивление системы рельс-земля вынуждает в особых случаях учитывать токи утечки с рельса в землю. В системах тяги на переменном токе, где имеет место электромагнитная связь между элементами тяговой сети и смежными линиями электропередач, определение тока в рельсовой цепи вдоль перегона, распределение которого зависит от расположения поездов на участке, расстояния до подстанции и электрических параметров схемы замещения системы рельс-земля, представляет большой научно-практический интерес, так как это приведет к повышению точности расчетов потери напряжения в тяговой сети и в системе нетягового электро-снабжения. Кроме того, распространенная система питания нетяговых потребителей на дорогах переменного тока (система «два провода – рельс») использует рельсовую цепь в качестве третьей фазы, что должно быть учтено при исследовании проблем электромагнитной совместимости системы электрической тяги, СЦБ и линий электро-снабжения прочих потребителей, которые питаются от тяговой сети (обмотки трансформатора). На энергетические показатели и качество электрической энергии в тяговой сети также имеет влияние конфигурация, параметры, схема питания системы внешнего электро-снабжения, параметры элементов системы тягового электро-снабжения и электроподвижного состава, режимы работы последнего.

Из вышесказанного возможно резюмировать, что моделирование электроэнергетических процессов в системе тягового электро-снабжения – задача сложная и требует комплексного подхода для учета многих влияющих факторов. Полнота построенной математической модели позволяет избежать погрешностей в расчетах и приводит к улучшению методов анализа, способствует повышению энергетической эффективности и безопасности движения. Поэтому поднятый вопрос актуален для специалистов в области электро-снабжения и связи на железнодорожном транспорте.

Для решения описанных задач на сегодняшний день уже существуют программы, которые позволяют выполнять расчеты тяговой сети с учетом графика движения и определять интересующие электрические величины. Наибольший вклад на сегодняшний день сделан коллективом авторов, среди которых Закарюкин В. П. и Кюков А. В. Основываясь на результатах их работы, разработан программный комплекс «Fazonord-качество» предназначенный для расчетов режимов и нагрузочной способности системы тягового электро-снабжения в фазных координатах [1–3]. Известна специализированная программа OpenPowerNet немецкого института железнодорожных технологий, которая, однако, не разрабатывалась для учёта совместной работы системы тягового электро-снабжения с системой электро-снабжения нетяговых потребителей, в отличие от «Fazonord-качество». В основе расчета в программах, приведенных в качестве примера, использован символьный метод представления синусоидальных электрических величин.

Новый подход, который существенно упрощает процесс построения оптимизационных моделей, был предложен в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта. Его 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 Почаевца Э. С. получил дальнейшее развитие в современных работах [4], где он использовался для моделирования процессов в системе тягового электро-снабжения постоянного тока.

Данные методы и вычислительные комплексы хорошо зарекомендовали себя при решении большинства научных и прикладных задач, однако более глубокий анализ протекания электромаг-

нитных процессов требует решения дифференциальных систем уравнений, что позволит также рассчитывать и переходные процессы, определять гармонические искажения, идентифицировать неизвестные параметры.

При составлении исходной системы уравнений удобно применить теорию графов и матриц. При этом полученную систему уравнений можно записать в матричной форме

$$\begin{pmatrix} M \\ NL \end{pmatrix} \frac{d\vec{i}}{dt} = \begin{pmatrix} \frac{d\vec{j}}{dt} \\ N(\vec{e} - R\vec{i}) \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где M – первая матрица соединений; N – вторая матрица соединений; L – матрица коэффициентов само- и взаимной индуктивности; R – матрица активных сопротивлений; \vec{i} – вектор неизвестных токов; \vec{e} – вектор источников напряжения; \vec{j} – вектор источников тока.

Для численного решения системы дифференциальных уравнений необходимо окончательно систему уравнений записать в форме Коши

$$\frac{d\vec{i}}{dt} = \begin{pmatrix} M \\ NL \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \frac{d\vec{j}}{dt} \\ N(\vec{e} - R\vec{i}) \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Далее при заданных начальных условиях производится расчет искомых значений функций токов численным методом.

В докладе рассматриваются вопросы моделирования совместной работы систем тягового, внешнего и нетягового электроснабжения железных дорог переменного тока, идентификация параметров тяговой сети и трансформатора подстанции, а также полученные при моделировании коэффициенты несимметрии напряжений по обратной последовательности и искажения синусоидальности напряжения с измеренными во время эксперимента на объекте показателями качества электроэнергии.

Список литературы

- 1 **Закарюкин, В. П.** Мультифункциональный подход к моделированию электроэнергетических систем / В. П. Закарюкин, А. В. Крюков // Системный анализ и прикладная информатика. – 2013. – № 4 (40). – С. 100–107.
- 2 **Закарюкин, В. П.** Качество электроэнергии в линиях электропередачи «два провода – рельс» / В. П. Закарюкин // Электрификация транспорта. – 2014. – № 7. – С. 84–91.
- 3 **Закарюкин, В. П.** Параметрическая идентификация силовых трансформаторов / В. П. Закарюкин, А. В. Крюков, М. С. Шульгин // Вестник ИрГТУ. – 2011. – № 12 (59). – С. 219–227.
- 4 Энергетика тяговых сетей: монография / В. Г. Сиченко, В. Г. Кузнецов, Д. О. Босий, О. І. Саблін ; за заг. ред. д-ра техн. наук, проф. В. Г. Сиченка ; М-во освіти і науки України, ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро : ПФ «Стандарт-Сервіс», 2017. – 210 с.

УДК 621.331

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАКОПИТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Д. А. БОСЫЙ, О. И. САБЛИН

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

Наличие в режимах электропотребления электрического транспорта периодических колебаний, которые вызваны инерционностью его работы, обуславливает необходимость исследований о применении накопителей энергии, которые позволяют демпфировать колебания тяговой нагрузки, повышать эффективность использования энергии рекуперации, снижать потери электроэнергии и установленную мощность систем тягового электроснабжения. Временное сохранение энергии в

накопителях при наличии рекуперации имеет существенное преимущество перед ее возвращением в систему внешнего электроснабжения, поскольку не зависит от режимов работы системы внешнего электроснабжения и исключает необходимость согласования этого в договорных отношениях с поставщиком электроэнергии.

С развитием техники и технологий по причине глобальных экологических и топливных проблем автопроизводители также начали изыскивать альтернативные виды топлива для автомобилей. Так, в 1997 г. появился первый в мире массовый гибридный автомобиль Toyota Prius. Примерно через 13 лет появился электромобиль Tesla, способный проехать на одном заряде до 300 км, положив начало эре автономного электрического транспорта. Сегодня насчитывается более 3 млн электромобилей, и их количество непрерывно растет. Лидером среди стран мира по темпам перехода на электромобили является Норвегия, среди зарегистрированных 2,6 млн авто около 100 тыс. приходится на электромобили. В России и Польше зарегистрировано около 1 тыс. электрокаров. В Украине эксплуатируется около 7 тыс. электромобилей. Бесспорным лидером по применению накопителей в автономном электрическом транспорте является Китай, отдельные провинции которого обеспечивают нужды городского транспорта только электробусами.

Впервые в 2017 г. на международной выставке InnoTrans появилась отдельная экспозиция электробусов, на которой свою технику представили польская компания Solaris Bus & Coach S.A. (Urbino 12 electric), голландская VDL Bus & Coach bv (VDL Citea SLF-120), немецко-турецкая Sileo GmbH (E-Bus S18) и белорусская «Белкоммунмаш» (Vitovt Max Electro).

Наличие автономного электрического транспорта обязано развитию прежде всего технологий изготовления устройств накопления и хранения энергии, а также преобразовательной технике с соответствующими алгоритмами управления энергетическими процессами. Расчеты и моделирования сложных режимов работы электрического транспорта, как правило, проводятся на специально разрабатываемых моделях. При этом современные средства моделирования, такие как MatLab, не позволяют непосредственно выполнять такие расчеты. Использовать преимущества систем компьютерных вычислений можно с помощью концепции динамического моделирования режимов электротяговых сетей, которая заключается в объединении управляемых источников тока и переменных согласно аналитическим функциям сопротивлений тяговой сети. Общая структура имитационной модели согласно предложенной концепции в среде MatLab Simulink имеет следующие элементы: блок системы внешнего электроснабжения; блоки определения расхода электроэнергии; блоки переменных сопротивлений тяговой сети; блоки управляемых источников тока; подсистемы накопителей с подключением через преобразователь или прямым подключением. Изменение, таким образом, значения тока в имитационной модели позволит учесть режим электропотребления отдельно взятой нагрузки во времени, а изменение сопротивления тяговой сети – его перемещение в пространстве в соответствии с графиком движения в случае взаимодействия с другими транспортными средствами посредством системы электроснабжения.

Для моделирования энергообменных процессов в системах с высокой степенью неопределенности в режимах электропотребления необходим также аналитический инструментальный описания зарядно-разрядных процессов при непериодических изменяющихся напряжениях в разных точках тяговой сети, в том числе и приложенного к накопителю. Для этих целей предлагается использовать модифицированный интеграл Дюамеля, адаптированный для необходимого вида аппроксимации приложенного напряжения. При этом зарядно-разрядные токи накопителя могут быть получены в виде рекурсивных выражений, справедливых для отдельных интервалов аппроксимации, расчеты которых возможно проводить только в специализированных вычислительных средах с использованием циклических операций.

Управление процессами энергообмена накопителей в условиях неопределенности режимов систем тягового и внешнего электроснабжения на сегодня эффективнее всего реализовать методами управления на основе нейро-фаззи моделей и алгоритмов [2, 3], обучаемых с помощью нейронных сетей и экспертной базой знаний. Так, в работе [4] разработан подход к формированию многовариантной структуры системы тягового электроснабжения в зоне распределения энергии рекуперации, основанный на математико-алгоритмическом конструировании. Данный подход позволяет осуществлять выбор наиболее рационального управления накопителями для различных вариантов их расположения в условиях неполной информации, получаемой системами измерения, что позволяет оптимизировать их параметры по критерию минимума избыточной мощности (максимума коэффициента загрузки) и снизить стоимостные показатели при их внедрении.

Эффективность регулирования энергообменных режимов накопителя во многом зависит от выбора параметров характеристики преобразователя, который управляет параметрами зарядно-разрядного процесса, а именно его скоростью и глубиной. Модель данного преобразователя может быть представлена в виде двух источников тока, управляемых напряжением тяговой нагрузки и текущим уровнем заряда накопителя. Так, моделирование энергообменных процессов накопителей показало, что непосредственное подключение накопителя к тяговой сети дает существенный эффект снижения расхода энергии на тягу порядка 6 %, что является, однако, незначительным по сравнению с экономией при подключении накопителя через зарядно-разрядное устройство, когда расход энергии может снизиться на 32 %. Использование управляемого накопителя совместно с инверторами для рассмотренных случаев дает снижение энергии порядка 25–26 %, поскольку при этом не учитывалась приоритетность распределения энергии между накопителем и внешней сетью, что требует дополнительных исследований, учета режимов внешней сети и готовности энергоснабжающей компании к оплате возвращенной энергии.

При использовании накопителей малой энергоемкости эффект использования энергии рекуперации будет снижаться, а увеличение их установленной мощности требует значительных капитальных затрат при возможных недоиспользовании их установленной мощности, работе в области низких КПД. Оптимизация нужной мощности накопителей для конкретных условий и участков эксплуатации систем электрифицированного транспорта может быть выполнена на основе разработанной модели и расчетных характеристик.

Список литературы

- 1 Энергетика тяговых сетей : монографія / В. Г. Сиченко, В. Г. Кузнецов, Д. О. Босий, О. І. Саблін ; за заг. ред. д-ра техн. наук, проф. В. Г. Сиченка ; М-во освіти і науки України, ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро : ПФ «Стандарт-Сервіс», 2017. – 210 с.
- 2 **Горбачев, С. В.** Нейро-нечеткие методы в интеллектуальных системах обработки и анализа многомерной информации / С. В. Горбачев, В. И. Сырямкин. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 2014. – 441 с.
- 3 Гибридные нейро-фаззи модели и мультиагентные технологии в сложных системах / Е. В. Бодянский [и др.] ; под ред. Е. В. Бодянского. – Днепропетровск : Системные технологии, 2008. – 403 с.
- 4 **Шинкаренко, В. И.** Конструктивное моделирование зоны распределения энергии рекуперации тяги постоянного тока / В. И. Шинкаренко, О. И. Саблин, А. П. Иванов // Наука та прогрес транспорту. – 2016. – № 5 (65). – С. 125–135.

УДК 629.4.028

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕМОНТА СОВРЕМЕННОГО ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Г. Е. БРИЛЬКОВ, А. П. ДЕДИНКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. Е. ВОЛЧАНИН, А. И. ПОЛУЯНЧИК

Белорусская железная дорога, г. Минск

Ритмичная и устойчивая работа железнодорожного транспорта во многом обусловлена надежностью тягового подвижного состава и эффективностью его использования. В настоящее время в связи с ростом интенсивности перевозок, увеличением грузопотоков и повышением требований к безопасности движения поездов, значительно возросло значение эксплуатационной надежности локомотивов. Надежность подвижного состава обеспечивается специализированной системой технического обслуживания и ремонта, зависящей в первую очередь от уровня технологической готовности ремонтных предприятий локомотивного хозяйства. Затраты на техническое обслуживание и ремонт каждого локомотива за весь срок службы в несколько раз превышают его первоначальную стоимость. Поэтому одной из актуальных задач, стоящих перед локомотивным хозяйством Белорусской железной дороги, является улучшение технического состояния и надежности тягового подвижного состава в процессе эксплуатации.

За последние годы Белорусской железной дорогой вложены значительные средства в обновление и модернизацию парка тягового подвижного состава. Поступили в эксплуатацию локомотивы,

дизель- и электропоезда различных производителей: Stadler Rail AG (Швейцария), PESA Bydgoszcz SA (Польша), CRRC Datong CO. (Китай). На базе локомотивных депо Белорусской железной дороги организована глубокая модернизация и сборочное производство наиболее востребованных тепловозов магистрального и маневрового видов движений. Так, в условиях локомотивных депо Витебск и Жлобин выполняется модернизация тепловозов серии 2ТЭ10М(У) с заменой двухтактного дизеля на четырехтактный, а также оснащением современными системами функционирования и безопасности УСТА, КЛУБ-У, УПУ и пр. В локомотивном депо Лида УП «Барановичское отделение Белорусской железной дороги» выполнена глубокая модернизация тепловозов серии ЧМЭЗ с заменой большинства основных узлов и агрегатов (тепловозы ТМЭ1, ТМЭ2), а также собрана партия тепловозов серии ТМЭЗ из машино-комплектов фирмы CZ LOKO (Чехия).

Действующая в настоящее время система технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава установлена приказом Начальника Белорусской железной дороги от 30.11.2015 № 370Н «Об утверждении Положения о системе технического обслуживания и ремонта локомотивов и моторвагонного подвижного состава на Белорусской железной дороге» и ставит целью обеспечение устойчивой работы локомотивов и моторвагонного подвижного состава, поддержание его технического состояния и повышение эксплуатационной надежности. Весь комплекс обслуживаний и ремонтов подразделяется на:

- техническое обслуживание ТО-1, ТО-2, ТО-3, ТО-4, ТО-5 а, б, в, г, д;
- текущие ремонты ТР-1, ТР-2, ТР-3;
- средние ремонты СР-1, СР-2;
- капитальные ремонты КР, КР-1, КР-2;
- ревизия тележек Рт.

На первоначальном (гарантийном) этапе эксплуатации обслуживание подвижного состава зачастую осуществлялось совместно с представителями предприятия-изготовителя, в дальнейшем – комплексными бригадами локомотивных депо приписки. Данный переход потребовал установления технически обоснованных нормативов времени и разработки соответствующих стандартов (регламентов) выполняемых работ.

В 2017 г. сотрудникам кафедры «Локомотивы» Белорусского государственного университета транспорта совместно с представителями службы локомотивного хозяйства Управления Белорусской железной дороги была поручена разработка ряда стандартов предприятий, регламентирующих техническое обслуживание и ремонт современного тягового подвижного состава. Основанием для выполнения работ явился приказ главного инженера Белорусской железной дороги Шубадерова В. Н. от 03.01.2017 № 6НЗ «Об утверждении Плана стандартизации Белорусской железной дороги на 2017 год». На первоначальном этапе были разработаны следующие стандарты предприятия:

- 1) «Правила технического обслуживания ТО-2, ТО-3 и текущего ТР-1, ТР-2, ТР-3 ремонта тепловозов 2ТЭ10МК(УК)»;
- 2) «Правила технического обслуживания ТО-2, ТО-3, текущего ТР-1 и среднего СР-1 ремонтов тепловозов ТМЭ1, ТМЭ2».

До настоящего времени общие вопросы организации и планирования, объемы обязательных работ, выполняемых при различных видах технического обслуживания и ремонта данных локомотивов, определялись группой соответствующих нормативных документов. В частности, основным документом, регламентирующим организацию технического обслуживания и ремонта тепловозов серии 2ТЭ10, являлись «Правила технического обслуживания и текущего ремонта тепловозов типа ТЭЗ и ТЭ10 ЦТ/4410» 1986 года. Для тепловозов ТМЭ1, ТМЭ2 это группа документов:

- 1) Руководство по обслуживанию. Локомотив серии ЧМЭ-3М. 4-8090-039-01;
- 2) Руководство по техническому обслуживанию. Локомотив серии ЧМЭ-3М. 4-8092-039-00;
- 3) Маневровый тепловоз серии ТМЭ1. Руководство по эксплуатации. РЭ ТМЭ1-001–2012;
- 4) Маневровый тепловоз серии ТМЭ2. Руководство по эксплуатации. РЭ ТМЭ2-001–2012;
- 5) Тепловоз ТМЭ1. Руководство по эксплуатации. Инструкция по уходу 4-8092-068-01;
- 6) Тепловоз ТМЭ2. Руководство по эксплуатации. Инструкция по уходу 4-8092-069-01;
- 7) ЦТ/4320. Правила технического обслуживания и текущего ремонта тепловозов ЧМЭ2, ЧМЭЗ.

Целью выполняемой работы явилось упорядочение и систематизация имеющейся нормативной базы, обобщение имеющихся достижений и опыта ремонтного производства, и в конечном итоге повышение эффективности и качества процессов технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава в условиях локомотивных депо Белорусской железной дороги.

Стандарты предприятия разработаны в соответствии с требованиями СТП БЧ 50.215–2017 «Правила разработки технических нормативных правовых актов на Белорусской железной дороге», прошли апробацию в местных условиях депо, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт данных локомотивов. Для локомотивов серии 2ТЭ10МК(УК) – это депо Волковыск, Витебск, Гомель, Жлобин, для локомотивов серии ТМЭ1, ТМЭ2 – депо Минск-Сортировочный, Лунинец, Барановичи, Витебск, Калинковичи, Лида.

Технологические процессы обслуживания и ремонта тепловозов, их агрегатов, узлов и деталей в указанных локомотивных депо определяются видом ремонта, типом и организацией производства. Осуществляются в соответствии с действующими типовыми графиками технологических процессов применительно к местным условиям.

Разработанные стандарты организации включает в себя следующие разделы:

- 1 Общие положения по организации системы технического обслуживания и текущего ремонта.
- 2 Основные требования к ремонту типовых сборочных единиц и соединений.
- 3 Технология ремонта узлов и агрегатов.
- 4 Приложения (таблицы номинальных допускаемых и предельных значений параметров механического и электрического оборудования, порядок проведения реостатных испытаний, карта смазки и т. д.).

Стандарт определяет объемы обязательных работ, способы ремонта, браковочные признаки, допускаемые и предельные размеры, порядок контроля и диагностирования технического состояния деталей, сборочных единиц (узлов, агрегатов) и тепловоза в целом. Является обязательным руководящим техническим документом для работников локомотивных депо, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом указанных тепловозов.

В настоящее время разработанные документы введены в действие и успешно используются в локомотивных депо Белорусской железной дороги. Поступление нового тягового подвижного состава, а также глубокая модернизация существующего, вкупе с обеспечением функционирования системы его обслуживания и ремонта в условиях собственных локомотивных депо, позволяет существенно снизить затраты на его жизненный цикл, повысить надежность перевозочного процесса.

УДК 656.224.003.13

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК ЗА СЧЕТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫМ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ

Е. В. БУГАЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для обеспечения конкурентоспособности железнодорожного транспорта в пассажирских перевозках необходимо соответствие многим факторам и параметрам. Ключевую роль в этом играет технический и качественный уровень пассажирского подвижного состава. Для поддержания парка пассажирских вагонов на высоком уровне требуется обновление. Обновление возможно в первую очередь за счет приобретения новых вагонов. Но поскольку количество требуемых вагонов велико, соответственно требуются большие финансовые затраты на их приобретение. Объективным ограничением в объемах приобретения новых вагонов является недостаток инвестиционных ресурсов. Проведение капитально-восстановительного ремонта пассажирских вагонов позволяет снизить затраты.

Опыт Белорусской железной дороги, РЖД и УЗ показывает, что стоимость капитально-восстановительного ремонта пассажирского вагона составляет 30–50 % стоимости приобретения нового в зависимости от его типа. Помимо этого срок службы отремонтированного подвижного состава продляется на 15 лет, почти половину срока службы. Рентабельность восстановления пассажирского подвижного состава оценивается в 15 %.

Применение КВР является рациональным решением по поддержанию пассажирских вагонов в исправном техническом состоянии в течение последующих 15 или более лет эксплуатации.

На сегодняшний день наблюдается рост потребительского спроса пассажиров на качество жизни и обслуживания в пути следования. Для повышения привлекательности железнодорожного

транспорта для пассажиров необходимо преодоление интенсивного изменения технического состояния пассажирских вагонов и морального износа, их переоснащением с применением инновационных технологий.

При реализации программы обновления парка пассажирских вагонов одним из направлений является проведение капитально-восстановительного ремонта с модернизацией. Модернизация пассажирских вагонов при проведении ремонта позволяет полностью обновить интерьер салонов вагонов и купе, качественно улучшить эстетическое восприятие вагона, эргономические и эксплуатационные характеристики, обеспечить качественный сервис обслуживания пассажиров. При проведении модернизации возможно создание вагона повышенной комфортности. Проведение капитально-восстановительного ремонта – это вынужденный шаг. Но у него есть положительные стороны: за меньший период времени и меньшие деньги происходит обновление парка пассажирских вагонов, при этом продлевается срок службы вагона и межремонтные пробеги; при ремонте большой процент комплектующих используется отечественного производства.

При продлении срока службы и модернизации вагона с применением новейших материалов и с установкой дополнительных систем, обеспечивающих повышение комфортабельности вагона, в последующем периоде это приводит к появлению дополнительных затрат при деповском и капитальном ремонте этих систем. Дополнительные затраты появляются на интервале времени от года продления ($T_{пр}$) до базового срока службы ($T_{сл}^{баз}$). Далее эти затраты не будут дополнительными. Затраты могут быть рассчитаны по формуле

$$Z_{доп} = \sum_{t=T_{пр}}^T \Delta Z_t \left(\frac{1}{1+E_{рд}} \right)^{t-T_{пр}}, \quad (1)$$

где ΔZ_t – увеличение затрат на соответствующий вид ремонта в точке t ; $E_{рд}$ – норматив дисконтирования.

Общие затраты составят

$$Z_{общ} = Z_1 + Z_2. \quad (2)$$

Дополнительные затраты на ремонт в точке проведения КВР

$$Z_1 = Ц_{КВР} - Ц_{КР-2}, \quad (3)$$

где $Ц_{КВР}$ – цена капитально-восстановительного ремонта; $Ц_{КР-2}$ – цена капитального ремонта второго объема.

На основании расчетных данных разработана номограмма для графического определения расчетного коэффициента эффективности дополнительных капитальных вложений при производстве КВР, приведенная на рисунке 1.

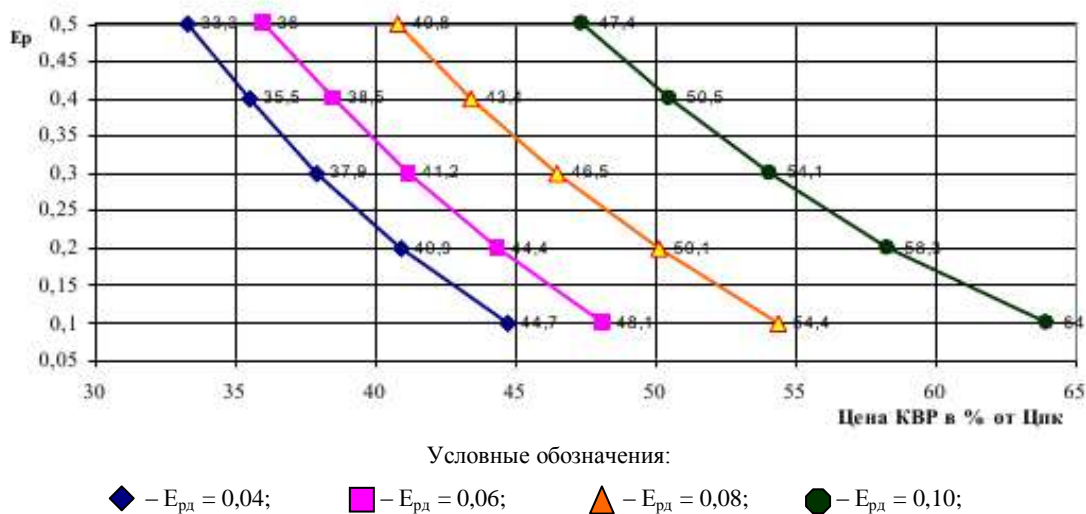


Рисунок 1 – Номограмма для определения эффективности внедрения КВР

Необходимо учитывать, что модернизация может быть разной, в зависимости от требований заказчика. И соответственно при увеличении объема работ и дополнительного оборудования увеличивается цена.

В целом проведение КВР пассажирских вагонов эффективно и способствует повышению эффективности пассажирских перевозок за счет обеспечения качественным подвижным составом.

Для формирования международных поездов за период с 2008 по 2017 г. Белорусской железной дорогой было приобретено 184 пассажирских вагона и проведен капитально-восстановительный ремонт 154 пассажирских вагонов с модернизацией, т.е. с обновлением интерьера вагона и установкой современного оборудования. До 2020 г. планируется приобретение 84 пассажирских вагонов и проведение КВР 37 вагонов. В вагонах будут установлены системы кондиционирования воздуха, экологически чистые туалетные комплексы. Для повышения комфортности пассажиров планируется оборудование вагонов электрическими розетками для подключения мобильных устройств пассажиров.

Прогнозируется, что пассажиропоток будет увеличиваться. В настоящее время для удовлетворения населения Республики Беларусь в транспортном обслуживании Белорусская железная дорога располагает 1307 пассажирскими вагонами локомотивной тяги.

С 2013 г. парк пассажирских вагонов сократился на 304 единицы, на 29 единиц сократилось количество моторвагонного подвижного состава, что вызывает определенные трудности в период организации массовых летних перевозок пассажиров.

В связи со старением парка подвижного состава до 2020 г. ожидается уменьшение количества подвижного состава на 61 пассажирский вагон, порядка 200 вагонов не смогут эксплуатироваться в международном сообщении.

Белорусская железная дорога постоянно проводит работу по повышению эффективности пассажирского комплекса и улучшению качества оказываемых услуг. Важным приоритетом развития дороги является дальнейшее обновление подвижного состава.

УДК 629.423.1:62-592

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОВЗОВ ВЛ80, БКГ1 И СОСТАВА ВАГОНОВ ПРИ ВЫВОДЕ ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА С ПЕРЕГОНА

Э. И. ГАЛАЙ, П. К. РУДОВ, Е. Э. ГАЛАЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

На Белорусской железной дороге в настоящее время в эксплуатации находятся 12 электровозов серии БКГ1, 18 электровозов серии БКГ2 и 52 электровоза серии ВЛ80С. В случае необходимости оказания помощи по выводу поезда с перегона после остановки не всегда может оказаться в распоряжении резервный электровоз серии БКГ1. Поэтому высока вероятность того, что для этой цели будет использован электровоз ВЛ80С, а возможно, и локомотив другой серии (в том числе тепловоз).

Вывод поезда с перегона электровозом ВЛ80С возможен по двум вариантам: электровоз серии БКГ1 переводят в недействующее состояние, и он следует в составе поезда как транспортируемая единица с включенными автоматическими тормозами; электровоз серий БКГ остается в действующем состоянии и работает в режиме двойной тяги.

Электровозы ВЛ80С и другие локомотивы, эксплуатируемые на Белорусской железной дороге, имеют меньшую мощность по сравнению с электровозами БКГ1. При выводе поезда электровозом ВЛ80С по первому варианту его мощности может быть недостаточно для приведения состава в движение. При определенных условиях (главным образом, влияние массы поезда и профиля пути) такая же ситуация может возникнуть, если оказание помощи по выводу будет оказываться другим электровозом БКГ1.

В случае использования второго варианта мощности двух электровозов достаточно для приведения в движение любого поезда. Кроме того, сокращается время вывода за счет исключения операций по переводу электровоза БКГ1 в недействующее состояние.

Для использования электровоза БКГ1 в режиме двойной тяги должна быть включена блокировка тормозной магистрали. Блокировка обеспечивается пневматическим клапаном, расположенным в блоке электропневматических приборов дистанционного крана машиниста (модуль *BP-Compact*), при отсутствии давления в его управляющей камере. Давление в управляющей камере может отсутствовать в двух случаях: при подаче напряжения на выключающий электропневматический вентиль, предназначенный для управления пневматическим клапаном блокировки тормозной магистрали, или при отсутствии давления на выходе реле давления в модуле *BP-Compact*.

По предварительной информации, представленной заводом-изготовителем, блокировка тормозной магистрали должна включаться путем подачи напряжения на электропневматический вентиль, предназначенный для управления пневматическим клапаном блокировки при постановке рукоятки контроллера крана машиниста в положение перекрыши без питания. Однако, как выяснилось при эксплуатации электровозов серии БКГ1, этого не происходит. Перекрыша без питания обеспечивается включением блокировки питательной магистрали. К тому же электронный блок управления тормозом *BCU* управляет снижением давления в уравнительном трубопроводе в соответствии со снижением давления в тормозной магистрали. Возможность управления блокировкой тормозной магистрали, несмотря на ее наличие, в программном обеспечении не заложена, что не позволяет использовать режим двойной тяги при совместной работе с другим локомотивом.

Для исследования взаимодействия тормозных систем электровозов ВЛ80С, БКГ1 и состава вагонов при выводе грузового поезда с перегона на станции Барановичи-Центральные проведены стационарные испытания. Для этого был сформирован грузовой поезд длиной 268 осей и массой 1553 т. В голову поезда прицепляли электровоз ВЛ80С, а за ним находился электровоз БКГ1. Электровоз БКГ1 переводили в режим двойной тяги.

На первом этапе испытаний рукоятку контроллера крана машиниста устанавливали в III положение и включали КЛУБ-У. Целью этого этапа являлась проверка возможности включения тяги при данном состоянии электровоза БКГ1 и возможности согласованных действий по управлению тормозами с двух локомотивов по поездной радиосвязи. Так как при торможении с головного электровоза на втором происходит такое же снижение давления в тормозной магистрали, согласование действий локомотивных бригад требуется только при проведении отпуска. При испытаниях выполняли экстренные, полные служебные и ступенчатые торможения.

Отпуск тормозов после экстренного торможения производили повышением давления в уравнительном резервуаре до 0,6 МПа после согласования по поездной радиосвязи одновременным переводом рукояток крана машиниста электровоза ВЛ80С и контроллера крана машиниста электровоза БКГ1 в I положение. Затем рукоятки устанавливали во II положение.

Не всегда удавалось обеспечить по поездной радиосвязи строго согласованные действия локомотивных бригад, что установлено по данным записей кассет регистрации КЛУБ-У. Однако даже при четком взаимодействии локомотивных бригад не удается достичь полной синхронизации отпуска из-за различия характеристик тормозного оборудования электровозов (различная проходимость крана машиниста и модуля *BP-Compact*, различный темп повышения давления уравнительном резервуаре (уравнительном трубопроводе) и в тормозной магистрали на разных локомотивах, различный темп медленной разрядки, различное давление в главных резервуарах локомотивов и т. д.). В результате на одном из этапов процесса зарядки тормозов происходит выпуск воздуха через кран машиниста одного из локомотивов, что может в некоторых случаях приводить к повторному срабатыванию тормозов в составе.

После полного служебного и ступенчатого торможений синхронизацию отпуска обеспечить проще вследствие необходимости повышения давления в уравнительных резервуарах и тормозной магистрали на меньшую величину, что вызывает меньше рассогласований. Однако полной синхронизации достичь не удается.

На втором этапе испытаний исследовалась возможность включения блокировки тормозной магистрали путем проведения ее полной разрядки и возможность включения тяги на электровозе БКГ1 в этом состоянии.

Теоретические основы этого предположения следующие. Если давление в тормозной магистрали снизить до атмосферного постановкой рукоятки контроллера крана машиниста в V или VI положение, то в управляющей камере пневматического клапана также будет отсутствовать избыточное давление, что приведет к его закрытию, то есть к включению блокировки тормозной магистрали. Затем рукоятку контроллера крана машиниста необходимо установить в III, IV, VA или V положе-

ние. При повышении давления в тормозной магистрали от внешнего источника сжатый воздух не сможет через реле давления модуля *BP-Compact* уходить в атмосферу.

Перед началом испытаний с целью проверки величины включающего давления в управляющей камере пневматического клапана блокировки на одиночном электровозе БКГ1 была выполнена разрядка тормозной магистрали V положением рукоятки контроллера крана машиниста. При давлении 0,05 МПа пневматический клапан закрывался и разрядка тормозной магистрали прекращалась, несмотря на то, что давление в уравнительном трубопроводе было снижено до атмосферного.

При испытаниях в сформированном опытном поезде рукоятку крана машиниста на электровозе ВЛ80С устанавливали в III положение. Электровоз БКГ1 находился в режиме двойной тяги. Затем производили полную разрядку тормозной магистрали всего поезда постановкой рукоятки контроллера крана машиниста на электровозе БКГ1 в VI положение. Таким образом обеспечивалось включение блокировки тормозной магистрали на электровозе БКГ1, после чего рукоятку контроллера крана машиниста переводили в III положение. На электровозе ВЛ80С кран машиниста устанавливался в положение зарядки и отпуска, с дальнейшим переводом в поездное положение после зарядки тормозной сети. После этих действий режим тяги на электровозе БКГ1 включался.

Все дальнейшие действия по управлению отпуском и последующими торможениями производились с электровоза ВЛ80С. Давление в уравнительном трубопроводе электровоза БКГ1 оставалось равным атмосферному.

Следует отметить, что при использовании указанного варианта взаимодействия локомотивов при выводе поезда с перегона или оказания помощи на станции рукоятку контроллера крана машиниста на электровозе БКГ1 после полной разрядки магистрали целесообразно устанавливать в положение служебного торможения (V положение). Это обеспечит надежность постоянного сообщения уравнительного трубопровода с атмосферой. Если после включения блокировки тормозной магистрали рукоятка контроллера крана машиниста будет переведена в I или II положения даже в течение короткого времени (достаточного для повышения давления в тормозной магистрали до 0,05 МПа), процедуру включения блокировки тормозной магистрали следует повторить.

Рассмотренный вариант взаимодействия тормозных систем электровозов в нынешней ситуации является наиболее рациональным, но не лучшим, так как требует подготовительных операций по полной разрядке тормозной магистрали. Руководству Белорусской железной дороги рекомендовано обратиться к изготовителю электровозов (или разработчику тормозной системы и системы управления тормозами) с требованием обеспечить программное включение блокировки тормозной магистрали посредством подачи напряжения на электропневматический вентиль. Это включение может быть предусмотрено либо при III положении рукоятки контроллера крана машиниста, либо при включении режима двойной тяги, либо при ручном включении специального тумблера или кнопки «Блокировка тормозной магистрали».

УДК 629.4

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ ЛОКОМОТИВОВ

В. А. ГАТЧЕНКО

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Вопросы модернизации подвижного состава становятся все более актуальными с каждым годом как в Украине, так и в других странах мира. Старение подвижного состава, большое количество отказов и неплановых ремонтов локомотивов, большая энергоемкость тяги поездов, низкий коэффициент использования локомотивов – эти и ряд других причин будут способствовать росту количества модернизаций. Проанализировав уже существующие модернизации, можно сделать вывод, что в основном проводится глубокая модернизация тягового подвижного состава. Так, для электроподвижного состава – это замена кабин, рам тележек с комплектом букс, механического оборудования, пультов управления, пневматического оборудования; для дизельного тягового подвижного состава – замена дизелей, гидропередат, систем управления. Также выполняют модернизацию отдельных узлов и систем локомотивов: упрочнение гребней колесных пар плазменным методом,

установка на подвижном составе рельсосмазывателей; оборудование электровозов системой ступенчатого регулирования частоты вращения мотор-вентиляторов тяговых электродвигателей в зависимости от величины тока тяговых двигателей и множество других.

Таким образом, остро стоит вопрос о необходимости совершенствования системы проведения приемочных испытаний модернизированного подвижного состава. К приемочным испытаниям тепловозов относятся следующие группы **видов испытаний**:

- комплексные динамические по воздействию на путь и стрелочные переводы;
- соответствие проектному очертания габарита;
- динамико-прочностные (статические, ходовые, динамические и прочности на столкновение) и стендовые вибрационные несущих конструкций экипажа;
- тормозные (стационарные, ходовые);
- тягово-энергетические тягового подвижного состава;
- теплотехнические ограждающих конструкций кабин машиниста, кузовов тягового подвижного состава и систем жизнеобеспечения;
- тягово-теплотехнические и тягово-энергетические дизельного тягового подвижного состава;
- на соответствие требованиям безопасности труда и охраны здоровья обслуживающего персонала;
- санитарно-гигиенические и экологические;
- по оценке пожарной безопасности;
- на электромагнитную совместимость оборудования ТПС, устройств сигнализации и связи;
- по оценке функциональной работоспособности локомотивных приборов безопасности;
- эксплуатационные на работоспособность.

Каждый вид этих испытаний в свою очередь состоит из определения многих показателей, характеризующих как состояние отдельных систем, так и всего локомотива. Но обычно модернизация предполагает изменение конструкции отдельных узлов и систем прототипа с целью получения лучших конструктивных характеристик, показателей назначения и/или безопасности. Объемы приемочных испытаний будут зависеть от глубины модернизации локомотива. Для уменьшения времени и стоимости испытаний необходимо изменить подход к разработке программы и методики испытаний модернизированного подвижного состава. Подход должен быть комплексным, который будет учитывать количество:

- видов испытаний;
- параметров, которые будут определяться по каждому отдельному виду испытания;
- параметров, которые будут определяться методами имитационного моделирования с достаточной достоверностью.

На рисунке 1 приведена структура объема параметров, определяемых при испытаниях модернизированного локомотива.



Рисунок 1 – Структура объема параметров, определяемых при испытаниях модернизированного локомотива

Выполнение всего цикла испытаний, как для новых локомотивов, нецелесообразно из-за большой стоимости и времени на их выполнение. Поэтому возникает необходимость оптимизации цикла и программ испытаний для модернизированных локомотивов. Расходы на проведение испытаний модернизированного локомотива в общем виде – это сумма расходов S_j по каждому виду испытаний j . Расходы на проведение каждого вида испытания зависят от времени проведе-

ния испытания τ_j , стоимости отдельного вида испытания c_j . В свою очередь, время и стоимость испытаний будут зависеть от количества технических параметров i , которые будут определяться при проведении отдельного вида испытаний. Для оптимизации объемов приемочных испытаний локомотивов необходимо выполнить анализ их основных технических параметров, которые изменились или остались неизменными в результате модернизации. Каждый из объектов моделирования (основные группы оборудования локомотива) принимают параметры, характеризующие его состояние (начальные условия) – атрибуты. На рисунке 2 показана структурная схема исследования объекта испытаний.

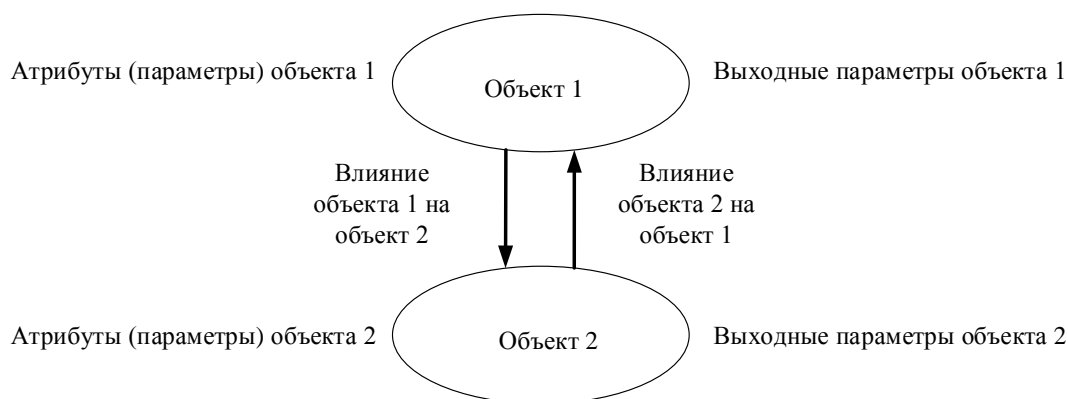


Рисунок 2 – Структурная схема исследования объекта испытаний

На выходе каждого объекта есть ряд параметров, которые характеризуют его работу. Обозначим выходной параметр через x . В зависимости от состояния атрибутов объекта параметр x может иметь следующие состояния:

- объект не менялся – x_0 – стандартные (проектные значения);
- объект принял новые параметры атрибутов (ремонт, модернизация, новый локомотив) $x \neq x_0$ (значения выходных параметров изменились).

Задача моделирования состоит в определении степени влияние изменений атрибутов на другие объекты. При изменении атрибутов объекта 1 (группа «Дизель») – найти влияние объекта 1 на объект 2 (группа «Экипаж») и построить градацию необходимых испытаний локомотива по группе 2.

Такой подход позволит уменьшить количество определяемых параметров локомотивов, соответственно изменится время и стоимость проведения приемочных испытаний тягового подвижного состава.

УДК 629.4.01

О РАЗВИТИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ИСПЫТАНИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

И. И. ГРИБАНОВ

Белорусская железная дорога г. Минск

В настоящее время на Белорусской железной дороге активно происходит процесс перехода в области технического регулирования на единые обязательные требования к продукции и правила допуска ее на общий рынок, которые установлены в единых технических регламентах Таможенного Союза. Именно переход на единые технические регламенты и стандарты должно обеспечить решение таких задач, как:

- защита общего рынка от некачественной и опасной продукции;
- снятие технических барьеров в торговле и обеспечение свободного движения товаров и услуг.

Для успешной работы предприятий Белорусской железной дороги в современных условиях особое значение приобретает повышение качественного уровня не только продукции, но и предприя-

тий в целом. Данные цели могут быть достигнуты путем проведения системных мероприятий, направленных:

- на создание условий для разработки освоения новой и совершенствования технологий выпускаемой продукции;
- внедрение современных технологий, реализации процессного и проектного подхода на ремонтных предприятиях;
- внедрение современного технологического и испытательного оборудования, энергосберегающих технологий и процессов, системы мотивации и вовлечения персонала предприятий в инновационную деятельность по совершенствованию технологии производства.

На это направлена политика Белорусской железной дороги в области качества, основной целью которой является создание условий для разработки и производства качественных и конкурентоспособных продукции, работ и услуг, соответствующих требованиям международных и европейских стандартов и удовлетворяющих требования потребителей.

Техническая база Белорусской железной дороги для проведения испытаний подвижного состава железнодорожного транспорта основана на использовании имеющихся элементов инфраструктуры, тягового и вспомогательного подвижного состава. На сегодняшний день проблемными вопросами в проведении ходовых испытаний являются отсутствие тягового подвижного состава с конструкционной скоростью более 160 км/ч и несоответствие установленных скоростей движения на действующих участках железнодорожного пути требованиям программ и методик.

Вопрос о строительстве на Белорусской железной дороге специализированного полигона для испытаний подвижного состава с использованием малодействительных участков пути рассматривался ранее на ряде совещаний и не дал положительных результатов. Отсутствие на тот момент единых требований к сертификации продукции и переработка базы нормативных документов выявило преждевременность принятия каких-либо решений в этом вопросе.

В Российской Федерации в качестве национального стандарта введен ГОСТ Р 57076–2016 «Полигоны испытательные для железнодорожного подвижного состава и объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта. Технические требования». В Республике Беларусь аналогичный нормативный документ в настоящее время отсутствует, данное обстоятельство усложняет проведение работ по организации и техническому обеспечению ходовых испытаний.

В свою очередь стандарты организации, устанавливающие технические требования к участкам железнодорожных линий для проведения испытаний и порядок их аттестации, в рамках правового поля не устанавливают все необходимые требования к проведению испытаний на действующих участках пути Белорусской железной дороги.

Разработка и введение национального стандарта Республики Беларусь, определяющего требования к испытательным полигонам, позволит применить комплексный подход в решении сложившихся проблем и выйти на новый уровень развития технической базы для проведения испытаний подвижного состава.

В настоящее время неразрушающий контроль деталей и узлов подвижного состава в эксплуатации осуществляется лабораториями неразрушающего контроля вагонных депо и участками неразрушающего контроля локомотивных депо. Кроме того, Конструкторско-техническим центром Белорусской железной дороги проводятся работы по техническому диагностированию вагонов с целью продления их срока службы.

При проведении технической диагностики подвижного состава с использованием методов неразрушающего контроля применяются технические нормативные правовые акты, утвержденные Советом по железнодорожному транспорту, а также разработанные на их основе ТНПА Белорусской железной дороги.

Основным препятствием внедрению на дороге инновационных методов контроля являются сложившиеся особенности подвижного состава, связанные с устаревшими конструктивными и техническими решениями, не дающими возможность обеспечения унификации средств контроля и диагностики, применяемыми структурными подразделениями дороги в процессе их ремонта и эксплуатации.

В то же время внедрение новых технологий неразрушающего контроля на железнодорожном транспорте позволит существенно снизить эксплуатационные расходы на содержание и ремонт подвижного состава, выбрать наиболее рациональную систему его ремонта с учетом фактического технического состояния узлов и агрегатов, повысить надежность подвижного состава, а также обеспечить процесс перевозок наиболее востребованным подвижным составом.

В целях оптимизации расходов дороги на содержание и ремонт подвижного состава разрабатывается положение о неразрушающем контроле, направленное на унификацию методов и методик диагностирования и предусматривающее проведение технической диагностики с выдачей решений о возможности продления срока службы.

При этом учитывается разделение подвижного состава на задействованный как непосредственно в обеспечении процесса перевозок, так и на применяемый в процессе хозяйственной деятельности Белорусской железной дороги.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что важнейшим направлением совершенствования систем неразрушающего контроля и испытаний подвижного состава как при его изготовлении, так и при ремонте и обслуживании с использованием инновационных методов и применением нового испытательного оборудования, средств измерений и неразрушающего контроля является создание и внедрение новых методик.

УДК 625.42

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ ЭЛЕКТРОДЕПО

Д. В. ДОРОЩУК, Е. А. ВАРЧАК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

П. А. СЫС

Минский метрополитен, Республика Беларусь

Сжатый воздух как вид энергии по применению занимает второе место после электрической. В Беларуси, как и в других промышленно развитых странах, на привод компрессоров и вентиляторов тратится около 20 % всей вырабатываемой электроэнергии. В условиях постоянного роста цен на энергоносители, оптимизация системы воздухообеспечения производства стоит в ряду вопросов первоочередной важности, поскольку затраты на производство и подачу сжатого воздуха достаточно велики и очень часто напрямую влияют на себестоимость продукции.

Сжатый воздух является достаточно дорогим энергоносителем, поэтому значительное внимание должно быть уделено повышению эффективности его производства, распределения и потребления. Выделяют следующие направления:

- источники воздухообеспечения, в частности внедрение современного компрессорного оборудования, регулирование производительности компрессоров;
- системы подачи и распределения сжатого воздуха, в частности децентрализация воздухообеспечения, снижение утечек сжатого воздуха в сетях;
- отказ от использования либо сокращение потребления сжатого воздуха.

В настоящее время наиболее эффективным способом выработки сжатого воздуха является использование винтовых компрессоров с воздушным охлаждением, характеризующихся более высоким КПД. Кроме этого, электропривод винтового компрессора можно оснастить частотным преобразователем, что позволит за счет изменения частоты вращения поддерживать минимально необходимое давление в системе. Система регулирования производительности автоматически поддерживает постоянное давление на нагнетательном коллекторе сжатого воздуха, увеличивая или уменьшая обороты приводного электродвигателя. Такое регулирование производительности является наиболее экономичным.

Объектом исследования являлось электродепо «Могилевское» Минского метрополитена. Воздухообеспечение электродепо осуществляется от собственной компрессорной станции с установленными четырьмя поршневыми компрессорами типа 2ВМ4-27/9 с электродвигателями 160 кВт и одним винтовым компрессором типа DVK-100В с электродвигателем 75 кВт. Компрессорная станция располагается в отдельно стоящем здании с встроенно-пристроенной трансформаторной подстанцией. Снаружи здания находятся градирня, предназначенная для охлаждения оборотной воды, и четыре воздухооборника.

Компрессоры 2ВМ4-27/9 – двухступенчатые, стационарные, поршневые, с оборотным водяным охлаждением; компрессор DVK-100В – одноступенчатый, стационарный, винтовой, с воздушным

охлаждением. В работе в межотопительный период, как правило, находится один компрессор 2ВМ4-27/9, в отопительный – два компрессора 2ВМ4-27/9. Винтовой компрессор DVK-100В включается в работу при минимальных нагрузках по потреблению и является, как правило, резервным.

Компрессорная введена в эксплуатацию в 2003 году, при этом в 2018 году завершается амортизационный период (экономически обоснованный срок службы) 4 поршневых компрессоров 2ВМ4-27/9, а срок службы 4 воздухохоборников после 12 лет эксплуатации продлён до 2019 г. Компрессоры 2ВМ4-27/9 морально устарели и физически изношены.

В компрессорной станции предприятия на каждом компрессоре имеется индивидуальный фильтр, но ни на одном из них не установлен прибор контроля его сопротивления. Для возможности наблюдения за состоянием всасывающего фильтра и принятия своевременных мер по его очистке или замене целесообразно оснащение его приборами контроля сопротивления. В частности, измерение величины аэродинамического сопротивления (перепада давления) во всасывающем фильтре возможно дифманометрами, тягомерами и тягонапорометрами. Расчет и опыт показали, что с увеличением сопротивления во всасывающем фильтре на 100 Па производительность компрессора снижается на 0,1 %, а удельный расход электроэнергии при этом увеличивается на 0,05 %.

Поддержание оптимальных температурных режимов при выработке сжатого воздуха является самым важным условием экономической эксплуатации компрессоров. Для отвода тепла, образующегося от сжатия воздуха, в поршневых компрессорах применяется водяная система охлаждения, а в винтовых – воздушное охлаждение. Водой охлаждаются сам поршневой компрессор и воздух, подаваемый во вторую ступень сжатия и потребителям. В поршневых компрессорах после первой ступени сжатия устанавливаются промежуточные воздухоохладители для охлаждения воздуха, подаваемого из первой ступени во вторую. А для охлаждения воздуха, подаваемого потребителям, устанавливаются концевые воздухоохладители. При этом на эффективность эксплуатации поршневых компрессоров значительное влияние оказывает состояние промежуточных воздухоохладителей.

Для определения эффективности эксплуатации поршневых компрессоров, находящихся в работе, были проведены замеры температуры воздуха и охлаждающей воды. Результаты замеров показали, что промежуточный воздухоохладитель одного компрессора 2ВМ4-27/9 характеризуется низкой эффективностью, а также недоохлаждением сжатого воздуха на 7 °С и, следовательно, некоторым перерасходом электроэнергии (около 1 %).

Для оценки потребляемой мощности, времени работы и загрузки действующего компрессорного оборудования КС были проведены замеры параметров электрической энергии на трансформаторной подстанции электродепо "Могилевское" с помощью анализатора-регистратора параметров качества электроэнергии Sonel PQM-702. Среднечасовой коэффициент загрузки компрессорной составил 0,93. Проанализировав данные среднесуточного потребления электрической энергии компрессорной станции и с учетом её круглогодичной эксплуатации, расход электроэнергии в год составляет около 1490 тыс. кВт·ч.

В настоящее время перепад давления между верхним и нижним уровнями давления в системе составляет около 1,2 кгс/см², при этом повышение давления на 1,0 кгс/см² ведет к увеличению потребляемой мощности на 7 %. Нижний уровень составляет около 6,8 кгс/см², верхний уровень – 8,0 кгс/см², среднее повышение давления – 0,6 кгс/см².

С учетом вышеприведенного исследования рекомендуется комплектация компрессорной станции двумя винтовыми компрессорами, один из которых работает в базовой нагрузке, а другой осуществляет регулирование переменной части расхода сжатого воздуха с помощью частотного преобразователя, так как данная схема является наиболее рациональной и экономической. Кроме этого, при внедрении винтовых компрессоров с воздушным охлаждением исключается потребность в приводе насосов оборотного водоснабжения и градирне.

К рассмотрению были приняты два винтовых компрессора, например Ingersoll Rand R90n с частотным регулированием привода мощностью 90 кВт и воздушным охлаждением и Rand R160ie двухступенчатого сжатия с электроприводом 160 кВт и воздушным охлаждением. Компрессоры работают в полностью автоматическом режиме и не требуют ежедневного технического обслуживания. Суммарная воздухопроизводительность КС составит около 49 м³/мин, что удовлетворяет требованиям базовой производительности 44 м³/мин с учетом резерва в 13–15 %.

Экономический эффект данного мероприятия достигается за счет:

- соблюдения оптимальных температурных режимов эксплуатации;
- исключения насосов систем оборотного водоснабжения;

- поддержания минимально необходимого давления в системе;
- эксплуатации более экономичного оборудования;
- обогрева помещений компрессорной станции в отопительный период.

Было произведено детальное сравнение затрат электрической энергии на выработку сжатого воздуха до и после замены существующих поршневых компрессоров станции на винтовые. Годовой экономический эффект мероприятия составит около 103 тыс. руб., экономия ТЭР – 170 т у.т. При капиталовложениях около 471 тыс. руб. срок окупаемости составит около 4,6 года.

Кроме этого, существующие поршневые компрессоры нуждаются в постоянном ремонте, часть из них эксплуатируются с нарушением оптимальных температурных режимов за счет неудовлетворительного состояния воздухоохладителей и, как следствие, имеет место перерасход электроэнергии. Также следует отметить, что дополнительный экономический эффект достигается за счет полной автоматизации компрессорной станции, т.е. не требуется ежедневное техническое обслуживание и снижаются текущие эксплуатационные расходы.

УДК 629.463

ПОЛУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ СИЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ПОГЛОЩАЮЩИХ АППАРАТОВ МЕТОДОМ СОУДАРЕНИЯ ВАГОНОВ

А. А. ЖЕЛЕЗНЯКОВ, С. В. МАКЕЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Сертификационные испытания поглощающих аппаратов с целью подтверждения требований Технического регламента Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» выполняют в соответствии с методами, установленными ГОСТ Р 55185–2012. Одним из методов, позволяющих при испытаниях получить и оценить динамические силовые характеристики поглощающих аппаратов автосцепного устройства грузовых вагонов, является метод испытаний при соударении вагонов (приложение Л ГОСТ Р 55185-2012). Оценки каждой силовой характеристики, такие как воспринятая энергия (энергоемкость) и энергия отдачи, равны площади фигур, ограниченных соответственно линиями нагрузки и разгрузки силовой характеристики. Линии строятся путем аппроксимации точечной зависимости силы удара от хода поглощающего аппарата, значения силы и хода регистрируются с помощью датчиков силы и линейных перемещений в процессе соударения. Таким образом, точность оценок силовой характеристики (а также производных от них – коэффициентов необратимого поглощения энергии и полноты силовой характеристики) в первую очередь зависит от количества и правильности данных, регистрируемых датчиками.

Методикой, приведенной в приложении Л ГОСТ Р 55185–2012, предусмотрено для регистрации силы удара и хода поглощающего аппарата использование автосцепки-динамометра и датчика линейных перемещений (любого типа), без указания схемы установки. В практике испытательных центров, осуществляющих данный вид испытаний, обычно используется схема установки датчиков, приведенная на рисунке 1.

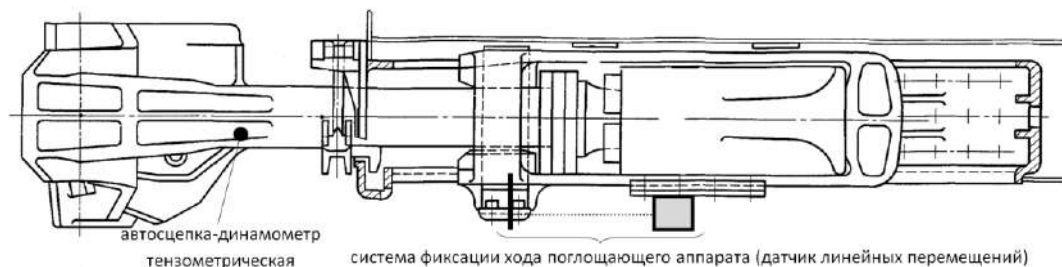


Рисунок 1 – Схема установки средств регистрации при испытаниях поглощающих аппаратов методом соударения вагонов

Данная схема позволяет при подключении к многоканальному измерительному комплексу регистрировать в процессе удара значения силы удара и хода поглощающего аппарата с определенной

дискретностью. Сила удара регистрируется автосцепкой-динамометром тензометрической, частота дискретизации регистрируемого сигнала при этом может достигать 1600 Гц и более. При измерении хода поглощающего аппарата в зависимости от типа используемого датчика линейных перемещений достигается частота дискретизации 400 Гц (датчики тросового типа) или 1600 Гц и более (индуктивные датчики).

Сравнительные испытания методом соударения вагонов с использованием датчиков линейных перемещений различных типов были выполнены в 2018 г. в ИЦ ЖТ «СЕКО» БелГУТа и АО «ВНИИЖТ» в рамках работ по сертификации полимерно-фрикционного поглощающего аппарата класса Т1. В ИЦ ЖТ «СЕКО» БелГУТа применялся датчик линейных перемещений тросового типа Wayson RX50 (частота дискретизации 400 Гц), в АО «ВНИИЖТ» применялся датчик перемещения индуктивный НВМ WA200/L (частота дискретизации 1600 Гц). В ходе испытаний были получены динамические силовые характеристики поглощающего аппарата при различных максимальных значениях силы соударения. Линии нагрузки силовых характеристик, полученных при максимальной силе около 1800 кН, приведены на рисунке 2.

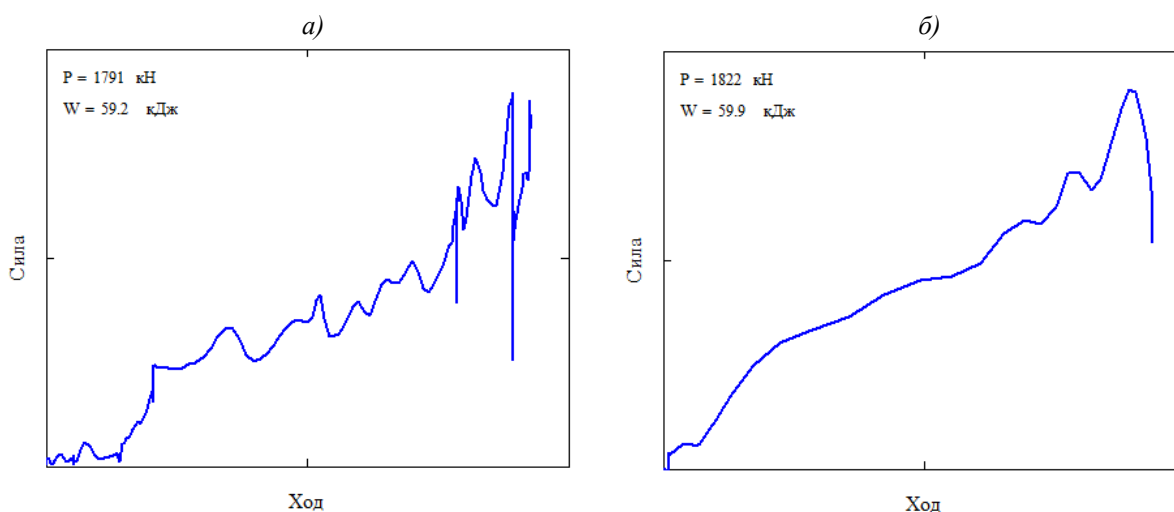


Рисунок 2 – Линии нагрузки силовых характеристик, полученные при регистрации хода поглощающего аппарата с использованием индуктивного (а) и тросового (б) датчиков линейных перемещений

Несмотря на более четкое отражение хода линии нагружения при использовании индуктивного датчика, результаты расчета энергоемкости по линиям нагрузки, полученным с использованием индуктивного датчика (энергоемкость 59,2 кДж при силе 1791 кН, рисунок 2, а) и тросового датчика (энергоемкость 59,9 кДж при силе 1822 кН, рисунок 2, б), сходятся с высокой степенью точности.

Применение индуктивных датчиков перемещения за счет высокой частоты дискретизации дает возможность более подробного изучения процессов, возникающих в поглощающих аппаратах в процессе удара, например автоколебаний фрикционных поглощающих аппаратов. Однако при рутинных испытаниях, как показывает опыт испытаний поглощающих аппаратов соударениями вагонов в ИЦ ЖТ «СЕКО» БелГУТа, для получения корректных исходных данных допустимо использование датчиков линейных перемещений тросового типа.

УДК 629.4.045

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТУРНИКЕТОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ДЛИННОМЕРНЫХ ГРУЗОВ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

А. А. ЖЕЛЕЗНЯКОВ, С. М. ВАСИЛЬЕВ, Л. П. ЦЕЛКОВИКОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Перевозка длинномерных грузов, таких как балки железобетонные для пролетных строений, стойки железобетонные для опор высоковольтных линий электропередачи и т. п., осуществляется

железнодорожным транспортом на сцепках с опорой на два вагона с использованием турникетов. На Белорусской железной дороге грузоотправители в основном используют турникеты, разработанные и изготовленные более 25 лет назад. Для таких турникетов у предприятий отсутствует актуальная нормативно-техническая документация, не установлены виды работ по техническому обслуживанию, ремонту, освидетельствованию и т. д., следствием чего является повышение риска несоблюдения требований Технических условий размещения и крепления грузов (приложение 3 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении), возникновение неисправностей или аварийных ситуаций при их эксплуатации.

Примером может служить событие, связанное с безопасностью движения – саморасцеп автосцепок между вагонами при перевозке балки железобетонной производства ОАО «Дорстройиндустрия», г. Фаниполь, на перегоне Талька – Вереицы 03.09.2017. Причиной разъединения автосцепок в вагонах при следовании поезда послужило нарушение требований Технических условий размещения и крепления грузов, предъявляемых к турникетам в эксплуатации – отсутствие смазочных материалов, наличие забоин, ржавчины, грязи, выбоин и смещение металла на взаимодействующих узлах, с последующим заклиниванием данного механизма в процессе движения в кривых участках пути и выходом из зацепления автосцепок под действием динамических нагрузок (рисунок 1).



Рисунок 1– Последствия нарушений при эксплуатации турникетов грузоотправителем

Сложилась ситуация, когда контроль за техническим состоянием турникетов предприятием-собственником недостаточен. Следует отметить, что турникеты не подлежат сертификации на соответствие Техническим регламентам таможенного союза, при которой предъявляются жесткие требования к техническому состоянию, проверки выполняются по утвержденным методикам независимой организацией. В то же время обязательным требованием контрольно-ревизионной службы Белорусской железной дороги являются проверки работоспособности турникетов (эксплуатируемых и вновь разрабатываемых), что невозможно в полной мере осуществить без согласованных с ней методик приемки, освидетельствования и т. д., поэтому разработка и внедрение на предприятиях, эксплуатирующих турникеты, научно обоснованной и отвечающей современным требованиям нормативно-технической документации является актуальной задачей.

Разработку подобной документации выполняет ОНИЛ «ТТОРЕПС» БелГУТа. В частности, ведется разработка «Методических рекомендаций по проведению освидетельствований турникетно-крепёжных устройств, принадлежащих ОАО «Светлогорский завод ЖБИиК», устанавливающих виды работ по техническому обслуживанию, ремонту и освидетельствованию турникетов с целью определения возможности дальнейшей эксплуатации и технические требования к диагностированию. Методические рекомендации предусматривают объем испытаний, в том числе статических и динамических, необходимый для обеспечения безопасности движения при эксплуатации данных турникетов. В связи с необходимостью использования турникетов собственной конструкции для

этого же предприятия разрабатываются технические условия «Средство крепления многооборотное для перевозки железобетонных центрифугированных опор высоковольтных линий электропередач».

Стоит отметить, что проблема повышения безопасности движения является комплексной, и после внедрения данных документов на предприятии необходимо повышение качества испытаний, проводимых при вводе в эксплуатацию новых конструкций турникетов и эксплуатации существующих, что достигается, как в случае с другими объектами инфраструктуры железнодорожного транспорта, подлежащими сертификации в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта», проведением испытаний с привлечением независимых аккредитованных лабораторий.

УДК 621.317.39

О МАГНИТОУПРУГИХ ДАТЧИКАХ УСИЛИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАГРУЖЕННОСТИ КОЛЕСНЫХ ПАР ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

К. К. ЖУРАЕВА, Ж. С. ФАЙЗУЛЛАЕВ

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Республика Узбекистан

Одним из качественных показателей перевозочного процесса железнодорожного транспорта является увеличение пропускной способности участков железной дороги. Улучшить этот показатель можно за счет увеличения скорости прохождения и (или) массы поезда по участкам пути. Сдерживающим фактором увеличения пропускной способности движения подвижного состава (ПС) являются участки железнодорожного пути с кривыми малого радиуса, а также стрелочные переводы. Снятие ее возможно при решении комплексной задачи, стоящей перед научными работниками железнодорожного транспорта, которая включает в себя: повышение устойчивости верхнего строения пути кривого участка железной дороги; способы совершенствования эксплуатационно-технических характеристик тележек ПС; контроль технико-эксплуатационного состояния подвижного состава и верхнего строения пути.

При определении динамических свойств «рельс – колесо» при движении ПС на скоростных участках железной дороги для диагностики устойчивости верхнего строения пути и эксплуатационных характеристик экипажной части ПС может оказаться применение информационно-измерительных систем, в состав которых входит предлагаемое весоизмерительное устройство (ВУ). Отличительной особенностью этого устройства является отсутствие грузоприемного устройства, встраиваемость в стандартное межшпальное расстояние, отсутствие ограничения скорости движения ПС при измерении и многоканальность обработки данных. В состав оборудования ВУ входят датчики усилий, устройства сопряжения и измерительный ЭВМ. Датчики усилий предназначены для преобразования механического напряжения рельса под воздействием на них колесных пар вагонов в пропорциональный электрический сигнал, а устройство сопряжения предназначено для фильтрации сигнала с датчиков, поступающих в ЭВМ.

В качестве датчиков усилий используются четыре вида новых магнитоупругих датчиков, защищенных патентами Республики Узбекистан на изобретение. В первом магнитоупругом датчике усилий, содержащем соосно расположенные кольцевые магнитопроводы с секциями измерительных обмоток и выполненными по длине окружности сквозными щелями, разделяющими каждый кольцевой магнитопровод на два стержня, упругие конические втулки, расположенные соосно с кольцевыми магнитопроводами и взаимодействующие основаниями с поверхностями кольцевых магнитопроводов, кольцевые магнитопроводы выполнены идентичными, введены дополнительные упругие конические втулки и каждая пара концентрически и взаимно-зеркально расположенные упругие конические втулки установлены с возможностью одновременного взаимодействия с внутренней и наружной поверхностями кольцевых магнитопроводов, а секции измерительных обмоток, соединенные между собой последовательно, – встречно, охватывают соответствующие стержни, расположенные каждый между соседними сквозными щелями кольцевых магнитопроводов. Благодаря предлагаемому конструктивному исполнению кольцевых магнитопроводов, введению дополнительных упругих конических втулок и их зеркальное расположение с уже имеющимися упругими

втулками обеспечивается одновременное и двухстороннее приложение механических напряжений (к наружным и внутренним поверхностям кольцевых магнитопроводов), в результате чего повышается чувствительность датчика.

Во втором магнитоупругом датчике усилий, содержащем соосно и чередуясь, расположенные кольцевые магнитопроводы разных диаметров с измерительными обмотками, упругие конические втулки, расположенные соосно с кольцевыми магнитопроводами и взаимодействующие основаниями с поверхностями кольцевых магнитопроводов, кольцевые магнитопроводы выполнены полыми, внутри которых размещены измерительные обмотки. Выполнение кольцевых магнитопроводов полыми и размещение измерительных обмоток внутри этих полых кольцевых магнитопроводов обеспечивает одинаковый вклад прилагаемого усилия в выходной сигнал по всей длине кольцевых магнитопроводов, средняя длина рабочих магнитных потоков существенно сокращается, в результате чего повышается чувствительность и точность датчика усилий.

В третьем магнитоупругом датчике усилий, содержащем соосно расположенные идентичные кольцевые магнитопроводы с выполненными по длине окружности сквозными щелями, разделяющими каждый кольцевой магнитопровод на два стержня, последовательно – встречно соединенные между собой секции измерительных обмоток, охватывающие соответствующие стержни, расположенные каждый между соседними сквозными щелями кольцевых магнитопроводов, концентрически и взаимно-зеркально расположенные упругие конические втулки, расположенные соосно с кольцевыми магнитопроводами и воздействующие основаниями одновременно на внутренней и наружной образующих поверхностях кольцевых магнитопроводов, сквозные щели выполнены на образующих поверхностях кольцевых магнитопроводов, на внутренних и внешних образующих поверхностях кольцевых магнитопроводов жестко укреплены подковообразные кольцевые кожухи из неупругого материала, на которых воздействуют основания конических упругих втулок. Благодаря выполнению сквозных щелей на образующих поверхностях кольцевых магнитопроводов обеспечивается одновременное и двухстороннее приложение механических напряжений к наружным и внутренним образующим поверхностям кольцевых магнитопроводов, в результате чего повышается чувствительность датчика.

В четвертом конструктивном датчике исполнение магнитоупругого датчика усилий, содержащем кольцевые магнитопроводы, выполненные каждый в виде двух соосно и коаксиально размещенных концентрических ферромагнитных сердечников и соединенных между собой диаметрально расположенными ферромагнитными перемычками. Секции измерительной обмотки, охватывающие соответствующие ферромагнитные перемычки и соединенные между собой последовательно и силовопередающие элементы, кольцевые магнитопроводы расположены на одной горизонтальной плоскости коаксиально с радиальными зазорами. Ферромагнитные перемычки и концентрические сердечники имеют радиальные вырезы, разделяющие кольцевые магнитопроводы на отдельные секторы, секции измерительной обмотки в каждом кольцевом магнитопроводы соединены между собой последовательно-согласно. Силопередающие элементы, выполненные в виде крышек дискообразной формы из твердого неупругого материала плотно закреплены к верхним и нижним торцевым частям кольцевых магнитопроводов, причем верхняя крышка также разделена на соответствующие сегменты, при этом высота каждой ферромагнитной перемычки с соответствующей секцией измерительной обмотки составляет не больше высоты кольцевых магнитопроводов, а отношение толщины соседних концентрических сердечников выбирается из условия равенства их магнитных сопротивлений на пути рабочего магнитного потока.

Исследование основных характеристик разработанных магнитоупругих датчиков усилий показало, что их статические характеристики практически линейны на участки от 10 до 85 % от основного усилия или, соответственно, на 75 % всей характеристики в верхней ее части. Температурные изменения выходных характеристик этих датчиков являются наиболее ощутимой причиной снижения их класса точности. Установлено, что на 10 °С изменения температуры намагниченность магнитопровода изменяется до 2 %. Исследование показало, что наиболее приемлемым способом компенсации температурных погрешностей является использование дополнительного ненагружаемого магнитоупругого датчика усилий. Дальнейшее исследование будет направлено на определение оптимальных конструктивных и технологических параметров разработанных датчиков усилий.

С помощью ВУ с применением новых магнитоупругих датчиков усилий проводилась проверка загруженности колесных пар тележек и диагностика рессорного подвешивания в условиях динамической работы локомотивов. Среднестатистическое отклонение загруженности колесной пары локомо-

тивов составило ± 95 кгс, что говорит о правильности регулировки рессорного подвешивания электровагонов.

Таким образом, используя автоматизированную ВУ с новыми магнитоупругими датчиками усилий для исследований задач железнодорожного транспорта, можно ожидать, что отсутствие грузоприемного устройства ВУ позволяет встраивать ее в железнодорожные прямые, кривые и стрелочные переводы, а отсутствие ограничения скорости прохождения ПС по исследуемому участку является основным условием их применения на главных магистральных железных дорогах.

УДК 656.25

О СОСТОЯНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В ПАССАЖИРСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ В 2013–2018 ГОДАХ

Д. А. ЖУРОВ, Н. П. УЛАЩИК
Белорусская железная дорога, г. Минск

Е. П. ГУРСКИЙ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Развитие пассажирских перевозок и повышение качества обслуживания пассажиров являются одним из основных приоритетов Белорусской железной дороги. Одним из основных принципов нового формата пассажирских перевозок является удовлетворение потребностей пассажиров в транспортном обслуживании с использованием новых технологических решений и современного подвижного состава.

Для организации перевозки пассажиров Белорусская железная дорога располагает приписным парком пассажирских вагонов локомотивной тяги в количестве 1 306 единиц, из которых 695 вагонов пригодны для эксплуатации в международном сообщении. Износ парка пассажирских вагонов составляет 59,2 %.

За 5 лет парк пассажирских вагонов локомотивной тяги сократился на 354 вагона: с 1 660 единиц в 2013 г. до 1 306 в 2018 г. При этом количество вагонов, допущенных к эксплуатации в международном сообщении, сократилось на 248 вагонов: с 943 единиц в 2013 г. до 695 в 2018 г. Дефицит пассажирских вагонов для осуществления перевозок в международном сообщении в настоящее время составляет 135 единиц. В 2019 г. из эксплуатации в международном сообщении произойдет выбывание еще 101 вагона.

В период с 2017 по 2027 гг. по причине достижения предельного срока службы общий парк пассажирских вагонов уменьшится на 474 единицы и составит 948 вагонов. Сокращение количества вагонов для обеспечения международных перевозок будет происходить ещё более быстрыми темпами.

Обновление пассажирских вагонов локомотивной тяги является одним из приоритетных направлений реализации Программы развития перевозок пассажиров железнодорожным транспортом до 2020 г., в целях выполнения которой в 2013–2018 гг. произведена закупка 52 пассажирских вагонов. С учетом значительных темпов сокращения парка пассажирских вагонов в 2019 г. будет продолжена работа по обновлению подвижного состава.

Дефицит пассажирских вагонов и значительный износ приписного парка предьявляет повышенные требования к обеспечению безопасности движения, являющейся одной из главных задач работы пассажирского хозяйства, которой уделялось и будет уделяться приоритетное внимание.

За период 2013–2018 гг. с пассажирскими вагонами допущено 16 случаев нарушений безопасности движения поездов, из которых в 2013 г. – 2 случая, 2014 – 2, 2015 – 1, 2016 – 4, 2017 – 7, 2018 – 0.

Основными причинами возникновения нарушений безопасности движения с пассажирскими вагонами послужили неисправности: буксовых узлов колесных пар – 7 случаев, тормозного оборудования – 3 случая, генераторов – 2 случая, ходовой части, редукторно-карданного привода, высоковольтного электроотопления и сход пассажирского вагона – по 1 случаю.

За период 2013–2018 гг. с пассажирскими вагонами допущено 136 случаев отказов технических средств, из которых 70 произошло по причине возникновения неисправностей ходовых частей, 66 – по причине неисправностей внутреннего оборудования вагонов.

Основными причинами отказов ходовых частей вагонов послужили неисправности: тормозного оборудования – 40 случаев, колесных пар – 13 случаев, редукторно-карданных приводов – 11 случаев, остановка по показаниям КТСМ из-за течи горячей воды – 5 случаев, хвостовых сигнальных фонарей – 4 случая, прочие – 6 случаев.

Основными причинами отказов внутреннего оборудования вагонов послужили неисправности: регулировки устройств натяжения ремней редукторно-карданных приводов ТРКП – 18 случаев, повреждения устройств контроля нижней негабаритности – 8 случаев, системы контроля нагрева букс – 6 случаев, прочие – 6 случаев.

Для обеспечения высокого уровня безопасности пассажирских перевозок на Белорусской железной дороге создана действенная система, направленная на профилактику и предупреждение нарушений безопасности движения поездов, которая реализуется посредством выполнения комплекса взаимосвязанных организационных, технических, экономических мероприятий, направленных на усиление дисциплины и повышение надежности в работе подвижного состава.

Основными перспективными направлениями реализации системы обеспечения безопасности в пассажирском хозяйстве являются приобретение современного подвижного состава, системное изменение подходов к организации проведения ремонта и технического обслуживания пассажирских вагонов, организация работы и контроль за обеспечением безопасности движения поездов и эксплуатации подвижного состава.

Вновь приобретаемый подвижной состав по своим техническим характеристикам обладает высоким уровнем надежности узлов и оборудования (срок службы вновь приобретаемых пассажирских вагонов составляет 40 лет), оснащен устройствами контроля безопасности и диагностики, современными системами электрооборудования и жизнеобеспечения, внутренним оборудованием, обеспечивающими достаточный уровень комфортабельности и безопасности проезда пассажиров. В связи с приобретением подвижного состава новой конструкции, оборудованного современными деталями и узлами (двухосные тележки безлюлечного типа, дисковый тормоз, прислонно-сдвижные наружные и торцевые двери, входные ступени поворотного типа), в 2015 и 2018 гг. введены в действие новые руководящие документы устанавливающие требования к проведению плановых видов ремонта в объемах ДР, КР-1, КР-2, КВР.

Для безусловного обеспечения безопасности движения поездов и эксплуатации подвижного состава необходимо продолжить работу, направленную на профилактику и предупреждение нарушений безопасности движения поездов и отказов технических средств, усилить контроль за соблюдением должностных обязанностей исполнителей и выполнением требований технологического процесса, проводить своевременную актуализацию локальных технологических документов по техническому обслуживанию, своевременную поставку товарно-материальных ценностей, необходимых для технического обслуживания и эксплуатации пассажирских вагонов, а также совершенствовать эффективную систему подбора кадров.

УДК 629.4.053

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПУСКА ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В. А. ЗАГОРЦЕВ, В. А. СТАЛЬМАКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. Н. РУСАК

Минский метрополитен, Республика Беларусь

На сегодняшний день на линиях Минского метрополитена эксплуатируются 365 вагонов моделей 81-717 и 81-714, а также их модификации. Данные вагоны серийно выпускались с 1977 по 2010 гг. на Мытищенском машиностроительном заводе и на Ленинградском вагоностроительном заводе. Данные вагоны являются технически и морально устаревшими. В качестве системы управления на них используется реостатно-контакторная система управления (РКСУ). Комплект тягового электрооборудования на данных вагонах включает в себя достаточно большое количество контактной аппаратуры: реостатный контроллер типа ЭКГ-39, переключатель последовательно-параллельного соединения, входящим в

состав переключателя ПКГ-761, реверсор, контроллер машиниста. В ходе эксплуатации данная контактная аппаратура показала себя крайне ненадежно. Анализ отказов оборудования вагонов на примере электродепо «Московское» Минского метрополитена показал, что 64 % всех неисправностей приходится на электрооборудование. Средний возраст вагонов в данном электродепо составляет 19 лет.

Попытки модернизации данных вагонов путем внедрения на них современных систем управления оказались неудачными, например применение тиристорно-импульсной системы управления (ТИСУ). В ходе испытаний вагоны не показали заявленных характеристик и во многом даже уступили реостатно-контакторной системе управления. При этом вагоны с ТИ-СУ были дороже базовых вагонов с РКСУ. Именно поэтому вагоны моделей 81-718 и 81-715, выпущенные на базе вагонов 81-717 и 81-714, не стали производиться серийно. Их основным заказчиком был Ташкентский метрополитен, который закупал их на ЗАО «Вагонмаш». Применение асинхронных тяговых электродвигателей также не доказало свою экономическую эффективность. В настоящее время все вагоны, производимые на Мытищенском машиностроительном заводе, снабжаются асинхронными тяговыми электродвигателями (АТД), например электропоезда «Нева» или «Ока». Как показывает практика, затраты на обслуживание дорогостоящих преобразователей оказывается намного больше затрат на обслуживание коллекторных тяговых электродвигателей и контактной аппаратуры. При этом первоначальная стоимость составов с АТД выше, чем у составов с РКСУ или с ТИСУ.

Анализируя данные факты, нельзя не принять во внимание, что модернизация системы управления в целом является экономически нецелесообразна. Именно поэтому стоит принять во внимание модернизацию более мелкого узла, например: применение бесконтактных реле взамен устаревших электромеханических; замена электродвигательного привода реостатного контроллера на шаговый электродвигатель; замена реостатного контроллера тиристорным коммутатором; модернизация устройства автоматического пуска, которое является составной частью РКСУ.

Наиболее перспективной является модернизация узла автоматического пуска. Пуск электропоездов метрополитена происходит в среднем каждые 2 минуты, так как станции находятся на расстоянии нескольких километрах друг от друга. При частых пусках с ручным управлением, то есть переключением всех реостатных позиций вручную (а их на вагонах моделей 81-717/714 – 36), трудно выдержать нужную величину пускового тока. В этих условиях даже небольшое снижение пускового тока приведет к заметному опозданию поезда, а увеличение пускового тока может вызвать боксование колесных пар и повреждение тягового электродвигателя. Поэтому автоматический пуск целесообразен именно для поездов с частыми остановками и пусками.

На вагонах метрополитена моделей 81-717 и 81-714 используется автоматический пуск с ограничением по току. При автоматическом пуске с ограничением по току переход с одной реостатной позиции на следующую происходит при определенном значении пускового тока. В процессе разгона поезда по мере увеличения скорости движения происходит постепенное уменьшение тока тяговых электродвигателей. При снижении тока до заданной величины (тока уставки реле ускорения) на тяговые электродвигатели подается управляющее воздействие, которое приводит к увеличению тока. После того как ток опять снизится до величины тока уставки, подается следующее управляющее воздействие, ток опять возрастает и т.д. Данный процесс представлен на рисунке 1, а.

Приращение скорости на каждой реостатной позиции по мере уменьшения сопротивления пускового резистора также уменьшается вследствие того, что характеристики становятся более пологими. Недостаток этого способа – резкий толчок в начале пуска, вызванный увеличением тока до максимального значения. Основным элементом автоматического пуска является электромеханическое реле РУТ типа Р52Б, схема которого приведена на рисунке 1, б.

Реле ускорения и торможения (РУТ) контролирует величину тока в силовой цепи, под контролем вращается РК и происходит вывод пуско-тормозных резисторов. На одном сердечнике установлено 5 катушек: авторежимная, регулировочная, две силовые и подъемная.

РУТ отрегулирован таким образом, что при работе только силовых катушек уставка его на отпадение контактов равна 300–340 А. При работе авторежимной катушки уставка РУТ увеличивается максимально на 85А и становится равной 395–425 А.

Ток уставки РУТ имеет допуск ± 15 А для каждого из значений массы вагона. Это связано с тем, что в качестве задающего элемента на данном реле используется пружина. Ее настройка – трудоемкий процесс, требующий серьезной подготовки. Большое отличие токов уставки для разных масс состава значительно влияет на электромеханические характеристики вагонов, а также на расход электрической энергии состава в целом.

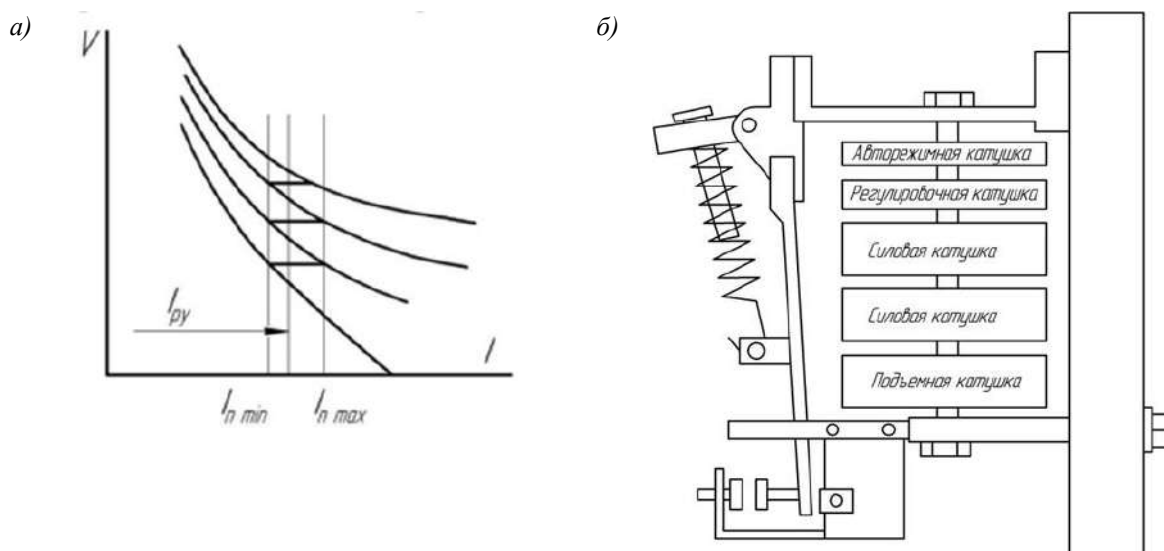


Рисунок 1 – Автоматический пуск с ограничением по току и применяемое оборудование

Предлагаемая модернизация РУТ – замена устаревшего электромеханического реле Р-52Б на современный электронный аналог (электронный модуль ускорения и торможения). Данный модуль выпускается на различных предприятиях России и Украины. Данное реле предназначено для установки на вагоны моделей 81-717 и 81-714. Имеет простую светодиодную индикацию состояния и не требует специального оборудования для его обслуживания и ремонта. Данное реле выполняет также функцию реле перегрузки, установленные на вагоне: при увеличении тока в одной цепи тяговых электродвигателей или при резком его уменьшении данное реле срабатывает гораздо быстрее электромеханического реле перегрузки.

Таким образом, как показали тяговые расчеты, проведенные на участке «Уручье – Институт культуры» «Московской» линии Минского метрополитена, показали, что с учетом суточной неравномерности пассажиропотока (а значит, и загрузки составов) установка электронного модуля ускорения и торможения на вагоны метрополитена взамен электромеханического реле типа Р-52Б позволяет экономить 0,99 % электроэнергии на тягу поездов.

Список литературы

1 Плакс, А. В. Системы управления электрическим подвижным составом : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / А. В. Плакс – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп.; Маршрут, 2005. – 358 с.

УДК 629.4.015

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АМОРТИЗАТОРА ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА

В. Н. ИЩЕНКО, Ю. В. ЩЕРБИНА

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Анализ работы существующей конструкции гидравлического гасителя колебаний пассажирского вагона типа НЦ-1100 свидетельствует о существенных недостатках конструктивного исполнения его отдельных узлов и элементов. Поиск технических решений, направленных на улучшение работоспособности и повышение надежности гидравлического амортизатора в межремонтный период служит важной задачей обеспечения стабильной работы всей динамической системы вагона. Одним из предложенных решений по повышению эффективности работы и устранению конструктивных недостатков гидроамортизатора типа НЦ-1100 является проект комплексной модернизации гидравлического аппарата.

Разработанный опытный образец гидравлического гасителя колебаний усовершенствованной конструкции успешно прошел опытные стендовые испытания на стендовом оборудовании типа СВД11-

0,047 в условиях вагонного депо Киев-Пассажирский (ВЧД-1). Регистрация показаний параметров вязкого сопротивления выполнялась в соответствии с положениями программы и методики проведения испытаний ПМ.ДУИТ 002-2018 с записью рабочих диаграмм и занесением показаний исследуемых параметров в протокол проведения испытаний. По результатам проведенных испытаний гидравлических гасителей колебаний пассажирских вагонов измененной конструкции установлено, что параметры вязкого сопротивления превышают установленные нормативные значения на ходе сжатия практически на 98 % при минимально допустимом значении 80 кН·с/м, и практически на 17 % – на ходе растяжения, при максимально допустимом значении параметра сопротивления 130 кН·с/м.

Энергетическая эффективность работы гидравлического гасителя колебаний определяется площадью его рабочей диаграммы и может быть определена методом непосредственного интегрирования замкнутого контура. Среди наиболее распространенных методов численного интегрирования особенное внимание уделено классу расчетного метода – кусочно-линейной аппроксимации. Постановкой задачи является определение функции $F(x)$ на интервале $[a, b]$, где заданы точки массива $x_i, i = 0, 1, \dots, N; a \leq x_i \leq b$, которая проходит через узлы интерполяции и будет принимать значения неизвестной функции в этих точках f_i . На каждом интервале $[x_{i-1}, x_i]$ функция является линейной: $F_i(x) = k_i x + l_i$. Значения коэффициентов находятся при выполнении условия определения локальной интерполяции. При условии $x_{i-1} \leq x \leq x_i$ функция может быть записана в виде

$$F(x) = \frac{f_i - f_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} x + f_{i-1} - k_i x_{i-1}. \quad (1)$$

При выполнении обработки статистических данных возникает вопрос о законе распределения генеральной совокупности ансамбля опорных точек верхнего и нижнего контуров. Для оценивания согласования взаимосвязи между координатами исследуемых функций и точек данных по критерию Пирсона необходимым условием является соответствие нормальному закону распределения, при котором плотность нормального распределения (функция Гаусса) определяется по известной формуле

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

где μ – математическое ожидание; σ – среднее квадратическое отклонение; σ^2 – дисперсия распределения.

Для верхнего ряда набора данных коэффициент корреляции составляет $k_{\text{кор.П.1}} = 0,999035$, для нижнего – $k_{\text{кор.П.2}} = 0,999998$, что свидетельствует о приемлемости использования данного метода (условием выполнения является соответствие $k_{\text{кор.П}} = 1$).

Площадь контура рабочей диаграммы, представленного в виде двух ограничительных функций, определяется методом численного интегрирования по формуле Ньютона-Лейбница:

$$S_{\text{погл.энергии}} = \int_a^b (f_1(x) - f_2(x)) dx. \quad (3)$$

С учетом принятых обозначений для установленного интервала $[a, b]$ формула примет вид

$$S_{\text{погл.энергии}} = \int_{0,52}^{15,6} (c(x) - b(x)) dx.$$

Выполненный в программной среде Mathcad расчет площади с использованием адаптивного метода свидетельствует о том, что площадь энергии поглощения гасителем колебаний составит $S_{\text{погл.энергии}} = 247,441$ Дж.

По предложенному методу оценка энергии поглощения гидравлического амортизатора может выполняться по действительной рабочей диаграмме с использованием контурного очертания зависимости перемещения штока от воздействующей на него силы, заданного отдельными функциями. Расчетная площадь рабочей диаграммы дает возможность проводить сравнительную оценку действительной энергетической эффективности гасителя колебаний.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ № 242, № 292 КЕс В СОСТАВЕ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ

М. Б. КЕЛЬРИХ, Д. В. ДМИТРИЕВ, Н. А. ВАЛИГУРА

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

В течение длительного периода с конца 50-х гг. прошлого столетия на железных дорогах СССР в эксплуатации пассажирских вагонов находились воздухораспределители № 292 производства завода «Трансмаш» (Россия). В начале 2000-х гг. в РФ были выполнены работы по разработке и изготовлению опытной партии воздухораспределителей № 242, которые были подвержены комплексу испытаний. Воздухораспределитель № 242 имеет клапанно-поршневую конструкцию, может изготавливаться в гунном (модификация № 242 и № 242-1) или алюминированном (модификация № 242-1-01) исполнениях.

В связи с тем, что физически невозможно мгновенно заменить все воздухораспределители № 292 наявного парка пассажирских вагонов ПАО «Укрзализница» на воздухораспределители № 242, в течение длительного времени одновременно в эксплуатации, в том числе в одном поезде, могут эксплуатироваться воздухораспределители № 242, № 292 и КЕс.

Решение указанной проблемы заключается в получении соответствующих исследовательских данных для выяснение необходимого порядка включения режимов ВР № 242, № 292 и КЕс при их совместной эксплуатации в одном поезде. При этом предусмотрено выполнить следующие работы:

– исследовать во время стендовых испытаний ВР № 242 его характеристики в сравнении с ВР № 292 и КЕс;

– выполнить натурные испытания вагона с ВР № 242 (в составе пассажирского поезда, остальные вагоны которого оборудованы ВР № 292 и КЕс) на стоянке при зарядке тормозов, торможении и отпуске.

При проведении первого этапа использовались испытательные стенды специализированной тормозной лаборатории кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Государственного университета инфраструктуры и технологий.

Во время стендовых испытаний в лаборатории при служебном торможении конечное давление в тормозном цилиндре воздухораспределитель № 242 даёт меньшее на 10–20 % по сравнению с воздухораспределителем № 292.

При отпуске воздухораспределитель № 242 по сравнению с воздухораспределителем № 292 даёт облегченный отпуск (время полного отпуска в 1,5–2 раза меньше).

Во время натурных испытаний скорость распространения тормозной волны для вагона с воздухораспределителем № 242 составляет 149,5 м/с, а для вагонов с воздухораспределителем № 292 – 145,2 м/с, что не повлияло на срабатывание тормозов в поезде.

СОЗДАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТОРМОЗНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

М. Б. КЕЛЬРИХ, Д. В. ДМИТРИЕВ, Н. А. ВАЛИГУРА

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Для обеспечения учебного процесса подготовки бакалавров и магистров по специальности «Вагоны и вагонное хозяйство» и проведения научно-исследовательских работ по исследованию различных тормозных систем железнодорожного подвижного состава (грузовых и пассажирских вагонов, а также тягового подвижного состава) кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» Государственного экономико-технологического университета (г. Киев) в период 2009–2011 гг. была создана специализированная тормозная научно-исследовательская лаборатория.

Для создания указанной лаборатории с привлечением студентов, которые обучались по специальности «Вагоны и вагонное хозяйство», была разработана научно-техническая документация, изготовлены стенды, созданы аппаратные и программные средства, компрессорная станция, состоящая из 2 компрессоров и воздухохранилища объемом 3 м³.

Испытательные стенды защищены патентами Украины № 57332, 65385, 65386, 99104.

В 2011–2012 гг. в лаборатории тормозов подвижного состава впервые в Украине по заказу Государственной администрации железнодорожного транспорта Украины проведены исследования возможности совместной эксплуатации тормозов пассажирского поезда, оборудованного воздухораспределителями № 292, 240, КЕс.

По состоянию на 2016 г. научно-исследовательская специализированная лаборатория тормозов подвижного состава оснащена полным комплектом тормозных приборов пассажирских и грузовых локомотивов и вагонов, которые эксплуатируются на железнодорожном транспорте Украины. Эти приборы объединены в отдельные тормозные системы грузового, пассажирского и комбинированного «западноевропейского» типа подвижного состава. Все указанные системы объединены в общую тормозную сеть лаборатории, которая питается сжатым воздухом от компрессорной станции.

Тормозные приборы, испытательные стенды, оборудование и наглядные схемы обеспечивают в полном объеме проведение лабораторных работ и практических занятий студентов не только специальности «Вагоны и вагонное хозяйство», но также и специальностей «Электрический транспорт», «Локомотивы и локомотивное хозяйство».

УДК 629.463.3

МЕТОДИКА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЦЕМЕНТА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Е. Н. КОНОВАЛОВ, В. И. СЕНЬКО, А. В. ПУТЯТО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Практика эксплуатации и техническое состояние вагонов показывают, что указанный в технических условиях срок службы в большинстве случаев далек от предельного. Во многом это связано как с существенным запасом прочности, заложенным при проектировании, так и с особенностями эксплуатации конкретного типа вагонов, в том числе сезонностью их использования.

В настоящее время в Республике Беларусь и ряде стран колеи 1520 мм принято решение о частичном отказе от регламентированных нормативных сроков службы для тех единиц подвижного состава, индивидуальный ресурс которых позволял разрешить их дальнейшую безаварийную эксплуатацию. В этом направлении уже выработана определенная процедура продления срока службы вагонам, но не более чем до полуторного от назначенного заводом-изготовителем. Подвижной состав после длительной эксплуатации (более полуторного от назначенного при изготовлении) требует дополнительного контроля для обеспечения безопасности движения. В частности, учитывая, что несущая конструкция вагона подвержена циклическим динамическим нагрузкам в процессе эксплуатации, следует уделять особое внимание определению фактических физико-механических характеристик металла.

В настоящее время имеется острая потребность в перевозке доломитной муки, для чего используются вагоны-цистерны для перевозки цемента моделей 15-Ц852, 15-Ц853, 15-1405. Значительная часть парка вагонов-цистерн для перевозки цемента достигла полуторного назначенного срока службы (42 года), однако по результатам контроля технического состояния вагоны находятся в удовлетворительном состоянии.

Целью работы является определение остаточного ресурса несущей конструкции вагона-цистерны для перевозки цемента после длительной эксплуатации (более полуторного назначенного срока службы) с котлом II группы согласно классификации [1], в котором для разгрузки создается давление 0,2 МПа.

Остаточный ресурс определялся на основании разработанной методики, включающей следующие этапы:

1 Изучение технической документации, условий эксплуатации, анализ информации по проведению технических освидетельствований и ремонтов вагонов-цистерн для перевозки цемента.

2 Разработка диагностических карт котла и рамы вагона, контроль технического состояния (визуальный контроль, измерение толщин элементов конструкции, контроль сварных швов и основного металла). Вагоны, попадающие под критерии браковки, подлежат списанию. Отбор вагона с худшим техническим состоянием для проведения испытаний.

3 Разработка компьютерных моделей и выполнение виртуальных испытаний вагона с учетом фактически установленных значений толщин элементов конструкции с целью определения соответствия деградированной конструкции требованиям актуальной нормативной документации.

4 Проведение натурных контрольных испытаний несущей конструкции вагона при характерных режимах нагружения.

5 Установление проблемных зон конструкции, разработка схемы вырезки образцов и их изготовление для исследования химического состава и физико-механических свойств материала несущей конструкции.

6 Исследование химического состава и физико-механических свойств материала несущей конструкции вагона после длительной эксплуатации (σ_t , σ_b , σ_{-1} , δ , ψ , HB , KCU).

7 Расчетно-экспериментальная оценка остаточного ресурса несущей конструкции вагона с учетом проведенных испытаний натурального объекта и установленных свойств материала.

Отличительной особенностью методики является учет при определении остаточного ресурса фактических физико-механических характеристик металла несущей конструкции после длительной интенсивной эксплуатации.

В качестве объекта исследования отобран вагон № 93718914, возраст которого на момент исследования составлял 42 года. Исследование химического состава, а также физико-механических характеристик материала несущей конструкции вагона выполнены специалистами кафедр «Локомотивы» и «Материаловедение и технологии материалов» университета. Комплекс расчетов и натурных испытаний вагона выполнен специалистами ОНИЛ «ГТОРЕПС» и ИЦ ЖТ «СЕКО».

В результате проведенных исследований установлено:

1 Хребтовая балка рамы вагона-цистерны № 93718914 изготовлена из стали, по химическому составу соответствующей стали марки Ст4сп. Сталь удовлетворяет требованиям ГОСТ 380-94 по химическому составу и ГОСТ 535–2005 по показателям «Предел текучести» (287 МПа) и «Предел прочности» (438,8 МПа).

2 Котел вагона-цистерны № 93718914 изготовлен из стали, по химическому составу соответствующей стали углеродистой обыкновенного качества марки Ст3сп или стали углеродистой качественной марки 20К. По пределу прочности (414 МПа) и пределу текучести (268 МПа) сталь котла удовлетворяет требованиям ГОСТ 535–2005 и ГОСТ 5520-79, предъявляемым к сталям 22К и Ст3сп.

3 Среднее значение твердости стали, из которой изготовлена хребтовая балка рамы, соответствует 141 НВ. Расхождение значений твердости на различных участках рамы не превышает 5 %. Среднее значение твердости стали котла составляет 115 НВ, а расхождение этого показателя на различных участках поверхности котла не превышает 4 %.

4 Сталь хребтовой балки обладает высокой ударной вязкостью ($KCV = 2060$ кДж/м²), а расхождение значений KCV в различных точках фрагмента вертикальной стенки не превышает 8,4 %. Среднее значение ударной вязкости материала котла составляет 53,5 Дж/см², расхождение на различных участках фрагмента котла не превышает 9,2 %.

5 Предел выносливости материала хребтовой балки σ_{-1} при чистом изгибе с вращением составил 210 МПа, материала котла – 205 МПа.

На основании полученных физико-механических характеристик материалов с учетом фактического технического состояния несущих элементов котла и рамы проведена оценка долговечности T_k по критерию усталостной прочности для выбранной зоны [2]:

$$T_k = \frac{\left(\frac{\sigma_{a,N}}{[n]} \right)^m N_0}{N_{c1} \sum_i (\sigma_{ai}^I)^m P_i^I + N_{c2} \sum_j (\sigma_{aj}^{II})^m P_j^{II} + N_{c3} \sum_k (\sigma_{ak}^{III})^m P_k^{III}},$$

где m – показатель степени в уравнении кривой усталости в амплитудах; $[n]$ – допускаемый коэффициент запаса сопротивления усталости; $\sigma_{a,N}$ – предел выносливости контрольной зоны несущей конструкции; N_{c1} , N_{c2} , N_{c3} – числа циклов за 1 год эксплуатации для каждой из эксплуатационных нагрузок соответственно; σ_{ai}^I , σ_{aj}^{II} , σ_{ak}^{III} – амплитуды динамических напряжений, приведённые к

симметричному циклу эквивалентные экспериментально полученным несимметричным для различных эксплуатационных нагрузок и их диапазонов; P_i^I , P_j^{II} , P_k^{III} – частота возникновения амплитуд при соответствующих напряжениях; N_0 – базовое число циклов.

По результатам расчетно-экспериментальной оценки долговечности по критерию усталостной прочности опытного образца вагона-цистерны для перевозки цемента № 93718914, возраст которого на момент исследования составлял 42 года, можно сделать заключение, что его несущая конструкция обладает остаточным ресурсом не менее 8 лет эксплуатации.

Список литературы

1 Единые методические указания по техническому диагностированию грузовых и рефрижераторных вагонов государств-участников Соглашений о совместном использовании грузовых и рефрижераторных вагонов в международном сообщении (протокол от 16 января 2003 г.).

2 **Третьяков, А. В.** Управление индивидуальным ресурсом вагонов в эксплуатации : [моногр.] / А. В. Третьяков. – СПб. : ОМ-Пресс, 2004. – 348 с.

УДК 629.431:629.4.015

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

Е. Н. КОНОВАЛОВ, Л. В. ОГОРОДНИКОВ, А. В. ПУТЯТО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Эксплуатация поездов Минского метрополитена началась с 30 июня 1984 года на двух линиях, протяженность которых составляет 37,285 км с 29 станциями. В настоящее время перевозку пассажиров выполняют 72 пятивагонных состава. Подвижной состав состоит из вагонов моделей 81-717 (головной) и 81-714 (промежуточный). Вагоны указанной серии также эксплуатируются во многих городах соседних стран Киев, Харьков, Санкт-Петербург, Новосибирск, Ташкент и др. Срок службы указанных моделей вагонов, назначенный заводом-изготовителем, составляет 31 год, и у ряда единиц истек к настоящему времени. Практика эксплуатации и ремонта вагонов показала отсутствие существенных отказов по несущим конструкциям, что стало основанием предположить наличие в них остаточного ресурса. Процедура оценки остаточного ресурса несущих конструкций нашла широкое применение для железнодорожного подвижного состава в целом [4–6], а также и вагонов метрополитена [1]. В настоящее время ведутся исследования по оценке ресурса несущих конструкций локомотивов [2].

Одним из этапов такой работы является оценка эксплуатационной нагруженности несущих конструкций при штатных режимах эксплуатации с определением амплитудных значений динамических напряжений в контрольных точках, что и явилось целью настоящей работы.

Контрольные точки на основном металле вагона, приведенные на рисунке 1, выбирались в наиболее напряженных зонах, определенных на основании ранее проведенных прочностных расчетов, а также результатов технического обследования металлоконструкций вагонов.

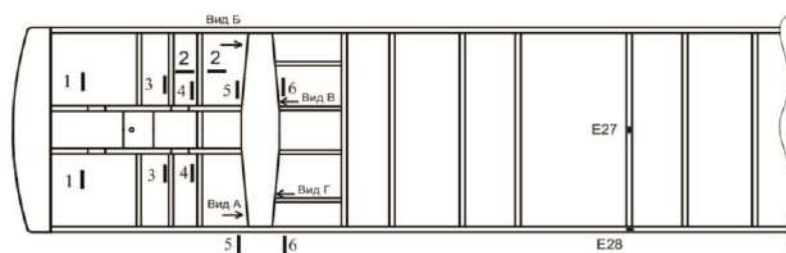
Анализ особенностей эксплуатации объектов исследований показал:

- курсирование вагонов осуществляется по одному маршруту (Автозаводская линия метро);
- доля, приходящаяся на эксплуатацию в режиме «тяга», составляет 0,325; в режиме «торможение» – 0,325; в режиме «движение в кривой» – 0,35;
- среднесуточная скорость составляет 40,2 км/ч;
- среднесуточный пробег принят 400 км.

Прочностные ходовые испытания выполнены силами испытательного центра университета транспорта. В таблице приведены фрагменты полученного массива динамических напряжений для контрольных точек E4 и E5 несущей конструкции вагона модели 81-717, диапазона скоростей от 10 до 80 км/ч и трех режимов эксплуатации.

По результатам проведенных испытаний установлено, что значения напряжений не превысили допустимый уровень, регламентированный [3].

Полученный массив экспериментальных данных амплитудных значений динамических напряжений в контрольных точках позволяет выполнить оценку ресурса несущей конструкции вагона.



Шкворневая балка (вид снизу)

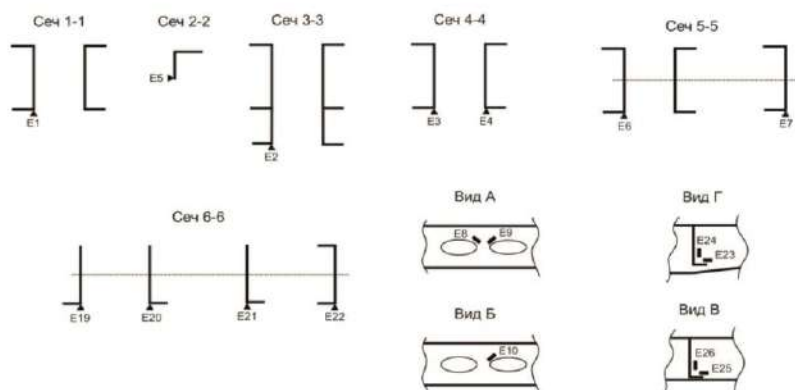


Рисунок 1 – Схема расположения тензометрических датчиков в контрольных точках

Таблица 1 – Значения динамических напряжений

E_i	σ_i , МПа	v_i , км/ч							
		10	20	30	40	50	60	70	80
Режим «тяга»									
4	σ_{\max}	3,51	4,31	4,81	2,11	2,11	2,31	2,51	2,31
	σ_{\min}	3,31	3,81	4,41	0,91	0,81	0,71	0,31	0,51
5	σ_{\max}	-28	-23,4	-20,7	-23,2	-19,3	-7,8	6,3	-5,9
	σ_{\min}	-30	-35,7	-47,4	-47	-45,7	-64,4	-58,6	-74,7
Режим «кривая»									
4	σ_{\max}	3,71	4,11	5,71	2,01	2,41	2,21	1,81	1,91
	σ_{\min}	2,91	3,11	-5,09	1,51	1,01	1,11	1,11	0,81
5	σ_{\max}	-20,7	-22,4	-30,3	-14,1	-1,6	-5,8	-18,5	-11,8
	σ_{\min}	-34,7	-34,3	-39,5	-31,4	-51,8	-47,4	-45	-54,9
Режим «торможение»									
4	σ_{\max}	3,81	4,21	4,51	1,91	3,31	1,71	1,71	1,41
	σ_{\min}	3,51	3,91	4,01	0,51	0,71	0,11	0,01	0,31
5	σ_{\max}	-21,5	-21,9	-29,9	-4,7	2,6	-21,9	-18,9	-26,2
	σ_{\min}	-43,5	-28	-44,4	-35,5	-46,9	-54,1	-64	-64,5

Список литературы

- 1 **Борисов, С. В.** Прогнозирование остаточного ресурса и продление срока службы вагонов метрополитена : дис. ... канд. техн. наук / С. В. Борисов; ПГУПС. – СПб., 2006. – 168 с.
- 2 **Григорьев, П. С.** Прогнозирование остаточного ресурса рам промышленных тепловозов : дис. ... канд. техн. наук / П. С. Григорьев; МГУПС. – М., 2016. – 150 с.
- 3 Нормы для проектирования, расчета и оценки прочности и динамики механической части вагонов метрополитена колеи 1520 мм / СТО СДС ОПЖТ. – М., 2010. – 120 с.
- 4 О корректировке «Положения о продлении срока службы грузовых вагонов, курсирующих в международном сообщении» / Ю. П. Бороненко [и др.] // Евразия Вести. – 2012. – № X. – С. 13–14.

5 **Третьяков, А. В.** Управление индивидуальным ресурсом вагонов в эксплуатации : [моногр.] / А. В. Третьяков. – СПб. : ООО «Изд-во ОМ-Пресс», 2004. – 348 с.

6 **Boiko, A.** Assessment of remaining resource of tank wagons with expired life time: Summary of Doctoral Dissertation: Engineering sciences / A. Boiko; Riga Technical University. – Riga, 2013. – 39 p.

УДК 656.2

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСА ПОРОЖНИХ ВАГОНОВ (ЦИСТЕРН) В РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕЕ

Е. Г. ЛЕОНЕНКО, Н. П. БУЙНОВА

Красноярский институт железнодорожного транспорта, Российская Федерация

Процесс схода подвижного состава зависит от множества факторов, которые в их вероятном сочетании изучены еще не полностью. Многочисленные исследования сходов вагонов с рельсов в большей части основаны на анализе математических моделей пространственного движения по пути с различными характеристиками верхнего строения. При этом недостаточно изучены статистические данные, что не позволяет составить картину количественного анализа самого процесса схода колес с рельсов.

При выполнении анализа сходов порожних вагонов использованы материалы служебных расследований за 1996–2017 гг. на Красноярской и Восточно-Сибирской железных дорогах.

За рассматриваемый период на Красноярской и Восточно-Сибирской железных дорогах произошло более 67 случаев схода порожних вагонов. По материалам служебных расследований выявлено сложное положение с обеспечением безопасности в путевом хозяйстве. Из-за нарушения технологии производства путевых работ и ненадлежащего содержания сходы произошли в 49 % случаев нарушения безопасности движения поездов, 37 % по причине неисправности вагонов (неравномерный прокат, ненормативное состояние пятниковых узлов, скользунов и превышающая нормы величина суммарного зазора в скользунах по тележкам). Только в 14 % случаев из всех рассмотренных ответственность за сход возложена на машиниста электровоза, причиной таких сходов является применения неблагоприятных режимов ведения поезда и, как следствие, могут быть превышены показатели, определяющие устойчивость вагонов от всползания на головку рельса.

Анализируя причины сходов, видно, что большая часть сходов произошла в длинноставных порожних поездах (т.е. длина поезда составляет от 70 до 100 условных единиц с весом 1800–2500 т), преимущественно цистернах. В большинстве рассмотренных случаев сход произошел в последней трети поезда, т.е. это 70–85-е вагоны.

Начиная с 1996 г., к моменту завершения перевода пути на колею 1520 мм, возросло не только количество сходов, но и существенно изменился их характер. В 67 % случаев сходы произошли не наружу кривой, а внутрь. Именно изменившиеся условия взаимодействия пути и подвижного состава являются одной из основных причин участвовавших сходов внутрь кривой.

Анализ случаев схода подвижного состава за двадцать лет позволил выявить следующие моменты:

- в отличие от существующих представлений сход подвижного состава происходит не только наружу, но и внутрь кривых, причем процент сходов внутрь практически в два раза выше, чем наружу;

- большая часть сходов внутрь колеи происходит в кривых большого радиуса (800–1300 м), переходных кривых и прямых участках пути;

- в основном наблюдаются сходы внутрь колеи порожнего подвижного состава при скоростях 60–80 км/ч, при отсутствии видимых нарушений режимов ведения поезда и нормативных параметров содержания пути и подвижного состава.

Для продолжения работы по выявлению причин сходов подвижного состава и разработке мер по их предотвращению были выполнены исследования по определению величины и характера действия сил, от которых зависит устойчивость от всползания гребней колес экипажа на рельс при движения в кривых. Эта зависимость в первую очередь определяется горизонтальными поперечными усилиями и вертикальной нагрузкой на колесо при вписывании. Величина и направление дей-

ствия поперечных горизонтальных усилий со стороны рельсов на гребни колес определяется способом установки экипажа в кривой и параметрами пути и подвижного состава.

Особенность конструкции экипажной части цистерн и грузовых вагонов состоит в том, что колесные пары так называемых тележек жестко связаны между собой. Из-за отсутствия упругих поперечных связей в тележке колесные пары не имеют ни одной степени свободы в горизонтальной плоскости. Следовательно, рассматривать процесс вписывания следует для цистерны с жесткой базой 9,65 м между центрами осей крайних, а не для двух жестко связанных между собой колесных пар.

Для каждого из случаев схода построены математические модели вписывания, с учетом характеристик пути и подвижного состава, согласно материалам служебного расследования. Выполнены расчеты, и для каждого варианта построен динамический паспорт, на основании которого с учетом скорости схода определено положение, в котором находились вагон или цистерна, а также найдены значения продольных и поперечных сил, действующих на подвижную единицу в плоскости контакта колес и рельсов. В результате было выявлено, что в интервале скоростей от 5 до 80 км/ч кроме направляющего усилия со стороны наружного рельса на гребень первой по ходу колесной пары имеет место усилие, действующее на внутренний гребень последней по ходу колесной пары. Наличие этих усилий в течение всего процесса вписывания в кривую обеспечивает действие дополнительного момента, разворачивающего цистерну внутрь кривой. Значение направляющего усилия, действующего на гребень второй колесной пары, уменьшается с увеличением скорости движения при всех радиусах кривой, причем наибольшая величина действует в кривых малого радиуса.

По результатам расчетов выявлено существенное влияние зазора в рельсовой колее и возвышение наружного рельса на силы, действующие на вагон (цистерну) при движении в кривой. В отдельных случаях было установлено, что возвышение наружного рельса превышает комфортное (расчетное возвышение для пассажирских поездов), что в свою очередь может привести к раскачке и крену порожних вагонов.

В ряде случаев непогашенное ускорение приобрело отрицательное значение, что может привести к увеличению поперечного бокового усилия и вагон под его действием отклоняется не наружу, как это должно быть, а внутрь кривой.

Как показали расчеты, численные значения поперечных горизонтальных усилий, действующих в плоскости контакта колес и рельсов, малы и сами по себе никакой опасности не представляют при вписывании и схода вызвать не могут даже при положении наибольшего перекаса. Значит, причину следует искать в соотношении сил давления, действующих на колесо в точке контакта колеса и рельса и горизонтальных поперечных усилий.

Рама вагона опирается на тележку через четыре опоры (комплекта рессорного подвешивания) и представляет собой в отношении распределения нагрузок между опорами статически неопределимую систему. Поэтому при значительно различающейся жесткости отдельных упругих элементов, при неровностях пути и других причинах может иметь место существенное перераспределение нагрузок между колесами.

Большая часть сходов внутрь кривых большого радиуса приходится на прямые участки пути при входе, выходе цистерн из переходной кривой. В такие моменты экипаж находится в состоянии перекаса, при котором в соответствии с законами механики в зависимости от величины уклона разгружается наружное колесо первой по ходу колесной пары и догружается внутреннее колесо последней по ходу колесной пары. В итоге достаточно незначительного воздействия от вертикальной или горизонтальной неровности пути для схода колеса, т.е. его всползания на рельс.

Для предупреждения отрицательного воздействия на порожние вагоны перекаса необходимо свести к минимуму следующие отступления в содержании подвижного состава и пути:

- допустимый зазор по скользящим в эксплуатации (4–14 мм для тележки) необходимо поддерживать также и по диагоналям рамы вагона. Это особенно важно для порожних цистерн и грузовых вагонов из-за малой подрессоренной массы, длинной жесткой базы;

- не допускать превышения возвышения наружного рельса над расчетными значениями, обеспечивающими безопасность движения пассажирских поездов, чтобы исключить вписывание порожних вагонов с большой жесткой базой в положении наибольшего перекаса.

- не допускать даже частичного излома витков пружин упругого подвешивания цистерн и вагонов.

Совпадение перечисленных моментов при движении порожнего подвижного состава в условиях вписывания приводит к сходу порожних вагонов и цистерн внутрь колеи, а также к значительному уменьшению коэффициента безопасности.

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ МАЛОГАБАРИТНОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

В. А. ЛОДНЯ, В. А. СТАЛЬМАКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В современных условиях на железнодорожном транспорте, ряде промышленных предприятий, в особенности лесозаготовительных и торфодобывающих комплексов, существует потребность в использовании малогабаритных рельсовых транспортных средств для перевозки обслуживающего персонала различных служб: перемещения работников службы пути при осмотре железнодорожного полотна; работников дистанции сигнализации и связи к местам проведения технического обслуживания и ремонта устройств сигнализации и связи; бригады пункта технического обслуживания к местам аварий или крушений подвижного состава. Особенностью сетей железных дорог промышленных предприятий торфодобывающих и лесозаготовительных предприятий является их достаточная протяженность. Большинство работ производится в полях и для доставки работников (водителей, машинистов бульдозеров) от предприятия к технике используются тепловоз, иногда в сцепке с вагоном. Это приводит к чрезмерно большому расходу дизельного топлива на единицу работы, особенно если учесть, что данный поезд следует обратно на предприятие порожним, т. е. без пассажиров. Помимо перевозки людей данное транспортное средство может быть использовано для перевозки малоразмерных грузов. Под малоразмерными грузами стоит понимать грузы небольших габаритов и обладающие небольшой массой. Примерами таких грузов могут служить: механизированный инструмент, дизельные и бензиновые генераторы, шпалы, приводы стрелочных переводов, детали и узлы машин и механизмов, а также многое другое. В особых условиях дрезина может использоваться для доставки продуктов питания в отдаленные населенные пункты, доставки аварийно-спасательных бригад к местам происшествий.

Учитывая вышесказанное, можно выделить основную концепцию проектируемого малогабаритного транспортного средства:

1 Транспортное средство должно быть механизированным, т.е. на нем должен быть установлен силовой привод и комплект тяговой передачи для приведения в движения транспортного средства. Силовой привод может быть представлен двигателем внутреннего сгорания (дизельным или бензиновым) или в качестве привода может быть использован электродвигатель. В случае использования электродвигательного привода транспортное средство должно быть автономным, т.е. источник питания, например аккумуляторная батарея, должны находиться на дрезине. Силовой привод должен быть прост и экономичен в эксплуатации.

2 Проектируемое транспортное средство может быть произведено для широкой (1520 мм) и узкой (750 мм) колеи. В первую очередь это связано с тем, что большинство промышленных предприятий использует узкую колею.

3 Для увеличения номенклатур перевозимых грузов и их массы, перевозки большего количества человек, длинномерных грузов возможно создание немеханизированных прицепов, которые могут быть грузовыми, пассажирскими и универсальными.

4 Дрезина должна быть снабжена устройствами, обеспечивающими безопасность движения, сохранность жизней передвигающихся на ней работников и перевозимого груза. Обязательным элементом являются тормозные устройства. Для предотвращения получения увечий и травм перевозимых людей все вращающиеся части (карданные и цепные передачи, колеса и оси колесных пар) должны быть закрыты от попадания в них частей тела или одежды, транспортное средство должно быть снабжено поручнями для предотвращения выпадения людей при движении. Для грузового варианта необходимо предусмотреть места крепления грузов. Немаловажным является наличие путеочистителей, которые не допускают попадание посторонних предметов под колеса во время движения дрезины и снижают риск схода транспортного средства.

5 В условиях рыночной экономики одним из важнейших параметров является себестоимость изготовления. Данное транспортное средство должно быть простым для изготовления, сборки, эксплуатации и ремонта. По возможности должны быть использованы стандартные изделия: стандартные профили, метизная продукция. Наиболее ответственными узлами, напрямую влияющими на безопасность движения, являются колесные пары. Параметры колесных пар должны контролиро-

ваться как при изготовлении, так и при эксплуатационно-ремонтных мероприятиях. Одним из способов снижения стоимости изготовления – уменьшение металлоемкости. Возможность создания и сборки дрезины должно быть практически на любом машиностроительном предприятии.

6 Возможность использовать силового привода дрезины для привода различного инженерного оборудования: генератора (для использования в качестве передвижной электростанции), насосного оборудования, компрессорной станции, механизированного инструмента и т.д.

Цифровая модель проектируемого транспортного средства представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Проектируемое транспортное средство

Для сокращения времени конструирования и оптимизации конструкции транспортного средства использована современная технология САД моделирования. Создание цифровой модели транспортного средства осуществлялось с применением пакета Autodesk Inventor. Для последующего инженерного анализа отдельных узлов и механизмов, а также транспортного средства в целом использован пакет инженерного анализа Ansys.

Максимальное количество перевозимого груза или количества человек в первую очередь определяется силовым агрегатом. В качестве силового привода применен малогабаритный дизельный двигатель. Выбор в пользу дизельного двигателя очевиден – в качестве топлива ему необходимо дизельное топливо, которое также используется на тепловозах железной дороги.

Для увеличения автономного хода на транспортном средстве имеются места для установки на них емкостей с топливом. Максимальное количество перевозимых человек на одной дрезине – шесть. Освоение выпуска предлагаемого транспортного средства возможно на любом промышленном предприятии или на линейном предприятии железной дороги, при минимальной металлоемкости и себестоимости изготовления. Дрезина может изготавливаться в двух вариантах: для широкой и узкой колеи в пассажирском, грузовом и универсальном исполнении. Предлагаемый вариант конструкции дрезины не является окончательным, а лишь основой для дальнейшего инженерного анализа и последующей модернизации.

Предлагаемое перспективное малогабаритное транспортное средство может быть использовано для перевозки обслуживающего персонала железных дорог и малоразмерных грузов.

УДК 658.3:656.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ РАССТАНОВКИ ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ПОТРЕБНОСТИ В РЕМОНТНОМ ОБОРУДОВАНИИ

А. А. МАРКАВЦОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Оснащение участков железных дорог приборами и системами технической диагностики предопределяет совместное использование устройств непрерывного и периодического контроля техни-

ческого состояния ходовой части вагонов и локомотивов. Для этого на Белорусской железной дороге широко используются многофункциональные комплексы технических средств контроля подвижного состава на ходу поезда типа КТСМ-01, КТСМ-01Д и КТСМ-02. С их помощью в поезде определяются перегретые буксы вагонов и другие неисправности.

Необходимое количество комплексов КТСМ-01Д и КТСМ-02 для участка железной дороги можно определить по динамике нагрева аварийной буксы в процессе движения поезда. Излом перегретой шейки оси колесной пары происходит при температуре 800...850 °С. Зная средний темп нагрева подшипников и установленное значение температуры настройки аппаратуры обнаружения перегретых букс, можно вычислить расстояние между пунктами контроля. При нагрузке на ось колесной пары 200–215 кН максимальный усредненный темп нагрева подшипника до излома равен 15 °С/мин. При существующих температурах настройки аппаратуры (не более 90...120 °С) максимальное расстояние не должно быть более 45–50 км. С увеличением нагрузки на ось (до 225–235 кН) темп нагрева подшипников значительно увеличивается и расстояние между пунктами контроля необходимо сократить до 30–35 км [1]. Предложенная методика позволяет, исходя из длины участка железной дороги, подлежащего оснащению аппаратурой контроля буксовых узлов, определять потребность в периферийных средствах диагностики. Вместе с тем кроме теплового контроля буксовых узлов и дефектов колес по кругу катания на ходу поезда необходим контроль технического состояния других узлов ходовой части вагонов.

Рассматривая номенклатуру контролируемых параметров подвижного состава и перспективные направления развития контрольно-диагностического оборудования, можно определять потребность в его количестве. Существует определенный норматив безотказной работы подвижного состава, определяющий допустимую норму отказа. Для того чтобы эта норма соблюдалась при заданном времени безотказной работы, необходимо вводить промежуточный контроль через определенные интервалы времени. Используя статистические данные, можно вычислить эти интервалы между соседними процедурами осмотра подвижного состава. В этом случае подключаются экономические факторы, в частности, время простоя поезда t_k , необходимое для проведения текущего контроля. Если удельная стоимость простоя $C_{пр,уд}$, руб./ч, известна, то можно оценить цену простоя на контроле:

$$C_{пр} = C_{пр,уд} t_k \quad (1)$$

Если применить более оперативное средство контроля, снижающее время простоя поезда t_k на время Δt_k , то достигаемый экономический эффект равен $\mathcal{E}_к = C_{пр,уд} \Delta t_k$. Что в переводе на контроль N_t единиц подвижного состава дает

$$\mathcal{E}_{кт} = N_t \mathcal{E}_к = N_t C_{пр,уд} \Delta t_k \quad (2)$$

Выражение (2) дает основание для выбора более совершенного (но более дорогостоящего) оборудования.

Рассмотрим вопрос насыщения железнодорожных предприятий технологическим контрольно-диагностическим оборудованием. Нормативной документацией предусмотрено три вида работ: технические осмотры (ТО), текущие ремонты (ТР) и капитальные ремонты (КР). При этом на время проведения ТР или КР подвижная единица изымается из оборота, а ТО выполняется в пределах графика движения во время стоянок или при формировании поездов [2]. Целесообразность применения технических средств контроля во время ТО диктуется, прежде всего, требованиями безопасности движения и безостановочной работы транспортного конвейера. В пунктах остановок необходимо иметь средства первичного технического контроля ответственных узлов подвижного состава, которые сокращают процедуру контроля и повышают его достоверность (например, бесконтактные измерители температуры «Кельвин»). Необходимое количество $N_{кп}$ таких приборов определится выражением

$$N_{кп} = N_{по} n_o \quad (3)$$

где $N_{по}$ – количество пунктов осмотра; n_o – число осмотровиков на этом пункте.

Аналогично можно определить потребное количество другого контрольно-диагностического оборудования. Если время поезда в пути равно T_d , то число пунктов контроля за время его движения $N_{пк}$ определится формулой

$$N_{пк} = T_d / T_k \quad (4)$$

Из выражения (4) можно определить минимальное количество средств технического контроля и диагностики $N_{\text{тдк}}$ для обеспечения технологии обслуживания подвижного состава:

$$N_{\text{тдк}} > SN_{\text{пк}}, \quad (5)$$

где S – минимально необходимый комплект контрольно-диагностического оборудования на пункте осмотра, гарантированно обеспечивающий следование подвижного состава на закрепленном участке.

Оценка реального оснащения пунктов технического осмотра ПТО и ПКТО контрольно-диагностическим оборудованием основана на сведениях о средствах технического контроля и диагностирования по типам узлов и элементов подвижного состава, подлежащих диагностированию и по количеству диагностируемых узлов.

Список литературы

1 **Трестман, Е. Е.** Автоматизация контроля буксовых узлов в поездах / Е. Е. Трестман, С. Н. Лозинский, В. Л. Образцов. – М. : Транспорт, 1983. – 352 с.

2 **Наговицын, В. С.** Системы диагностики железнодорожного подвижного состава на основе информационных технологий / В. С. Наговицын. – М. : ВИНТИ РАН, 2004. – 248 с.

УДК 656.212.5

ВНЕДРЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

А. А. МАРКАВЦОВ, В. В. БУРЧЕНКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время целый ряд развитых железных дорог уделяет повышенное внимание технологиям мониторинга, основанным на распределенных виртуальных акустических датчиках в оптоволоконной сети. Применение технических решений на основе волоконной брэгговской решетки подтвердило принципиальную пригодность оптоволоконных технологий для обнаружения прохода колес подвижного состава. Технология FBG предусматривает формирование в оптоволоконной сети посредством лазерного источника сигналов периодической структуры, обладающей свойствами отражателя для импульсов определенной длины волны. В волоконно-оптической кабеле передаются световые импульсы высокой частоты с последующей оценкой отраженного сигнала. Эта технология может применяться в различных приложениях на железнодорожном транспорте, в том числе для измерения скорости, взвешивания вагонов в движении, для выявления сходов подвижного состава, выявления дефектов колес и трещин в рельсах, а также для мониторинга технического состояния отдельных вагонов.

Принцип распределенного акустического зондирования DAZ основан на выявлении изменений в отражениях световых сигналов, посылаемых в кабель лазером. Эти изменения обусловлены воздействием на кабель внешних акустических сигналов низкой частоты. Когерентные световые импульсы заданной частоты посылаются лазером в одномодовое волокно и частично отражаются под действием естественных внешних факторов. При этом волокно преобразуется, фактически, в набор виртуальных микрофонов. Интенсивность отраженного сигнала зависит от времени, прошедшего с момента отправки импульса, что позволяет сделать выводы о физических изменениях в определенных участках оптического волокна. Эти изменения могут быть обусловлены корпусным шумом и 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. Если использовать уже уложенный вблизи от железнодорожной структуры волоконно-оптический кабель, появляется возможность слежения за движением поездов, мониторинга пути и технического состояния подвижного состава.

На основе технологии DAZ фирмой Frauscher Sensortechnik GmbH (AUSTRIA) разработана система акустического зондирования FTS, внедряемая в опытную эксплуатацию на участке Дубравы – Молодечно – Сморгонь Белорусской железной дороги. Структурная схема FTS состоит из оптоволоконного кабеля (Optical Fibre), уложенного вдоль пути (Track); оптического блока (OPTI unit),

посылающего лазерные импульсы в оптоволокно и измеряющего интенсивность обратного рассеяния; блока обработка (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).

На опытном участке железной дороги оптоволоконный кабель уложен в землю, в качестве акустического датчика будет использоваться свободный световод кабеля. Постовое оборудование системы FTS установлено на станции Молодечно в дистанции сигнализации и связи, а три автоматизированные рабочие места АРМа будут установлены, соответственно, в Молодечненской дистанции пути, Доме связи станции Молодечно и Конструкторско-техническом центре КТЦ Бел. ж. д.

В процессе испытаний и наладки осуществляется конфигурирование системы, проверка и регулировка основных функций и контролируемых параметров. Для этих целей в блок обработки загружена версия программного обеспечения (5.3.4). В режиме мониторинга технического состояния устройств проверяется контроль излома/дефекта рельсов, контроль излома оси, осевой шейки или колеса, контроль дефектов поверхности катания колес подвижного состава. Регистрируется контроль местоположения поездов с измерением скорости и направления движения поездов, а также длины подвижного состава. Для обеспечения защиты инфраструктуры и персонала предусмотрен контроль несанкционированного доступа к напольным объектам: вскрытие путевых коробок, муфт, шкафов, кабельных колодцев, постов КТСМ и пр. (до двух метров от кабеля). Система сконфигурирована для удаленного доступа, что позволяет существенно интенсифицировать пусконаладочные работы, в том числе для модификации программных продуктов. Произведен сбор данных для геологической калибровки с целью сегментирования оптико-волоконного кабеля по расположению станций на данном участке железной дороги.

В результате испытаний продемонстрировано обнаружение дефектов колес и рельсов на мониторе прикладного блока, полученные скриншоты показали типичные сигнатуры поездов, следующих по участку, а также очень четко выраженный акустический след ползуна на поверхности катания колеса. Произведена запись данных системы FTS для сравнения с данными, зарегистрированными вибрационным датчиком прохода колес. Начаты работы по настройке функций обнаружения дефектов подвижного состава для выдачи сигналов тревоги и статистической обработки результатов мониторинга.

Следует отметить, что доступные в настоящее время на рынке системы DAZ не обеспечивают выполнение в полной мере действующих в железнодорожной отрасли стандартов, связанных с безопасностью движения поездов. Непосредственное сравнение систем на основе DAZ и технических решений на базе счетчиков осей подвижного состава демонстрирует определенные ограничения DAZ, касающиеся точного определения координат происшествий.

В заключение можно отметить, что возможности применения технологии DAZ на железнодорожном транспорте выходят далеко за рамки рассмотренных технических решений, хотя и они открывают широкие перспективы для роста эффективности контроля инфраструктуры путевого развития и подвижного состава. В ближайшем будущем можно ожидать существенного прогресса в развитии прикладных систем на основе этой технологии.

УДК 629.4.015

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЕ MSC.ADAMS

Д. М. МАРЧЕНКО

Новозыбковский машиностроительный завод, Российская Федерация

В середине 50-х гг. XX века на смену грузовым железнодорожным тележкам МТ-44 и МТ-50 пришли новые тележки ЦНИИ-ХЗ-О, в настоящее время более известные как тележки модели 18-100. И несмотря на ряд недостатков, они до сих пор являются наиболее распространенными на постсоветской территории. Несовершенство данной тележки связано с излишней жесткостью рессорного подвешивания. Это особенно ярко проявляется при движении порожних вагонов, когда статический прогиб рессор составляет всего 8 мм, а подвеска фактически не работает. Большой статический прогиб рессорного

повешивания имеет груженный вагон – от 46 до 50 мм. Однако и в этом случае тележка 18-100 не может похвастаться хорошими динамическими показателями – из-за конструкции фрикционных гасителей колебаний, которые отличаются значительным разбросом своих реальных характеристик демпфирования по сравнению с расчетными параметрами. Из-за этого недостатка рессорный комплект полностью выключается из работы на скоростях до 60–70 км/ч, что крайне негативно сказывается как на самом вагоне с тележками, так и на верхнем строении железнодорожного пути. Кроме этого фрикционные клинья недостаточно хорошо гасят боковые колебания. Еще одним недостатком трёхэлементной тележки 18-100 является забегание боковых рам, которое может достигать 15–20 мм. Оно возникает вследствие недостаточной жесткости соединения надрессорной балки с боковыми рамами. Из-за забегания возникает влияние тележки, её элементы несут дополнительную нагрузку, а вагон теряет плавность хода. В частности, это приводит к перекосам подшипников, что значительно сокращает их срок службы.

Некоторые недостатки тележки 18-100 были устранены в тележках 18-194-1, разработанных Уралвагонзаводом в рамках «Комплексной программы реорганизации и развития отечественного локомотиво- и вагоностроения, организации ремонта и эксплуатации пассажирского и грузового подвижного состава на период 2001–2010 гг.». В тележках 18-194-1 используется рессорное подвешивание с билинейными характеристиками, фрикционные клинья увеличенной ширины, буксы кассетного типа с эластичными адаптерами, скользуны постоянного контакта. Зоны контакта фрикционных клиньев упрочнены наплавкой и позволяют без ремонта выдерживать пробег до 500 тыс. км. Тележка 18-194-1 с увеличенной осевой нагрузкой 245 кН оказывает на путь примерно такое же динамическое воздействие, как тележка 18-100 с осевой нагрузкой 230 кН.

Также в эксплуатацию начали вводиться тележки моделей 18-9810, 18-9855 типа Barber S-2-R, которые были разработаны совместно с американской компанией Standard Car Truck. Эти тележки имеют все преимущества тележек 18-194-1, к тому же отличаются большим статическим прогибом, наличием рессорного подвешивания с девятью парами более тонких пружин и составными фрикционными клиньями, что также благоприятно сказывается на их динамических характеристиках.

В отличие от отечественных и американских литых трехэлементных грузовых тележек, наибольшее распространение в Европе получили одноэлементные тележки семейства Y25. Они базируются на штампованной H-образной раме и имеют одноступенчатое буксовое рессорное подвешивание с фрикционным гашением колебаний. Однако они имеют меньшую осевую нагрузку и без серьезных изменений не применимы для колеи 1520 мм.

С целью определения наиболее рациональных путей совершенствования ходовых качеств вагонных тележек нами поставлена задача по разработке их виртуальных моделей в среде программной системы MSC.ADAMS, которая длительное время используется в автомобилестроении и авиации. Общий порядок такого моделирования представляет собой разработку твердотельных моделей отдельных составных элементов тележки, их взаимное позиционирование и наложение между ними взаимосвязей, описывающих реальное взаимодействие этих частей. Затем в модель добавляются кузов вагона или силы, его заменяющие, а также рельсы железнодорожного пути и определяется контакт между ними и колёсными парами тележки. На последней стадии задается движущая сила или момент, а также подключаются датчики для отображения интересующих нас параметров.

Для выполнения расчета пакету MSC.ADAMS необходимы следующие сведения о частях модели: масса, положение маркера центра массы и моменты инерции относительно осей X, Y, Z. Эти характеристики частей, которые в MSC.ADAMS называются «Part», программа может получить самостоятельно, исходя из геометрии детали и заданного материала или его плотности. Однако в некоторых случаях построение точной формы деталей является слишком трудоемкой задачей; тогда строится упрощенная модель, которой вручную присваиваются упомянутые выше характеристики.

В грузовой тележке самыми сложными для построения элементами являются боковая рама, надрессорная балка, клин и корпус буксы. Их можно частично упростить, но для корректного расчета контактного взаимодействия пакету MSC.ADAMS необходимо точно указать форму зон, способных взаимодействовать друг с другом. Наличие в модели частей, переполненных множеством элементов сложной геометрической формы, в свою очередь, может привести к некоторому замедлению вычислений из-за необходимости на каждом шагу искать места взаимодействия с другими деталями. Эта проблема была решена через разделение крупных частей на тела («SOLID»). При таком подходе масса и инерционные свойства частей сохраняются, тела внутри частей остаются неподвижными, а поиск контактных взаимодействий осуществляется для конкретных тел различных частей, без учета остальных тел.

Также для ускорения выполнения моделирования целесообразно уменьшить количество частей, имеющих собственную массу и моменты инерции. Так, например, боковая рама тележки 18-100 является сборочной единицей, включающей в себя собственно литую раму боковую, по две скобы, втулки и планки фрикционные, а также восемь заклёпок. Если заклёпки и втулки можно вообще исключить из расчёта, то скобы и планки фрикционные непосредственно входят в контакт с корпусами букс и планками контактными. В то же время они являются неподвижными по отношению к боковой раме, поэтому при построении модели их лучше добавить в качестве тел в боковую раму. В этом случае для каждой боковой рамы число частей уменьшается с пяти до одной, и исчезает потребность в четырех фиксированных соединениях.

Еще одной важной частью при моделировании трёхэлементной тележки является её рессорный комплект. Поскольку пружины рессорного комплекта тележки относительно короткие, при 249 мм длины наружная пружина имеет внешний диаметр 200 мм, а внутренняя – 132 мм, то они имеют значительную поперечную жесткость, которую необходимо учитывать. Нами путем аппроксимации для тележки 18-100 получена нелинейная зависимость коэффициента боковой жесткости для пары из наружной и внутренней пружин от высоты пружины в данный момент. Отметим, что при моделировании движения тележки со скоростью 18 м/с в кривой радиусом 600 м боковая сила на каждой паре пружин достигала 3,5 кН, что вызывало поперечное смещение концов пружин до 11 мм.

К особенностям моделирования динамики тележек в MSC.ADAMS следует отнести невозможность построения железнодорожного пути длиной более 1000 м. Также есть ограничение на длину рельсов, т.к. моменты сопротивления по осям для части не могут отличаться более чем на 4 порядка. В случае, когда длина одиночного рельса Р65 превышает 33 м, программа выводит предупреждение о возможной неточности расчета. Для обхода этого ограничения в части, содержащие тело «рельс», были добавлены прямоугольные призмы, которые не учитывались при расчете контактного взаимодействия колёсных пар с рельсами, но позволяли увеличить их длину до 497 м. Это, в свою очередь, дало возможность значительно сократить число контактов колесо – рельс, по сравнению с одиночными 33-метровыми рельсами. Еще одним ограничением программы MSC.ADAMS является размер файла базы данных, который не должен превышать 2 Гб. При слишком длительном расчете тележки с множеством измерителей размер файла может превысить максимально допустимый, и тогда сохранение базы данных станет невозможным, однако останется возможность сохранить графики и значения, полученные в ходе моделирования, в табличной форме.

В результате разработки в MSC.ADAMS модели полувагона на тележках 18-100 на участке пути, содержащем прямую с неровностями и кривую радиусом 600 м, получены данные о поведении тележки с номинальными чертёжными размерами для случаев груженых и порожних вагонов. Разработанная модель позволяет осуществить изменение параметров тележки и сравнить полученные результаты с её исходными характеристиками.

Таким образом, выполненная работа продемонстрировала возможности применения пакета MSC.ADAMS для виртуальных экспериментов по совершенствованию ходовых качеств тележек. При этом сокращаются затраты на изготовление физических моделей и опытных образцов, а также уменьшается время, необходимое для разработки новых тележек или модернизации существующих.

УДК 629.463.001.18

О СОСТОЯНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В ВАГОННОМ ХОЗЯЙСТВЕ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

А. Ф. МОРСКОЙ, Н. П. УЛАЩИК
Белорусская железная дорога, г. Минск

Е. П. ГУРСКИЙ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Повышение безопасности движения поездов является на сегодняшний день важной составляющей эффективной работы и развития железнодорожного транспорта. На железных дорогах безопасность движения поездов обеспечивается путем осуществления комплекса профилактических мер,

включающих кадровую, организационную, технологическую и техническую составляющие. Реализация мероприятий по организации планово-предупредительной системы обеспечения безопасности движения поездов и ремонтных программ в хозяйствах Белорусской железной дороги позволяет удовлетворить потребности в пассажирских и грузовых перевозках и сохранить материальную базу организаций Белорусской железной дороги в состоянии, удовлетворяющем условиям безопасности движения поездов. В то же время многие вопросы, связанные с укреплением трудовой и технологической дисциплины, соблюдением правил эксплуатации, ремонта и содержания технических средств остаются до конца нерешенными.

Основными видами событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, допущенных за последние десять лет, явились случаи:

- повреждения или отказа локомотива, моторвагонного подвижного состава, вызвавшие вынужденную остановку пассажирского поезда на перегоне или промежуточной железнодорожной станции, если дальнейшее движение поезда продолжено с помощью вспомогательного локомотива;
- неисправности технических средств, в результате которых допущена задержка поезда сверх времени, установленного графиком движения, на один час и более;
- столкновения, схода железнодорожного подвижного состава при маневрах, экипировке и других передвижениях;
- отцепки вагона от грузового поезда в пути следования по технической неисправности.

Количество событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, а также отказов технических средств по вагонным депо Белорусской железной дороги за последние 5 лет приведено в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Количество событий, связанных с нарушением правил безопасности движения за 2013–2017 гг.

	2013	2014	2015	2016	2017	Всего
ВЧД	2	11	3	4	6	26
«В» других дорог	11	14	13	13	14	65
Всего по БЧ	13	25	16	17	20	91

Таблица 2 – Количество событий, связанных с отказами технических средств за 2013–2017 гг.

2013	2014	2015	2016	2017	Всего
378	363	371	299	280	1691

За последние 5 лет по вине вагонных депо Белорусской железной дороги сорван график 903 поездов. По вине других железнодорожных администраций допущено 1455 задержек поездов (таблица 3).

Таблица 3 – Количество событий, связанных с задержками поездов за 2013–2017 гг.

	2013	2014	2015	2016	2017
ВЧД	282	139	167	158	157
«В» других дорог	502	393	173	220	167
Всего по БЧ	785	775	633	752	856

Основными недостатками, выявленными в вагонных депо при проверках и проведении разборов случаев задержек поездов, явились:

- несвоевременная переработка технологических процессов и внесение в них изменений и дополнений;
- несвоевременное ознакомление работников ПТО, связанных с обеспечением безопасности движения поездов, с приказами и телеграммами, поступающими из Управления и отделений Белорусской железной дороги;
- несвоевременное пополнение стеллажного хозяйства неснижаемым запасом запасных частей и материалов.

При проверке работы цехов эксплуатации вагонных депо выявлялось несвоевременное внедрение в действие разработанных новых технологических процессов и дополнений к ним.

Стеллажное хозяйство вагонных депо не всегда укомплектовано в соответствии с перечнем неснижаемого запаса, ряд деталей, предназначенных для установки на вагон, имеют истекший срок.

В период с 2013 по 2017 гг. на Белорусской железной дороге по причине повышенного нагрева буксовых узлов отцеплено в текущий отцепочный ремонт 3861 вагонов. Из них в 507 случаях ремонт колесных пар производился на предприятиях вагонного хозяйства Белорусской железной дороги. В процессе расследования причин повышенного нагрева подтвержденными оказались 3004 случаев отцепок (выявлены отклонения от технологии ремонта), из которых 169 отнесены за вагонами депо Белорусской железной дороги.

Причинами повышенного нагрева буксовых узлов, отремонтированных в вагонных депо Белорусской железной дороги, явились:

- задиры, раковины, надиры типа «елочка» на деталях буксового узла – 53 случая;
- обводнение смазки – 64 случая;
- ослабление торцевого крепления – 9 случаев;
- неисправность сепаратора подшипника – 3 случая;
- избыток или недостаток смазки – 22 случая;
- излом, трещина упорного кольца – 7 случаев;
- металлические включения в смазке – 3 случая;
- радиальный зазор парных подшипников не в пределах нормы – 1 случай;
- геометрические параметры роликов не в пределах нормы – 7 случаев.

Исходя из анализа, причинами некачественного ремонта буксовых узлов явились:

- неудовлетворительный визуальный и неразрушающий контроль подшипников, некачественная подготовка и ремонт деталей буксового узла, лабиринтных и внутренних колец подшипников;
- причины возникновения обводнения смазки, а именно некачественный ремонт крепительных и смотровых крышек, применение резиновых уплотнений бывших в употреблении;
- ослабление торцевого крепления, возникающее из-за неудовлетворительной затяжки болтов М20*60 или гайки М110 и некачественного контроля состояния деталей торцевого крепления;
- некачественный ремонт и комплектация подшипников.

Для повышения качества ремонта колесных пар необходимо:

- 1) усилить контроль со стороны работников ИТР (мастера, приемщики) за соблюдением технологии ремонта колесных пар;
- 2) установить персональную ответственность исполнителей на каждом этапе выполнения операций технологического процесса путем ежедневного ведения журнала свободной формы с росписью работников за выполненные работы;
- 3) уделить особое внимание качеству подготовки деталей к монтажу буксового узла (ремонт, степень зачистки, применяемые материалы);
- 4) обеспечить качество очистки (обмывки) деталей до ремонта и после;
- 5) исключить формальность при проведении технических занятий.

В 2017 на Белорусской железной дороге по вагонному хозяйству допущены 402 задержки поездов (48 %) из-за срабатывания датчика контроля целостности тормозной магистрали, в 23 случаях из-за некачественного технического обслуживания и ремонта, 15 случаев по причине некачественного технического обслуживания и ремонта вагонов на других железнодорожных администрациях, 89 (11 %) задержек из-за неотпуска тормоза в вагоне.

Проверки, проводимые специалистами причастных служб Управления Белорусской железной дороги, выявляют систематические нарушения технологии ремонта автотормозного оборудования:

- операции по подготовке наружной поверхности труб тормозной магистрали перед монтажом безрезьбовых соединений (изготовление наружных фасок и шлифовка поверхности) выполняются вместо специализированных оправок вручную;
- на рабочих позициях не в полном объеме представлены выписки из технологического процесса по монтажу безрезьбовых соединений тормозной магистрали и подводящего воздухопровода;
- при ремонте магистральных и главных частей воздухораспределителя грузового типа производится обезличивание деталей и узлов, т.е. не обеспечивается при сборке приборов установка в них деталей, которые стояли до разборки;
- на рабочем месте по ремонту рабочих камер воздухораспределителей грузового типа не организован контроль размера посадочного места под фильтр;
- нарушаются требования Руководства по ремонту клапанов воздухораспределителей.

Вышеуказанные неисправности напрямую приводят к самопроизвольному срабатыванию автотормозов в пути следования грузового поезда. Данное положение дел связано с недостаточным ко-

личеством запасных частей, которые необходимо устанавливать при ремонте, и является следствием упущения в работе со стороны работников вагонного депо, которые вовремя не учли при закупке требуемое количество запасных деталей с учетом объемов ремонта.

Такая ситуация не может гарантировать безотказную работу автотормозного оборудования в межремонтный период и безопасность движения в целом. В результате указанных нарушений со стороны исполнителей и отсутствия контроля со стороны руководящего состава приводят к задержкам грузовых и пассажирских поездов, отправок вагонов в составах грузовых поездов на сошедшие ПТО с выключенными тормозами.

Таким образом, для повышения безопасности движения поездов в вагонном хозяйстве необходимо продолжить работы по следующим направлениям:

- обеспечению безопасности движения поездов и охраны труда работников;
- повышению ответственности и требовательности командно-инструкторского состава вагонных депо за соблюдением безопасности движения поездов и проведению качественного ремонта вагонов;
- оснащению вагонных депо современными диагностическими системами контроля узлов и деталей железнодорожного подвижного состава;
- снижению количества возврата технически неисправных вагонов с других железнодорожных администраций;
- недопущению приема на Белорусскую железную дорогу и следования в поездах технически неисправных вагонов.

УДК 539.3.629.4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОГЛОЩАЮЩЕГО АППАРАТА ПМКП-110

*А. Анд. ОЛЬШЕВСКИЙ, А. Ал. ОЛЬШЕВСКИЙ, С. В. ИНШАКОВА, А. А. СКРОБОВА
Брянский государственный технический университет, Российская Федерация*

Моделирование маневровых соударений является одним из важнейших этапов оценки эффективности поглощающих аппаратов, прочности элементов кузова и крепления груза. При компьютерном моделировании соударений используются расчетные схемы с разной степенью детализации (двухмассовые, многомассовые, модели МКЭ), однако важнейшим ее элементом остается модель амортизирующих устройств – поглощающих аппаратов. Конструкция одного из наиболее распространенных современных аппаратов ПМКП-110 приведена на рисунке 1, а.

Математическая модель такого аппарата, построенная из рассмотрения фрикционной системы аппарата как набора абсолютно жестких тел общеизвестна. Недостатком ее является существенная зависимость силы от знака скорости, что делает ее разрывной (рисунок 1, б). При наличии значительных масс (как в двухмассовой модели вагона) скачки сил естественным путем гасятся за счет сил инерции большой массы, однако в паре с конечно-элементными моделями вагонов решение динамической задачи приводит к возникновению автоколебаний.

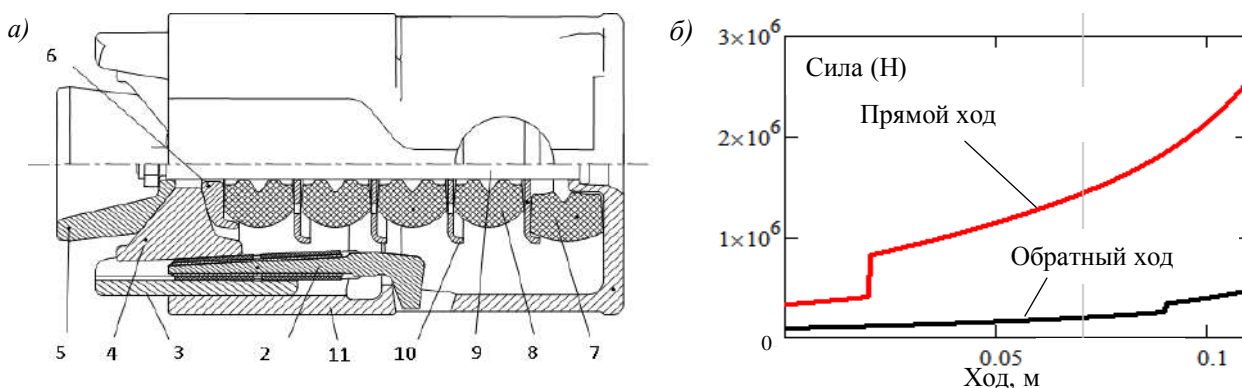


Рисунок 1 – Поглощающий аппарат ПМКП-110 и его силовая характеристика

Ранее было предпринято несколько попыток улучшения модели такого аппарата. Расчет аппарата как системы упругих тел с учетом их контактного взаимодействия показал, что деформации корпуса являются значительными (до 1,3 мм), и за счет деформаций корпуса переход с прямого хода на обратный требует изменения хода нажимного конуса на величину до 1,5 мм. Это позволило избежать разрывов в характеристике. Кроме того, было учтено, что при любых изменениях хода аппарата происходит взаимное смещение деталей клиновой системы рассеивание энергии за счет работы сил трения. Это позволило построить математическую модель аппарата, которая хорошо зарекомендовала себя при моделировании.

Однако хотелось построить модель, которая бы учитывала физику происходящих процессов при увеличенном числе степеней свободы системы за счет деформаций корпуса. Мы попытались рассмотреть, как изменяются силы взаимодействия всех деталей клиновой системы (детали 4–6) при изменении величины хода и направления движения. Как оказалось, деформации корпуса не оказывают существенного влияния ни на прямой ход, ни на обратный, поскольку геометрические параметры (угол клина в неподвижной пластине 2) обеспечивают большую величину поперечного перемещения клина, чем упругие деформации корпуса. Однако в момент смены направления движения задача становится неоднозначной, и существует несколько возможных относительных движений деталей клиновой системы. Для решения этой проблемы была создана упрощенная модель клиновой системы аппарата в ПК «Универсальный механизм»*. Она включает полимерный блок (упругий элемент), три тела клиновой системы и подвижную стенку корпуса с упругими элементами, моделирующими ее деформации при давлении клина (рисунок 2).

Моделирование различных схем движений аппарата показало, что переходные процессы протекают существенно сложнее, и существует схема сил взаимодействия между телами, которая никогда ранее не рассматривалась и которая существенно влияет на силовую характеристику при ударе. Пример такой характеристики, полученной в ПК «Универсальный механизм», приведен на рисунке 3.

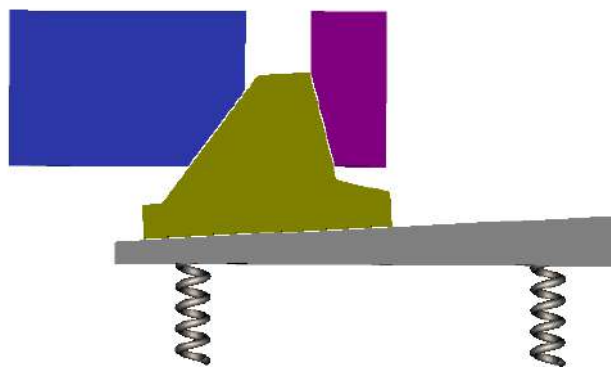


Рисунок 2 – Модель аппарата в ПК «Универсальный механизм»

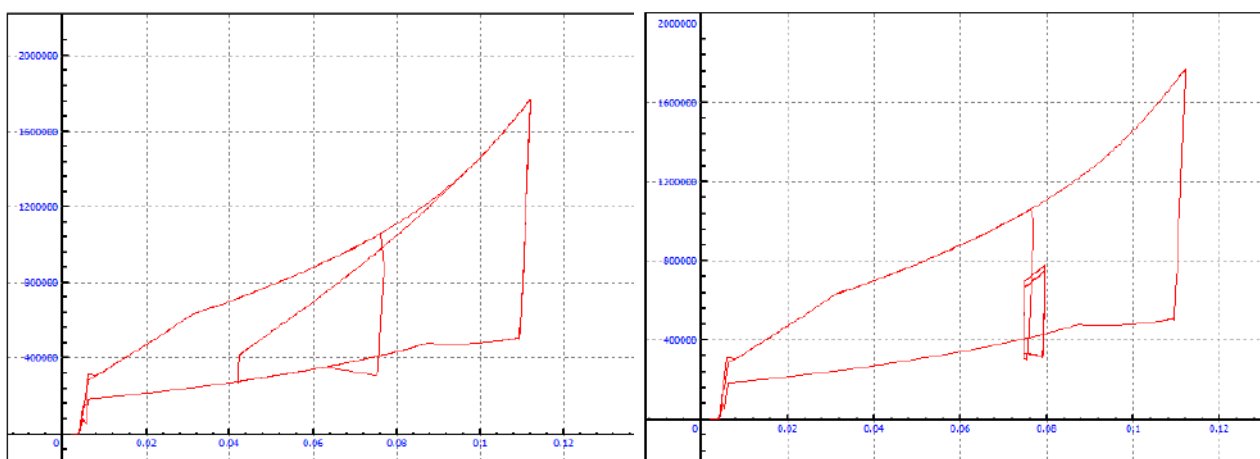


Рисунок 3 – Силовая характеристика аппарата в ПК «Универсальный механизм»

На левой части рисунка 3 приведена силовая характеристика аппарата при следующей схеме нагружения. Идет сжатие аппарата до хода 110 мм, затем разгрузка до нуля, сжатие 75 мм и колебания вокруг этого положения с амплитудой 35 мм. Как видно из рисунка, при изменении движения с прямого хода на обратный достаточно 2,5 мм хода, чтобы перейти на характеристику обратного хода.

* Авторы выражают благодарность коллективу лаборатории вычислительной механики БГТУ за предоставленный программный комплекс и помощь в создании модели.

Однако при переходе с обратного на прямой сила выходит на линию номинальной силовой характеристики за 45 мм хода аппарата, и далее этот процесс повторяется. При моделировании соударений вагонов колебаний с большими амплитудами замечено не было, а малые колебания встречаются часто. На правом рисунке показан аналогичный процесс, но амплитуда колебаний равна 2,5 мм. Как видно из рисунка, при возникновении малых возвратно-поступательных движений нажимного конуса сила на прямом ходе оказывается существенно меньше, чем при обычном прямом ходе.

Анализ показал, что в этот момент силы трения, действующие на клин (поз. 3) со стороны тел (5 и 6) направлены в разные стороны, со стороны конуса (поз 5) – вверх, а со стороны подпорной пластины (поз. 6) – вниз. Это объясняется тем, что в этот момент малым смещения конуса (малому ходу) соответствует большое поперечное смещение клина за счет деформаций корпуса. Такое распределение сил трения значительно уменьшает силу сопротивления аппарата, снижает его энергоемкость и должно учитываться при моделировании.

УДК 629.4.027.27

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ НА ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕСУРС ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

М. И. ПАСТУХОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время под четырехосными грузовыми вагонами продолжают эксплуатироваться двухосные тележки с литыми боковыми рамами и надрессорными балками (ГОСТ 9246). В процессе длительной эксплуатации тележки претерпели ряд конструктивных изменений и технологии изготовления литых деталей. Данные изменения продиктованы значительным ростом осевых нагрузок на литые детали тележек. При этом необходимым условием является повышение несущей способности литых деталей, их надежности и технического ресурса. Однако несмотря на значительный рост осевых нагрузок, наблюдается рост технического ресурса литых деталей с 30 до 32 лет. Достигнутые результаты вагоностроительной отрасли промышленности являются следствием роста допускаемого коэффициента запаса сопротивления усталости литых деталей с $[n] = 1,2$ до $[n] = 1,8$ (ГОСТ 32400). В перспективе планируется увеличение коэффициента запаса сопротивления усталости до $[n] = 2,0$.

Возникает необходимость исследования влияния коэффициента запаса сопротивления усталости боковых рам и надрессорных балок тележек грузовых вагонов на их технический ресурс (новых) или остаточный ресурс после длительной эксплуатации.

Коэффициент запаса сопротивления усталости литых деталей тележек определен по методике ВНИИВа [2]:

$$n = \frac{P_a(0,95) + \Psi_\sigma (P_T - P_{ст} K_n)}{P_{ст} K_n K_{дз}}, \quad (1)$$

где $P_a(0,95)$ – предел выносливости детали при вероятности неразрушения 0,95 при базовом числе циклов нагружения $N_0 = 10^7$, полученный по результатам усталостных испытаний. По результатам натурных испытаний деталей ФГУП «ПО Уралвагонзавод» [3] предел выносливости боковой рамы из стали 20ГЛ при вероятности неразрушения $P = 0,95$ в состоянии поставки составляет $P_a(0,95) = 156$ кН (15,55 тс), а надрессорной балки – $P_a(0,95) = 165$ кН (16,53 тс) (тележки модели 18-100); Ψ_σ – коэффициент чувствительности детали к асимметрии цикла; P_T – постоянная средняя нагрузка цикла; $P_{ст}$ – вертикальная статическая нагрузка брутто на деталь; K_n – коэффициент использования грузоподъемности вагона; $K_{дз}$ – коэффициент вертикальной динамической нагрузки на деталь.

Величины коэффициентов запаса сопротивления усталости литых деталей тележки 18-100 в состоянии поставки составляют: для боковой рамы – $n = 1,64$, для надрессорной балки – $n = 1,27$.

В процессе эксплуатации тележек наблюдается увеличение предела выносливости за счет выбраковки деталей с литейными дефектами в опасных зонах. Испытания литых деталей на усталость после длительной эксплуатации (30 лет) показали, что предел выносливости рам при вероятности

неразрушения $P = 0,95$ возрастает на 28 %, а надрессорных балок – на 54 % [5]. Поэтому при оценке остаточного ресурса литых деталей через t лет эксплуатации в величину предела выносливости $P_a(0,95)$ зависимости (1) вносится поправочный коэффициент K_t , с учетом которого пересчитываются коэффициенты запаса сопротивления усталости деталей. То есть в зависимость (1) вместо $P_a(0,95)$ подставляется $P_a(0,95)K_t$.

Технический ресурс литых деталей в состоянии поставок (до начала эксплуатации) определяется по зависимости

$$T_{\text{рес}} = T_n \left(\frac{n}{[n]} \right)^m, \quad (2)$$

где T_n – назначенный срок службы детали, лет; n и $[n]$ – соответственно расчетный и допускаемый коэффициенты запаса сопротивления усталости. Допускаемый коэффициент запаса сопротивления усталости регламентируется [1], расчетный коэффициент запаса сопротивления усталости n определяется по зависимости (1).

Остаточный ресурс литых деталей после длительной эксплуатации определяется по зависимости

$$T_{\text{ост}} = (T_n - T_t) \left(\frac{n}{[n]} \right)^m, \quad (3)$$

где T_t – срок службы детали на момент t контроля, годы.

По материалам натуральных испытаний ФГУП «ПО Уралвагонзавод» [3] определены остаточные ресурсы $T_{\text{ост}}$ боковых рам и надрессорных балок тележки 18-100, изготовленных из низколегированной стали 20ГЛ в состоянии их поставки.

Величины $T_{\text{ост}}$ найдены для значений $[n] = 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0$ по зависимости (3) при постоянных значениях $n = 1,64$ – для боковых рам и $n = 1,27$ – для надрессорных балок, при значениях $m = 4,5; 4,28; 4,0$ – для боковых рам и $m = 4,18; 4,0; 3,75$ – для надрессорных балок [1].

Расчеты показывают, что ни боковая рама, ни надрессорная балка, изготовленные из стали 20ГЛ тележки 18-100, не обеспечивают требования ГОСТ 32400 на соответствие допускаемому коэффициенту запаса сопротивления усталости $[n] = 1,8$ в состоянии поставки и величине назначенного срока службы $T_n = T_{\text{ост}} = 32$ года, установленного [4]. Однако безопасность движения вагонов с тележками 18-100 в течение $T_n = 32$ года обеспечивается на требуемом уровне благодаря повышению уровня диагностирования литых деталей и выбраковке тех из них, которые по дефектам не отвечают требованиям [4].

Расчетные значения коэффициентов запаса сопротивления усталости литых деталей возрастают с увеличением их срока службы, что приводит к сохранению их потенциала по несущей способности при длительной эксплуатации.

Тележки модели 18-578 грузовых вагонов оборудованы боковыми рамами и надрессорными балками повышенной несущей способности [3]. Пределы выносливости при вероятности неразрушения $P = 0,95$ соответственно составляют $P_a(0,95) = 185$ кН (18,49 тс) и $P_a(0,95) = 250$ кН (25,01 тс). И как следствие, у тележек модели 18-578 коэффициенты запаса сопротивления усталости в состоянии поставки составляют: боковых рам – $n = 1,94$, надрессорных балок – $n = 1,91$, а технический ресурс при $T_t = 0$ и $[n] = 1,8$: боковых рам – $T_{\text{ост}} = 44$ года, надрессорных балок – $T_{\text{ост}} = 40,6$ года.

То есть технический ресурс боковых рам и надрессорных балок тележек 18-578 на 8–12 лет превышает назначенный срок службы $T_n = 32$ года.

Проведенные исследования показали, что литые детали тележки 18-100 обладают техническим ресурсом на уровне назначенного срока службы 32 года и изменению не подлежат. Технический ресурс литых деталей тележки 18-578 превышает назначенный срок их службы 32 года на 8–12 лет и для них установленный срок службы может быть увеличен с 32 до 40 лет, при проведении усталостных испытаний литых деталей после длительной эксплуатации (30 лет) и подтверждении полученных теоретических расчетов.

Список литературы

1 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М. : ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

2 К оценке запасов усталостной прочности надрессорных балок и боковых рам тележки ЦНИИ-ХЗ-О по результатам полных усталостных испытаний / В. С. Плоткин [и др.] // Сб. науч. тр. ВНИИВ. – М., 1978. – Вып. 35. – С. 41–47.

3 Технический уровень тележки 18-578 в сравнении с тележкой 18-100 / В. П. Ефимов // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 7. – С. 56–60.

4 ОСТ 32.183–2001. Тележки двухосные грузовых вагонов колеи 1520 мм. Детали литые. Рама боковая и балка надрессорная. Технические условия. МПС России. – Утв. и введ. в действие с 01.05.2002 г. – 22 с.

5 Отчет о научно-исследовательской работе «Проведение испытаний на выносливость надрессорных балок и боковых рам тележек ЦНИИ-ХЗ со сроком службы, превышающим 30 лет». – Брянск : ГГТУ, 1999. – 57 с.

УДК 629.4.023.14

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ТОРЦЕВЫЕ СТЕНЫ ПОЛУВАГОНА ПРИ СОУДАРЕНИИ

А. В. ПИГУНОВ, Е. А. ЗАДОРЖНЮК, П. М. АФАНАСЬКОВ, П. М. БУЙЛЕНКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Вагоны, перевозящие сыпучие грузы, широко применяются на сети железных дорог Беларуси. Это полувагоны и хопперы, которые перевозят песок, цемент, зерно и минеральные удобрения. Одним из наиболее нагруженных элементов конструкции вагонов данного типа при определенных режимах эксплуатации (ропуск с сортировочной горки) является торцевая стена.

Для оценки динамической нагруженности торцевой стены кузова полувагона применялся программно-аппаратный комплекс Tekscan I-Scan, являющийся мощным инструментом, позволяющим точно измерить и произвести анализ давления, возникающего между двумя, практически любыми поверхностями, при помощи использования тонких и гибких сканеров. В качестве модели кузова вагона применялась емкость с геометрическими размерами 0,5×0,74×0,45 м, в качестве сыпучего груза – песок. Взвешивание показало, что для полного заполнения объема модели песком без «шапки» необходимо 0,304 т. Соударения модели с упором производилось в диапазоне скоростей от 2,6 до 5,9 км/ч.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что при соударении на скорости 2,6 км/ч величина нагрузки составляет 0,091 т, это порядка 30 % от грузоподъемности. С увеличением скорости соударения до 3,45 км/ч наблюдается резкий рост нагрузки, и ее величина составляет 0,219 т, что более 70 % грузоподъемности. При дальнейшем увеличении скорости соударения величина нагрузки растет, практически, по линейной зависимости и на скорости 5,9 км/ч достигает 90 % от грузоподъемности.

При скорости соударения ниже 3,45 км/ч величина инерционной нагрузки ниже, чем при более высоких скоростях соударения. Это объясняется тем, что подвижность сыпучего груза ограничивают силы внутреннего трения между частицами песка.

Распределение давления по поверхности торцевой стены модели приведено на рисунке 1.

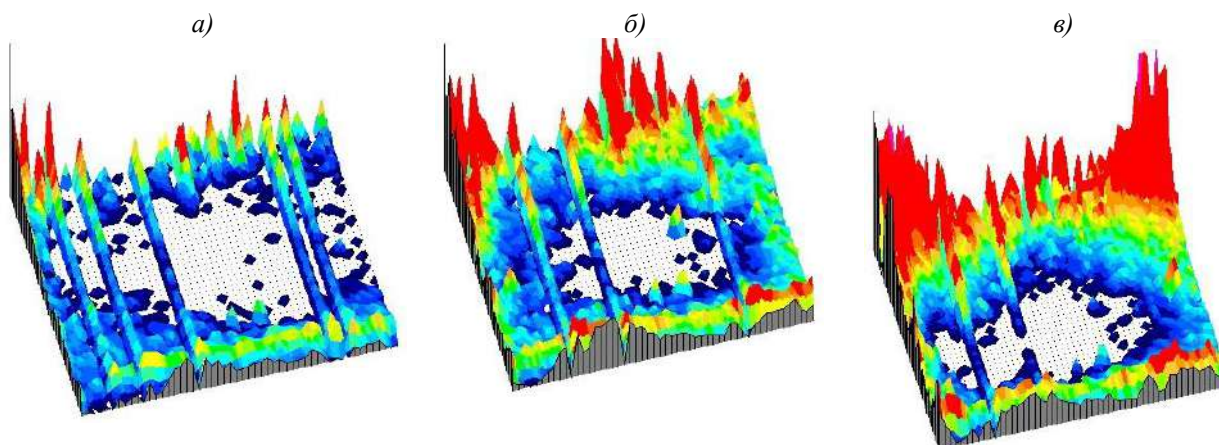


Рисунок 1 – Распределение давления по поверхности торцевой стены при соударении:
а – скорость соударения 2,6 км/ч; б – скорость соударения 3,45 км/ч ; в – скорость соударения 5,9 км/ч

Из рисунка видно, что давление распределяется неоднородно по поверхности торцевой стены. Эксперимент показал, что верхние слои сыпучего груза являются наиболее подвижными при всех скоростях соударения. Также стоит отметить, что присутствует подвижность нижних слоев (до высоты 0,05 м). Во всем диапазоне скоростей наименее подвижными являются средние слои груза, расположенные в диапазоне высоты от 0,05 до 0,35 м.

УДК 629.4.023.14

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВАГОНОВ-ХОППЕРОВ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ГОСТ 33211–2014

А. В. ПИГУНОВ, В. В. ПИГУНОВ, П. М. БУЙЛЕНКОВ, П. М. АФАНАСЬКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Из отличий в рассматриваемых нормативных документах можно выделить упразднение расчетных режимов без учета разности осей автосцепок. Оставшиеся режимы были поделены на подкатегории а, б, в, г.

Изменения коснулись и некоторых формул. В частности, формула для определения коэффициента динамической добавки K_d :

– по Нормам

$$K_{дв} = \frac{\bar{K}_{дв}}{\beta} \sqrt{\frac{4}{\pi} \ln \frac{1}{1 - P(K_{дв})}}, \quad (1)$$

где $\bar{K}_{дв}$ – среднее вероятное значение коэффициента вертикальной динамики,

$$\bar{K}_{дв} = a + 3,6 \cdot 10^{-4} b \frac{(v - 15)}{f_{ст}}; \quad (2)$$

a – коэффициент, для элементов кузова который принимают $a = 0,05$; b – коэффициент, учитывающий влияние числа осей n в тележке,

$$b = \frac{n + 2}{2n};$$

v – расчетная скорость движения, м/с; $f_{ст}$ – статический прогиб рессорного подвешивания, м; β – параметр распределения, уточняется по экспериментальным данным, при существующих условиях принимается $\beta = 1,13$; $P(K_{дв})$ – расчетная односторонняя вероятность, при расчете по допускаемым напряжениям принимается $\psi = 0,97$;

Для шкворневых (опорных) узлов рамы и шкворневых стоек (в местах заделки в раму) боковых стенок кузова грузового вагона значение расчетного коэффициента вертикальной динамики определяется с учетом влияния перевалки кузова и путем увеличения коэффициента $K_{дв}$ в 1,2 раза;

– по ГОСТ

$$K_d = \zeta \frac{\bar{K}_d}{\beta} \sqrt{\frac{4}{\pi} \ln \frac{1}{1 - \psi}}, \quad (3)$$

где ζ – коэффициент, учитывающий влияние центробежной силы в кривых участках пути. Для рамы вагона принимается $\zeta = 1,1$, для шкворневых стоек боковых стен и шкворневых балок $\zeta = 1,2$; \bar{K}_d – среднее вероятное значение коэффициента динамической добавки,

$$\bar{K}_d = A + B \frac{(v - v_0)b}{f_1 - 0,5f_2}; \quad (4)$$

A – коэффициент, для элементов кузова который принимают $A = 0,05$; B – коэффициент, для элементов кузова который принимают $B = 3,6 \cdot 10^{-4}$ м/(м/с); v – средняя скорость интервала движения

вагона по таблице 6 [1], м/с, $v = 33,75$ м/с; v_0 – коэффициент, принимаемый $v_0 = 15$ м/с; b – коэффициент, учитывающий влияние числа осей n в тележке,

$$b = \frac{n + 2}{2n};$$

f_1 – расчетный статический прогиб рессорного подвешивания вагона с максимальной расчетной массой, м; f_2 – наибольший статический прогиб несущей конструкции вагона под действием силы тяжести груза, м; β – параметр распределения, принимается $\beta = 1,13$; ψ – расчетная односторонняя вероятность, принимается $\psi = 0,97$.

Тогда K_d для вагона-хоппера модели 19-6943 при статическом прогибе рессорного подвешивания 60 мм и статическом прогибе рамы 4 мм равен: по Нормам – 0,299; по ГОСТ – 0,31;
– для шкворневых узлов и шкворневых стоек: по Нормам – 0,3588; по ГОСТ – 0,372;
– для рамы вагона: по Нормам – 0,299; по ГОСТ – 0,341.

В определении силы тяжести вагона брутто также есть изменения, но они незначительные. По Нормам в ее состав входила и одна треть массы рессорного подвешивания. В ГОСТ эта величина не учитывается, что дало разницу в массе брутто вагона всего 2,5 кН в меньшую сторону.

В Нормам вертикальные усилия, возникающие при нецентральной взаимоделии автосцепок двух вагонов и действующие на консоли кузовов следовало прикладывать на плече, определяемом в основном величиной полного хода поглощающего аппарата, по ГОСТ эта сила прикладывается к соответствующим упорам автосцепного устройства.

Серьезные изменения коснулись величины давления силы тяжести насыпного груза, действующего на стенки кузова, особенно для третьего режима. Величина по Нормам для первого режима для рассматриваемого вагона для боковых стен – 3,08у кПа (у – вертикальная координата), для торцевых стен – 9,68у кПа, по ГОСТ – для боковых стен – 2,8у кПа, для торцевых стен – 8,8у кПа. По Нормам значение больше, т.к. учитывался коэффициент вертикальной динамики, равный 0,1. Что касается третьего режима, по Нормам величина рассматриваемого давления составляет для боковых стен – 7,22у кПа, для торцевых стен – 16,03у кПа, по ГОСТ оно равно для боковых стен – 3,7у кПа, для торцевых стен – 11,5у кПа. Такая большая разница объясняется тем, что при расчете по Нормам принимается только пятая часть величины угла естественного откоса груза от его реального значения. Также стоит отметить, что в ГОСТ была упразднена упрощенная формула для определения статического давления распора насыпанного груза для вертикальных стен при загрузке без шапки и без учета трения груза о стенки кузова.

Список литературы

- 1 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам : межгос. стандарт. – Введ. 2016–17–01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 53 с.
- 2 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

УДК 621.311:629.483/484

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В ВАГОНРЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В. Ф. РАЗОН, Н. С. БИРИЛЛО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Железнодорожный транспорт является одним из крупнейших потребителей энергоресурсов в стране, расходуя около 5 % электроэнергии и почти 11 % дизельного топлива. Энергетическая эффективность в современных условиях является важнейшим фактором повышения конкурентоспособности Белорусской железной дороги (БЖД) на внутреннем и международном рынке транспортных услуг.

БЖД является пионером в освоении многих энергосберегающих технологий. Среди таких технологий светодиодное освещение, которое сегодня повсеместно применяется при освещении депо,

железнодорожных станций, вокзалов, в пассажирских вагонах и системах железнодорожной сигнализации. Применение светодиодных источников света позволяет экономить до 40 % электроэнергии по сравнению с люминесцентными лампами, а при наличии интеллектуальных систем управления – еще до 30 %.

Нельзя сэкономить то, что не учтено. Поэтому большое внимание БЖД уделяет автоматизации учета энергоресурсов и развитию информационных технологий мониторинга, их использованию для решения задач по оперативному управлению энергопотреблением.

Снижение расхода энергии посредством совершенствования технологических процессов и оборудования относится к наиболее эффективным способам энергосбережения. Мировой опыт доказывает, что представлять экономию энергии только как регулировку отопления, своевременное отключение света в помещениях и т. д. – экономически не всегда оправдано. Данная статья расхода составляет в балансе общего потребления порядка 4–5 %, но приводит к значительным расходам на новую технику. Одновременно к существенному снижению энергопотребления приводят повышение КПД дизельного или электрического двигателя, механической части локомотива, лубрикация рельсов и гребней колес. Изменение структуры энергопотребления, в частности переход на полное или частичное использование природного газа или экологически чистого жидкого топлива, приводит к двукратному снижению выбросов вредных веществ в атмосферу, что значительно дешевле использования газоочистного оборудования. Экономия лишь 1 тонны условного топлива (т у.т.) обеспечивает перевозку 3000 т грузов примерно на 100 км.

Одним из эффективных путей экономии топливно-энергетических ресурсов является использование экологически чистых нетрадиционных возобновляемых источников энергии, в первую очередь солнечной энергии, аккумулированной в грунте, водоемах и воздухе. Однако периодичность действия и низкий температурный потенциал этих источников не позволяет непосредственно использовать их для получения тепловой энергии, без преобразования. В качестве преобразователей тепловой энергии от энергоносителя с низкой температурой к энергоносителю с более высокой температурой используются тепловые насосы, которые позволяют экономить до 70 % традиционных энергетических ресурсов. В качестве низкопотенциальных источников теплоты могут служить: теплота вентиляционных выбросов, теплота канализационных стоков, сбросная теплота технологических процессов, теплота грунтовых вод и др.

Основными видами ресурсов, потребляемых при ремонте и техническом обслуживании вагонов, являются:

- электрическая энергия: расходуется на генерацию сжатого воздуха, сушку древесины в деревообрабатывающих цехах, электрический привод станков, средств механизации и автоматизации производства, технологических установок, подъёмно-транспортного оборудования, аппараты электрической сварки и наплавки, электронагревательные элементы (печи, камеры, устройства электроподогрева моечного раствора), электромеханические прессы, установки для нанесения гальванических покрытий и дистилляции воды, контрольно-испытательное оборудование и другие цели;

- сжатый воздух, используемый в ручном пневмоинструменте, пневматическом приводе механизированных и автоматизированных технологических позиций и линий, обдувочных камерах, установках дробеструйной и пескоструйной очистки, оборудовании для нанесения защитных покрытий, испытания тормозной системы и приборов вагонов при ремонте и в составе поезда;

- техническая вода для наружной и внутренней мойки вагонов и их оборудования, очистки вагонов от остатков груза в ремонтных депо и пунктах подготовки вагонов к перевозкам;

- питьевая вода для экипировки пассажирских вагонов и социально-бытовых нужд;

- перегретая вода, насыщенный водяной пар для разогрева нефтепродуктов, горюче-смазочных материалов, подогрева до рабочей температуры раствора в моечных машинах, пропарки воздушных резервуаров, парового привода кузнечнопрессового оборудования;

- горючие газы и их смеси для резки и сварки металла при ремонте вагонов, разделки вагонов в металлолом;

- дизельное топливо для автономных дизель-генераторных установок, самоходных технологических комплексов для обслуживания и текущего ремонта вагонов;

- твёрдое и жидкое топливо для генерации пара, нагрева воды на технологические нужды (в первую очередь для моечных машин), кузнечнойковки металла.

Наиболее энергоёмкими технологическими процессами ремонта вагонов являются сварка, наплавка, технологический нагрев, сушка, вентиляция производственных участков. Вторую по зна-

чимости группу образуют металлообработка (станочное оборудование), грузоподъемные и транспортные операции, выполняемые с использованием мостовых кранов и вспомогательных грузоподъемных механизмов.

Основным показателем энергетической эффективности технологических процессов вагонного хозяйства является удельная энергоёмкость ремонта и технического обслуживания вагонов, которая рассчитывается для каждого конкретного вида ремонта и типа вагона по основным видам потребляемых топливно-энергетических ресурсов. Фактическая энергоёмкость технологических процессов ремонта и обслуживания вагонов определяется плановыми затратами ТЭР на выполнение основных и вспомогательных операций согласно установленной технологии производства и непроизводительными затратами (потерями), связанными с нарушениями в организации производства, логистикой, материально-техническим снабжением, системой качества. Потери могут составлять 15–20 % суммарных затрат.

Типичным для БЖД по выполняемой работе и применяемым технологическим процессам является Барановичское вагонное депо. Проведенный анализ показал, что в этом депо 64,1 % оборудования имеет фактический срок эксплуатации более 10 лет, из которых 29,5 % эксплуатируется более 20 лет. При этом оборудование, используемое 10 лет и более, имеет большой физический и моральный износ, что требует повышенных удельных энергозатрат на его эксплуатацию.

Основные затраты электроэнергии обусловлены работой насосного, вентиляционного и компрессорного оборудования (21,8 %), освещения (21,8 %), сварочного оборудования (15,9 %).

После анализа полученных результатов были предложены следующие мероприятия по экономии энергоресурсов.

– для экономии электрической энергии: замена осветительных установок на современные светодиодные, что дает экономию 65,9 тыс.кВт·ч/год при сроке окупаемости 4,6 года; замена имеющихся трансформаторных источников питания сварочного оборудования на современные инверторные, что дает экономию в размере 59,2 тыс.кВт·ч/год при сроке окупаемости 2,8 года; внедрение автоматизированной системы учета электроэнергии – дает экономию 36,68 тыс.кВт·ч/год при сроке окупаемости 5,3 года. Общие затраты на внедрение мероприятий по экономии электрической энергии составляют 153 тыс. рублей, средний срок окупаемости всех мероприятий 4,2 года;

– для экономии тепловой энергии и топлива: применение гелиоустановок для нужд горячего водоснабжения, что дает экономию 57,21 т у.т./год при сроке окупаемости 3,8 года; использование теплоты, выделяющейся при работе компрессоров, 37,7 т у.т./год при сроке окупаемости 0,2 года; термомодернизация (утепление) зданий и сооружений – 18,47 т у.т./год при сроке окупаемости 10,4 года; замена остекления – 12,8 т у.т./год при сроке окупаемости 3,5 года; прочие мероприятия – 16,41 т у.т./год при среднем сроке окупаемости 1,4 года. Общие затраты на внедрение мероприятий по экономии тепловой энергии составляют 233,4 тыс. руб., средний срок окупаемости всех мероприятий 4,8 года.

Внедрение разработанных мероприятий для экономии энергетических ресурсов в Барановичском вагонном депо приведет к снижению энергопотребления на 17,4 %, а экономический эффект в денежном выражении составит более 80 тыс. руб. в год.

Аналогичные мероприятия по экономии энергоресурсов могут быть реализованы и на других вагоноремонтных предприятиях Белорусской железной дороги.

УДК 339.543:629.4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТАМОЖЕННОГО КОНТРОЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ПЕРЕМЕЩАЕМЫХ ИМ ТОВАРОВ

В. Ф. РАЗОН, М. В. ФЁДОРОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Республика Беларусь благодаря развитой инфраструктуре и привлекательности географического положения является интегрирующим звеном в торговле между странами Европейского союза и Азиатско-Тихоокеанского региона. В условиях роста объема перевозок через белорусский участок таможенной границы Евразийского экономического союза для таможенных органов особую важность приобретают вопросы, связанные с совершенствованием таможенного контроля.

Совершенствование организации таможенного контроля поможет минимизировать затраты на его проведение, а также улучшит его качество, повышая экономическую, экологическую и социальную безопасность белорусского государства. В настоящее время вопрос совершенствования организации таможенного контроля является одним из первостепенных, когда речь заходит о противодействии терроризму, предотвращении нелегальной перевозки запрещенных грузов и иным правонарушениям, связанным с перемещением людей и грузов через таможенную границу.

В настоящее время внешнеэкономические операции, связанные с перемещением товаров через таможенную границу, не могут быть совершены без использования транспортных средств, на которых эти товары перевозятся, поэтому особенности перемещения таких транспортных средств через таможенную границу затрагивают широкий спектр организаций, занимающихся внешнеэкономической деятельностью. Железнодорожный транспорт является одним из наиболее распространенных видов для перемещения товаров как внутри страны, так и за ее пределами. Однако перемещение товаров через таможенную границу железнодорожным транспортом связано с выполнением различных таможенных операций, которые требуют затрат времени и финансовых средств.

При проведении таможенного контроля таможенные органы исходят из принципа выборочности объектов таможенного контроля, форм таможенного контроля и мер, обеспечивающих его проведение.

В соответствии с Законом Республики Беларусь «О таможенном регулировании в Республике Беларусь» при выборе объектов таможенного контроля, форм таможенного контроля и мер, обеспечивающих проведение таможенного контроля, используется система управления рисками (СУР).

В условиях постоянного роста количества подконтрольных лиц и расширения номенклатуры перемещаемых товаров СУР позволяет оптимально распределять ресурсы таможенных органов на наиболее важных и приоритетных направлениях работы, способствуя, тем самым, ритмичному пропуску физических лиц, товаров и транспортных средств через таможенную границу.

Процесс управления рисками при таможенном контроле состоит из следующих основных этапов:

- сбор и изучение информации о деятельности лиц и результатах таможенных операций;
- оценка рисков, включая их идентификацию, анализ, определение вероятности и последствий;
- выбор мер по минимизации рисков и определение порядка их применения;
- реализация и непосредственное применение выбранных мер по минимизации рисков;
- контроль качества и анализ результатов принятых мер по минимизации рисков;
- корректировка, при необходимости, либо отмена сформированных профилей рисков.

В целях сокращения времени проведения таможенного контроля и повышения его эффективности таможенными органами могут использоваться технические средства таможенного контроля (ТСТК), перечень и порядок применения которых устанавливаются Государственным таможенным комитетом Республики Беларусь.

Технические средства таможенного контроля – это комплекс специальных технических средств, применяемых таможенными службами непосредственно в процессе оперативного таможенного контроля всех видов перемещаемых через государственную границу объектов с целью выявления среди них предметов, материалов и веществ, запрещенных к ввозу, вывозу или не соответствующих декларированному содержанию.

Главная задача ТСТК – дистанционный контроль товаров и транспортных средств с помощью формируемых техническим средством наборов информации и сигналов.

Преимуществами ТСТК являются:

- сокращение времени таможенного контроля;
- возможность выявления закамуфлированных предметов;
- возможность, не вскрывая объект таможенного контроля, получать полную информацию о нем;
- возможность осуществлять таможенный контроль на расстоянии.

Целью применения технических средств таможенного контроля является установление соответствия содержимого данным, декларированным в документах, а также предотвращение ввоза и вывоза запрещенных материалов, предметов и веществ.

Наиболее трудными для осуществления таможенного контроля являются крупногабаритные объекты, такие как железнодорожный подвижной состав. Физический досмотр содержимого транспортных средств связан с необходимостью выполнения целого комплекса трудоемких и длительных разгрузочно-погрузочных работ. Поэтому в таможенных органах должны использоваться специальные стационарные технические комплексы для таможенного контроля – инспекционно-досмотровые комплексы (ИДК), такие как Heimann Cargo Vision Railroad и NUCTECH RF9010. Их

основной функцией является визуализация содержимого объектов и отождествление находящихся в них товаров, материалов, предметов и веществ, зафиксированных в таможенных документах.

Комплексы разработаны специально для бесконтактного досмотра малозагруженных либо полностью загруженных движущихся железнодорожных вагонов и контейнеров. Они проверяют поезда, движущиеся со скоростью от 1 до 12 км/ч. Железнодорожные вагоны проходят через луч рентгеновского излучения, после чего полученные изображения вагонов запоминаются в базе данных вместе с цифровым видеоснимком номера вагона. Оператор комплекса располагает четким рентгеновским изображением и всем набором инструментов обработки изображения для оперативного анализа содержимого вагона.

В настоящее время приобретает особое значение также и борьба с незаконным оборотом ядерных и других радиоактивных материалов, обеспечение безопасности использования и сохранности источников ионизирующего излучения. Для повышения эффективности мер по борьбе с терроризмом необходимо осуществление радиационного мониторинга и контроля на границе с помощью специальных ТСТК.

Стационарные системы радиационного контроля эксплуатируются на открытом воздухе в круглосуточном режиме и в настоящее время физически изношены для большинства пунктов пропуска. Кроме того, установленное оборудование морально устарело и не может обеспечить передачу данных по современным телекоммуникационным линиям связи. Поэтому предлагается установка стационарной системы обнаружения делящихся радиоактивных материалов (ДРМ) «Янтарь».

Еще одним важным элементом совершенствования организации таможенного контроля является смещение акцента с этапа текущего таможенного контроля на этап таможенного контроля после выпуска товаров, повышение эффективности контроля путем внедрения в практику таможенных органов посттаможенного аудита.

Предлагается внедрить в практику работы таможенных органов Республики Беларусь право добровольного признания ошибки, которое гарантирует представителям бизнеса отсутствие штрафных санкций при добровольном признании ошибки и уплате всех причитающихся таможенных платежей. Данное право будет способствовать более тесному сотрудничеству между таможенными органами и субъектами внешней экономической деятельности.

Посттаможенный аудит применяется развитыми странами на протяжении длительного периода. Его цель заключается не только в выявлении нарушений законодательства, но и в стимулировании участников ВЭД к соблюдению законодательства. В основе отбора участника ВЭД для проведения аудита лежит анализ и оценка возможных рисков. При этом отдельные участники ВЭД отбираются случайным образом.

В странах ЕС суммы доначисленных таможенных платежей от осуществления посттаможенного аудита составляют более 3 % от общего количества взысканных таможенных платежей.

Введение посттаможенного аудита в Республике Беларусь позволит ежегодно увеличить поступления в бюджет на более чем 200 млн белорусских рублей. За счет средств, вырученных от использования посттаможенного аудита, предлагается осуществить покупку железнодорожного стационарного инспекционно-досмотрового комплекса NUCTECH RF9010, который окупит себя менее чем за 8 лет, а также оборудовать железнодорожные пограничные переходы стационарными системами радиационного контроля, выполнить модернизацию иных ТСТК.

УДК 629.4

АНАЛИЗ ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ В ГРУЗОВОМ ПОЕЗДЕ ПРИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОМ ТОРМОЖЕНИИ

П. А. САХАРОВ, А. О. ШИМАНОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В соответствии с мировыми тенденциями в Республике Беларусь производится постепенная замена автономного тягового подвижного состава, работающего на дизельном топливе, на электрическую тягу (электровозы, электропоезда). На электрическом подвижном составе широко используется электрическое торможение, при котором тяговые электродвигатели переводятся в генераторный режим и преобразуют механическую энергию движения поезда в электрическую. Электрическое торможение облегчает процесс управления поездом при движении на спусках, позволяет с большой

точностью поддерживать скорость движения за счет быстродействия и гибкости в регулировании. Оно эффективно при регулировании скорости на затяжных спусках, т.к. может использоваться длительный период времени. Применение данного вида торможения позволяет снизить расход тормозных колодок, уменьшить износ колесных пар и повысить безопасность движения поездов, а при рекуперативном торможении – получить экономию электрической энергии на тягу поездов.

Однако при электродинамическом торможении грузового поезда тормозная сила не распределяется по длине поезда, как при пневматическом торможении колодочными тормозами, а передается составу от локомотива. При этом в поезде возникают колебания, которые могут приводить к значительному росту продольных динамических сил в межвагонных соединениях. Наиболее опасными с точки зрения безопасности движения являются случаи применения электрического тормоза на профиле пути с переломами, когда поезд движется одновременно на нескольких элементах с различными уклонами. Так, при движении локомотива и головной части поезда на подъем сила электрического тормоза будет способствовать сила сопротивления, связанная с уклоном. Если же «хвост» поезда движется по спуску, то последние вагоны будут «набегать» на заторможенные.

Изучение динамических сил, возникающих в межвагонных соединениях при электродинамическом торможении, приобрело особую актуальность после закупки и введения в эксплуатацию Белорусской железной дорогой мощных электровозов БКГ1 и БКГ2, оборудованных электрическим рекуперативным тормозом. Процессы, происходящие при торможении, в частности электродинамическом, изучались и ранее, однако имеющиеся на данный момент опыт и исследования не позволяют в полной мере обеспечить безопасность движения и однозначно определить режимы использования электрического тормоза современных электровозов.

Безопасность движения поездов определяется значениями продольных и поперечных сил, возникающих в поезде. Типовая методика тяговых расчетов, рассматривающая поезд как материальную точку, не позволяет учитывать колебания вагонов в составе поезда и оценивать изменения значений, действующих в межвагонных соединениях сил. Поэтому оценка внутренних сил в поезде требует использования модели, в которой поезд рассматривается в виде цепочки твердых тел – вагонов, соединенных упругими, упруго-вязкими связями или связями с нелинейными характеристиками, моделирующими автосцепки.

С целью исследования продольной динамики поезда разработана компьютерная модель в программном комплексе MSC.ADAMS/View. Она предполагает ряд допущений:

- вагоны считаются абсолютно твердыми телами;
- массы вагонов сосредоточены в их центрах масс;
- зазоры в межвагонных связях отсутствуют;
- межвагонные связи представляются в виде пружин с постоянным значением жесткости и коэффициента демпфирования;
- движение поезда происходит по прямой, отсутствуют вертикальные колебания и угловые перемещения вагонов.

Силы сопротивления движению вагонов принимались в соответствии с Правилами тяговых расчетов. Считалось, что в момент начала действия тормозной силы упругие элементы автосцепок находились в недеформированном состоянии.

Изучалась динамика грузового поезда в режиме электродинамического торможения при различных условиях. Рассмотрены варианты движения однородного и неоднородного состава по элементам пути с уклоном от 0 до –12 ‰ при различных значениях начальной скорости, массы вагонов, тормозной силы, коэффициентов жесткости и демпфирования межвагонных связей, расположения порожних вагонов по длине поезда.

При моделировании движения поезда из 62 груженых вагонов массой 88 т исследовалось изменение сил в межвагонных соединениях с течением времени. Расчеты производились для постоянной тормозной силы 500 кН в случаях движения по элементам с уклонами от 0 до –12 ‰ и начальными скоростями от 10 до 25 м/с. Результаты вычислений показали, что во всех рассмотренных случаях законы изменения сил между вагонами были идентичными, отличаясь лишь вследствие разного основного сопротивления движению, которое зависит от скорости. При изменении тормозной силы амплитуды колебаний сил в межвагонных соединениях изменяются, но период остается постоянным.

Для случая движения поезда по спуску 8 ‰ с начальной скоростью 25 м/с при тормозной силе 500 кН проведено имитационное моделирование при различных значениях коэффициента демпфирования в межвагонных соединениях (при постоянной жесткости $c = 1,1 \cdot 10^7$ Н/м принимались значения коэффициента демпфирования от 425 до 5000 кН·с/м). Результаты показали, что увеличение

коэффициента демпфирования приводит к значительному снижению амплитуды колебания внутренних продольных сил и времени затухания колебаний.

Влияние массы вагонов на продольную динамику рассматривалось для состава из 62 вагонов, движущегося по спуску 4 ‰ с начальной скоростью 15 м/с при силе 350 кН. Проанализированы варианты торможения для масс вагонов от 20 до 88 т брутто. Расчеты показали, что уменьшение массы вагона с 88 до 20 т в случае жесткости упругих элементов $c = 1,1 \cdot 10^7$ Н/м и коэффициента демпфирования $K = 1 \cdot 10^6$ Н·с/м приводит к уменьшению периода колебаний почти в два раза.

На основе обобщения результатов моделирования движения однородного поезда, представленного в виде цепочки твердых тел, соединенных упруго-вязкими связями, можно сформулировать следующие выводы:

– в однородном поезде каждый вагон совершает такое же колебательное движение, как и локомотив, только по мере удаления от локомотива оно отстает по фазе и затухает вследствие работы поглощающих аппаратов автосцепок;

– период изменения силы в межвагонных соединениях практически не зависит от величины уклона профиля, начальной скорости движения, тормозной силы и коэффициента демпфирования поглощающих аппаратов и определяется массой вагонов и жесткостью упругих элементов;

– амплитуда сил в межвагонных соединениях зависит от тормозной силы, коэффициентов жесткости и демпфирования связей вагонов и их массы, но на нее практически не влияют уклон профиля и начальная скорость торможения.

Иная картина наблюдается в случае движения по постоянному профилю неоднородных поездов. С помощью модели рассмотрено влияние расположения вагонов разной массы на действующие в межвагонных соединениях силы. Расчеты выполнялись для следующих исходных данных: масса груженого вагона 85 т, порожнего – 20 т, уклон участка –8 ‰, начальная скорость поезда 15 м/с, тормозная сила 400 кН. Группа из пяти порожних вагонов занимает различные положения по длине поезда: в голове поезда, после 10-, 30-го вагонов и в хвосте поезда.

Результаты вычислений показали, что наибольшие силы возникают при расположении порожних вагонов в первой трети длины поезда. При этом максимальные их значения превышают силу электродинамического тормоза локомотива на 8–15 %. В случае размещения пяти порожних вагонов в голове поезда максимальная сила возникает после порожнего 5-го вагона, при порожних 11–15-х также после последнего порожнего 15-го вагона. В составе с 31–35-м порожними вагонами такой максимум отмечается после 11-го вагона. Расположение порожних вагонов в хвосте поезда способствует уменьшению максимальных сил в автосцепках как самих порожних вагонов, так и части предшествующих груженых. Любое другое их размещение ведет к росту максимальных сил в межвагонных соединениях. Полученные результаты подтверждают приведенную ранее в исследованиях П. Т. Гребенюка и С. В. Вершинского информацию о повышении продольных динамических сил примерно на 20–30 % в неоднородном поезде по сравнению с однородным.

Разработанная модель может быть использована при выборе рациональных режимов ведения поездов и формировании железнодорожных составов.

УДК 621.793

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛЯХ ХODOVЫХ СОПРЯЖЕНИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПУТЕVЫХ МАШИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫМ ИНДУКЦИОННЫМ МЕТОДОМ

И. А. СОСНОВСКИЙ

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

И. И. ГРУДЬКО, И. П. ТРЕМБИЦКИЙ

Эксплуатационное республиканское унитарное предприятие

«Центр механизации путевых работ Белорусской железной дороги», г. Пинск

На предприятиях железнодорожного транспорта Республики Беларусь используется широкая номенклатура деталей машин и устройств, которые содержат в своем исполнении узлы трения три-

ботехнического назначения, работающие в режиме интенсивного абразивного изнашивания. К таким узлам трения относятся, например, детали ходовых сопряжений рабочих органов путевых машин высшего класса сложности, предназначенных для выправки, подбивки, отделки пути и очистки щебня (втулки подбивочных блоков и гайки подъема электромагнитов машин типа ВПР и ВПО, виброплиты балластировочных машин и др.).

Задачей исследований, проведенных в данной работе, является повышение работоспособности и срока службы антифрикционных изделий ходовых сопряжений рабочих органов путевых машин. Решение этой задачи осуществлялось путем разработки новой высокоэффективной технологии индукционной наплавки порошковых покрытий с использованием результатов теоретических исследований процесса проплавления порошковых слоев при индукционном нагреве.

Применение композиционных антифрикционных покрытий из модифицированных медных сплавов для создания двухслойных антифрикционных изделий позволяет значительно сократить расход цветных сплавов и обеспечить повышение качества и надежности машин в целом. Одним из эффективных способов формования порошковых покрытий в холодном и горячем состоянии непосредственно во внутренней полости стальной заготовки-матрицы является центробежная индукционная наплавка. Для промышленной реализации этого метода разработаны технологии, оборудование и сопутствующая оснастка.

Известно, что в основе индукционной центробежной наплавки порошковых слоев лежит технологическая схема, позволяющая реализовать следующую последовательность нанесения слоев порошковых покрытий. Сначала с помощью индукционных токов происходит разогрев вращающейся стальной цилиндрической заготовки до температур возможного фазового перехода из твердого в жидкое состояние материала частиц порошка. Затем в результате изотермической выдержки и теплообмена между разогретой внутренней поверхностью стальной цилиндрической заготовки и прижимаемого к ней центробежными силами порошка происходит послойное его расплавление с образованием после кристаллизации и охлаждения порошковых покрытий. Такая последовательность процесса нанесения порошковых слоев позволяет полагать, что технологические режимы индукционной центробежной наплавки определяются такими технологическими параметрами, как длительность процесса, мощность и частота электромагнитного излучения индуктора, а также линейными размерами стальной цилиндрической заготовки, мощностью создаваемого на ее поверхности теплового источника, удельным сопротивлением, плотностью и теплопроводностью стали. Эти технологические параметры индукционной центробежной наплавки определяют температурный режим нанесения слоев порошковых покрытий.

В результате наших исследований установлено, что распределение температуры в расплавленной зоне будет определяться зависимостью

$$T_1(r, \tau) = - \frac{b\tau \ln \frac{r}{\eta} + (T_{\text{тв}} + b\tau) \ln \frac{\eta}{R} - T_{\text{тв}} \ln \frac{R}{\eta}}{\ln \frac{R}{\eta}}, \quad (1)$$

где T_1 – температуры жидкой фазы (расплава), К; r – текущая координата, м; τ – время, с; b – темп нагрева, К/с; η – расстояние от оси вращения до границы плавления, м; $T_{\text{пл}}$ – температура плавления присадочного материала, К; R – радиус внутренней поверхности заготовки, м.

На основании полученной зависимости (1) и уравнения теплопроводности можно получить дифференциальную зависимость

$$-\lambda_1 \frac{b\tau}{\eta \ln \frac{R}{\eta}} = \rho\gamma \frac{d\eta}{d\tau}, \quad (2)$$

где λ_1 – коэффициент теплопроводности жидкой фазы, Вт/м·К; ρ – плотность присадочного материала, кг/м³; γ – удельная теплота плавления присадочного материала, Дж/кг.

Отсюда получим трансцендентное алгебраическое уравнение

$$\eta^2 \ln \frac{R}{\eta} - \frac{1}{2} (R^2 - \eta^2) = - \frac{\lambda_1 b}{\rho\gamma} \tau^2, \quad (3)$$

которое определяет зависимость между координатой фронта плавления η и временем τ .

Для проплавленного порошкового слоя при $\eta = R_0$ решение (2) примет вид

$$\tau = \frac{\rho\gamma_2}{b\lambda_1} \left[\frac{1}{2}(R^2 - R_0^2) - R_0^2 \ln \frac{R}{R_0} \right], \quad (4)$$

где R_0 – наружный диаметр заготовки, м.

Вышеизложенная модель устанавливает связь между технологическими параметрами индукционного нагрева и динамикой перехода из твердого состояния в жидкофазное состояние порошкового слоя на основании модельных допущений Лейбензона и Лыкова.

Проведенные исследования легли в основу разработки технологического процесса и оборудования (рисунок 1) для изготовления двухслойных антифрикционных изделий (биметаллических



Рисунок 1 – Процесс изготовления двухслойного антифрикционного изделия (биметаллической втулки подбивочного блока выправочно-подбивочно-рихтовочной машины ВПР)

втулок подбивочных блоков, гаек подъема электромагнитов путевых машин ВПР и ВПО) центробежным индукционным методом с использованием составов антифрикционных композиционных порошковых смесей повышенной износостойкости на медной основе, что позволило повысить твердость наплавленных слоев деталей ходовых сопряжений рабочих органов путевых машин, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания, в 1,3–1,4 раза и относительную износостойкость в сравнении с серийно выпускаемыми деталями в 1,4–1,6 раза при увеличении производительности процесса изготовления на 30–35 %.

УДК 629.4

ПРОВЕДЕНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПО ЕДИНЫМ ПРАВИЛАМ – КЛЮЧ К ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Н. П. УЛАЩИК

Белорусская железная дорога, г. Минск

Е. П. ГУРСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Важнейшая задача железных дорог – обеспечение безопасности перевозок и экологической безопасности окружающей среды. Особенности эксплуатации железных дорог являются:

- сверхнормативные сроки использования конструкций пути, подвижного состава, электротягового комплекса;
- недостаточно высокий технический уровень эксплуатации конструкций пути, подвижного состава, электротягового комплекса;
- сложные климатические условия диагностики технических устройств в процессе их эксплуатации;
- рост объемов транзитных перевозок на международных транспортных коридорах;
- повышение веса составов и скоростей движения.

Предотвращение транспортных происшествий и техногенных катастроф в реально сложившихся условиях связано с необходимостью проведения мониторинга, а также диагностики технического состояния железнодорожного подвижного состава, технических средств и устройств железнодо-

рожного транспорта методами неразрушающего контроля (НК), которые позволяют не только обнаруживать дефекты на поверхности или в толще изделия, но и определять их форму и размеры, а также пространственное положение.

Процессы образования и роста дефектов ставят под угрозу возможность безаварийной эксплуатации железнодорожного подвижного состава. Обеспечение безопасности движения за счет своевременного обнаружения заводских и усталостных дефектов в ответственных элементах железнодорожного подвижного состава приносит огромный экономический эффект и служит сохранению человеческих жизней. Решение этой проблемы достигается современными физическими методами НК. В настоящее время НК представляет собой самостоятельную интенсивно развивающуюся на стыке физического материаловедения и технологии отрасль науки и техники, которая находит широкое применение в различных сферах производства и особенно на транспорте.

Залог качественного проведения НК – наличие необходимой нормативной и технической базы. В настоящее время в области НК деталей, соединений и составных частей грузовых и пассажирских вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм действуют как документы Министерства путей сообщения Российской Федерации, утвержденные в 2000 г., так и документы Дирекции Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества, утвержденные в 2013–2015 гг.:

1 Правила по неразрушающему контролю вагонов, их деталей и составных частей при ремонте. Общие положения» ПР НК В.1.

2 Правила неразрушающего контроля деталей и составных частей колесных пар вагонов при ремонте. Специальные требования ПР НК В.2.

3 Правила неразрушающего контроля литых деталей тележек грузовых вагонов при ремонте. Специальные требования ПР НК В.3.

4 Правила неразрушающего контроля деталей автосцепного устройства и тормозной рычажной передачи вагонов при ремонте. Специальные требования ПР НК В.4.

5 Правила неразрушающего контроля сварных соединений при ремонте вагонов. Специальные требования ПР НК В.5.

6 Руководящий документ «Феррозондовый метод неразрушающего контроля деталей вагонов» РД 32.149–2000.

7 Руководящий документ «Вихретоковый метод неразрушающего контроля деталей вагонов» РД 32.150–2000.

8 Руководящий документ «Магнитопорошковый метод неразрушающего контроля деталей вагонов» РД 32.159–2000.

9 Руководство по комплексному ультразвуковому контролю колесных пар вагонов РД 07.09-97.

Документы Дирекции Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества, утвержденные в 2013–2015 годах (ПР НК В.1, ПР НК В.2, ПР НК В.3, ПР НК В.4, ПР НК В.5), позволили «демократизировать» подход к выбору средств НК – они не предъявляют требования к проведению НК определенными марками дефектоскопов, а устанавливают лишь технические характеристики, которые должно обеспечивать средства НК. Это позволяет производителям конкурировать в данной области, создавая инновационные средства НК, а вагоноремонтным предприятиям проводить более гибкую политику закупки средств НК. Однако к данному вопросу необходимо подходить весьма осторожно, т.к. применение средств НК, не обеспечивающих требований, предъявляемых к ним (отсутствие документов подтверждения соответствия, гарантированной выявляемости дефектов и т. п.) влечет за собой катастрофические последствия для обеспечения безопасности движения поездов.

К сожалению, с вводом документов Дирекции Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества, утвержденных в 2013–2015 гг., возникла и неоднозначность в проведении НК – в отдельных частях действующие нормативные документы предъявляют различные требования к проведению неразрушающего контроля, а некоторые требования с отменой документов и вовсе исчезли. Так, ввод в действие ПР НК В.1 с 01.01.2013 отменил действие руководящего документа «Неразрушающий контроль деталей вагонов. Общие положения» РД 32.174–2001 вместе с Перечнем деталей вагонов, подлежащих неразрушающему контролю (приложение А РД 32.174–2001). В связи с этим «за пределами» из технического регулирования в области НК оказались детали пассажирских вагонов, а также рефрижераторных вагонов (в части

энергосилового оборудования). На 68-м заседании Совета по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества решено «применять в части пассажирского хозяйства положения Приложения А к документу Министерства путей сообщения Российской Федерации «Неразрушающий контроль деталей вагонов. Общие положения. РД 32.174–2001» до утверждения изменений в Правила по неразрушающему контролю при ремонте вагонов» (пункт 11 вопроса 2 повестки дня). При этом фактически на пространстве государств – участников Содружества данный вопрос 5 лет нормативно не регулировался, а вопрос НК деталей рефрижераторных вагонов (в части энергосилового оборудования) не регулируется и до сих пор. В то же время на Белорусской железной дороге вопрос НК деталей пассажирских вагонов, а также рефрижераторных вагонов (в части энергосилового оборудования) урегулирован распорядительным документом руководства дороги.

Кроме того, в вышеуказанных действующих нормативных документах по НК существуют неоднозначность в определении зон контроля деталей колесной пары и буксового узла, боковой рамы и надрессорной балки тележки грузового вагона, корпуса автосцепного устройства, тормозной тяги, валика тягового хомута, несоответствия в части подлежащих НК деталей буксового узла и автосцепного устройства, определения браковочной чувствительности дефектоскопа при ультразвуковом контроле осей, варианта метода и критериев браковки при контроле структуры металла оси колесной пары ультразвуковым методом (контроль на «прозвучиваемость»), вариантов методов ультразвукового контроля оси колесной пары и цельнокатаного колеса в зависимости от вида ремонта, значений напряженности магнитного поля на поверхности детали (боковая рама и надрессорная балка тележки 18-100, рама и надрессорная балка тележек КВЗ-И2, ЦМВ, валик тягового хомута), проверки работоспособности (порога чувствительности) и подготовки средств контроля, ширины раскрытия дефектов, параметров размеров искусственных дефектов для настройки средств ВТК. Виды и методы НК соединительной балки тележки грузового вагона, боковая рама и надрессорная балка тележки грузового вагона, балка надрессорная тележки рефрижераторного вагона (КВЗ-И2, ЦМВ), указанные в нормативной документации по НК и в руководстве по ремонту данных деталей, не соответствуют друг другу.

Таким образом, существующие в нормативной документации множественность требований к проведению НК деталей вагонов и имеющиеся в них различия создают предпосылки к пропуску дефекта и нарушению безопасности движения поездов. Ввиду этого остро стоит вопрос определения в действующей нормативной документацией единых требований к проведению НК деталей, соединений и составных частей грузовых и пассажирских вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм.

Для решения этого вопроса считаем целесообразным:

1) научным организациям, принимавшим участие в разработке вышеуказанных нормативных документов по НК и руководящих документов по ремонту деталей, соединений и составных частей грузовых и пассажирских вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм под руководством Комиссий Совета по железнодорожному транспорту полномочных специалистов вагонного хозяйства железнодорожных администраций и Комиссии по пассажирскому хозяйству Совета по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества выработать единые требования к проведению НК и внесение соответствующих изменений в действующие нормативные документы;

2) железнодорожным администрациям до окончания указанной в пункте 1 работы установить на администрации обязательность выполнения наиболее «жестких» требований действующих нормативных документов по НК, которые позволят обеспечить максимальную выявляемость дефектов в деталях, соединениях и составных частях грузовых и пассажирских вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм.

Результатом проведенной работы станут гарантированное обеспечение безопасности движения поездов, выполнение обязательств железной дороги по своевременной и безопасной доставке пассажиров и грузов в пункт назначения, а также повышение имиджа железнодорожного транспорта. Положительный эффект будет достигнут также и в организации подготовки, переподготовки и повышения квалификации персонала, осуществляющего НК, за счет исключения потребности изучения требований каждого отдельно нормативного документа, а освободившуюся учебную нагрузку учебной программы распределить на усиление теоретического изучения физики процессов неразрушающего контроля и практического применения полученных знаний.

О ДАТЧИКАХ ТОКА ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Ж. С. ФАЙЗУЛЛАЕВ

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Республика Узбекистан

Основными параметрами, измеряемыми при функциональной диагностики тяговых электродвигателей постоянного тока (ТЭПТ), являются: отклонения токов и напряжений от номинальных значений; вибрационные параметры корпуса двигателя и ее движущихся узлов; параметры тепловых процессов, сопровождающих электромагнитные процессы при нарушениях нормальных режимов и старении конструкционных материалов и др. В частности, для измерения тока в цепи возбуждения ТЭПТ применяются датчики постоянного тока (ДПТ). Особенности функциональной диагностики ТЭПТ выдвигают к ДПТ следующие специфические требования: высокая дифференциальная чувствительность, точность, надежность, линейность статической характеристики в области малых токов и способность сохранять информацию о величине и направлении преобразуемого постоянного тока в области больших токов, малое потребление энергии и минимальные массогабаритные показатели. Выполнение этих требований к ДПТ вместе с другими средствами функциональной диагностики позволяют повысить эффективность диагностики ТЭПТ.

Сравнительный анализ основных характеристик существующих ДПТ показал, что для систем функциональной диагностики ТЭПТ наиболее приемлемы и перспективны магнитомодуляционные ДПТ (МДПТ) на магнитно-транзисторных мультивибраторах (МТМ) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Основными достоинствами этих датчиков тока являются высокие метрологические характеристики, перегрузочная способность, простота обслуживания и большая выходная мощность. Вместе с этим выявлено, что существующие МДПТ имеют низкую дифференциальную чувствительность, точность, надежность и узкий линейный участок статической характеристики. Поэтому дальнейшие исследования были направлены на разработку МДПТ с повышенной дифференциальной чувствительностью, точностью, надежностью и широким линейным участком статической характеристики для систем функциональной диагностики ТЭПТ.

В Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта разработаны несколько конструктивных исполнений и схемных решений к ним МДПТ, защищенные патентами Республики Узбекистан на изобретение. Показано, что выполнение магнитной системы в виде нескольких коаксиально расположенных тороидальных сердечников, соединенных между собой диаметрально перемычками с последовательно-согласно соединенными секциями обмоток на них, позволяет повысить чувствительность МДПТ. Показано, что в МДПТ с цифровым выходом, содержащем трансформаторный автогенератор, два конъюктора, генератор заполнения, два реверсивных счётчика, арифметический блок, непосредственное соединение входа второго конъюктора с трансформаторным автогенератором, а выхода второго счётчика – с другим входом арифметического блока, а также нахождение сигналов с обоих выходов трансформаторного автогенератора в противофазе повышает дифференциальную чувствительность, расширяет линейную участку статической характеристики, упрощает его конструктивное исполнение и повышает его элементную надежность за счет исключения из схемы элементов триггера и делителя.

Разработаны математические модели магнитных цепей новых МДПТ с учетом распределенности их параметров. С целью упрощения анализа магнитных цепей предполагалось, что кольцевые замкнутые сердечники, а также ферромагнитные перемычки, диаметрально соединяющие между собой коаксиально расположенные кольцевые замкнутые сердечники, идентичны, а боковые магнитные потоки рассеяния пренебрежимо малы. Эти допущения вносят незначительные неточности в расчетах, однако существенно упрощают анализ рассматриваемых цепей. Учет нелинейности средней кривой намагничивания в первом приближении произведен с помощью среднего значения удельного магнитного сопротивления материала сердечника датчика. Показано, что магнитное напряжение вдоль магнитной цепи распределено нелинейно и меняет свой знак в точке магнитной нейтрали, а магнитный поток непостоянен и имеет минимальное значение в точке магнитной нейтрали, причем при увеличении коэффициента затухания магнитного потока степень нелинейности распределения магнитного напряжения и непостоянства магнитного потока по длине магнитной цепи возрастает.

Разработана статическая математическая модель процесса формирования импульсов в магнитомодуляционных преобразователях постоянного тока в виде зависимостей магнитного напряжения,

магнитного потока и напряженности магнитного поля от преобразуемого тока и параметров магнитной системы МДПТ. Выявлено, что длительность формируемых импульсов кроме измеряемого тока зависит от напряжения источника питания, сопротивления балластного резистора, тока коллекторной обмотки и магнитных свойств сердечника. Разработаны линейная и нелинейная динамические модели магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока. Показано, что разработанный преобразователь тока с ШИМ при малых отклонениях ширины импульса можно представить в виде последовательно соединенных цепочек линейных динамических звеньев с амплитудно-импульсной модуляцией, а для более точных исследований динамических свойств – в виде ключа, формирующего δ -импульсы, и нелинейного формирователя, формирующего положительные прямоугольные импульсы.

Анализ полученных выражений статических характеристик новых МДПТ показал, что они имеют высокую линейность на начальном участке, причем продолжительность линейного участка характеристики зависит от величин, в основном влияющих на максимальный ток коллектора, значений напряжения источника питания, сопротивления базового резистора и числа витков базовой обмотки. Установлено, что чувствительность разработанных МДПТ в большей степени определяется величиной сопротивления балластного резистора, числом витков коллекторной обмотки и она растет с уменьшением числа витков коллекторной обмотки и с увеличением сопротивления балластного резистора.

Исследование переходного процесса новых МДПТ показал, что при больших постоянных времени фильтра низких частот целесообразным является представление МДПТ на МТМ с ШИМ в виде линейного импульсного звена с амплитудно-импульсной модуляцией. Выявлено, что динамика МДПТ с дискретным фильтром определяется в основном величиной постоянной времени входной цепи и периодом, определяющим время запаздывания выходного напряжения относительно измеряемого тока. Экспериментальными исследованиями установлено, что при анализе динамики МДПТ с отрицательной обратной связью можно пренебречь постоянной времени цепи, образованной обмоткой и резистором обратной связи, так как при реальных параметрах цепи обратной связи значения этой постоянной времени составляют единицы микросекунд, что минимум на два порядка меньше постоянных времени других цепей.

Анализ источников погрешностей новых МДПТ показал, что наибольшее влияние на параметры их элементов, следовательно, на точность измерения, оказывает изменение температуры окружающей среды. Выявлено, что погрешность, возникающая при изменении параметров ферромагнитного сердечника под воздействием температуры, приблизительно на два порядка ниже, чем погрешности, возникающие при температурных изменениях параметров других элементов МДПТ. Показано, что наибольший вклад в величину погрешности вносит изменение коэффициентов усиления транзисторов МДПТ под воздействием температуры, причем чем меньше их величина и чем больше различаются они между собой, тем больше температурный дрейф выходного напряжения МДПТ. Установлено, что для исключения влияния изменения коэффициентов усиления транзисторов преобразователя на суммарную погрешность необходимо подобрать транзисторы с возможно более высоким коэффициентом усиления либо применять составные транзисторы. Основные технические характеристики нового МДПТ: диапазон измерений – 0–200 А; чувствительность – 1,1 В/А; основная приведенная погрешность – $\pm 0,4$ %; степень нелинейности рабочего участка статической характеристики – 0,5 %; напряжение источника питания – 12 В; количество витков в коллекторной обмотке – 100; количество витков в базовой обмотке – 25; сопротивление балластного резистора – 100 Ом; сопротивление базового резистора – 150 Ом; габариты – 115×75×30 мм; масса – не более 150 г.

УДК 629.4.02

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СИЛ СЖАТИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЁННЫХ ВАГОНОКОНСТРУКЦИЙ В КОМПАС-3D V16 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКЛАДНОЙ БИБЛИОТЕКИ АРМ FEM

А. В. ФОМИН, А. А. СТЕЦКО

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Постановка проблемы. Применение прочностного анализа методом конечных элементов наиболее эффективно в случае анализа сложных конструкций и схем нагрузок, решение которых классическим методом может оказаться достаточно трудоемким.

Основные материалы исследования. Метод конечных элементов (МКЭ, или FEM – Finite Element Method) в настоящее время широко используется для решения различных задач механики деформируемого твердого тела, в частности, для выполнения экспресс-расчетов на прочность на этапе 3D-проектирование конструкций.

Суть метода заключается в разбиении твердотельной модели на конечное число подобластей (элементов), составлении и последующем решении системы линейных алгебраических уравнений. Большинство современных САД-систем имеет специальные инструменты, предназначенные для автоматизации подобных расчетов.

Прикладная библиотека APM FEM предназначена для выполнения экспресс-расчетов твердотельных объектов в системе КОМПАС-3D и визуализации результатов этих расчетов.

В состав APM FEM входят инструменты подготовки деталей и сборок, задания граничных условий и нагрузок, а также встроенные генераторы конечно-элементной (КЭ) сетки (как с постоянным, так и с переменным шагом) и постпроцессор. Этот функциональный набор позволяет смоделировать твердотельный объект и комплексно проанализировать поведение расчетной модели при различных воздействиях с точки зрения статике, собственных частот, устойчивости и тепловой нагрузки.

Для создания конечно-элементного представления объекта в APM FEM предусмотрена функция генерации КЭ-сетки, при вызове которой происходит соответствующее разбиение объекта с заданным шагом. Если созданная расчетная модель имеет сложные неравномерные геометрические переходы, то может быть проведено так называемое адаптивное разбиение. Для того чтобы результат процесса был более качественным, генератор КЭ-сетки автоматически (с учетом заданного пользователем максимального коэффициента сгущения) варьирует величину шага разбиения.

Для выполнения расчета построена в КОМПАС-3D V16 модель исследовательского макета рамы вагона-цистерны (масштаб 1:10).

Рассматривалось несколько вариантов приложения вертикальных сил: одно-, двух- и трехточечных. Для приложения силы сжатия по торцам рамы: $1/2$ внутреннего диаметра (по середине), $1/3$, $1/5$ и $1/7$. Как показали результаты компьютерного расчета, наиболее выгодным является вариант, когда сжатие хребтовой рамы (трубы) происходит по нижней кромке. Это можно объяснить тем, что рама (труба) будет больше выгибаться, те же волокна будут иметь максимальное растяжение, чем вызывают больше восприятия (погашения) действия вертикального усилия.

Именно для данного варианта и проводились расчеты по определению оптимальных параметров предварительного натяжения (сжатия). Для создания предварительно напряженного состояния рамы по ее торцам к нижней части трубы прикладывалось распределенная нагрузка. В случае расчета рамы без предварительного напряжения величины сил принять равными 0.

Для разбивки модели на элементы выполнялась команда библиотеки «Генерация КЭ-сетки». Модель содержит 115861 конечный элемент и 38805 узлов.

На первом этапе был проведен расчет рамы без предварительного напряжения, то есть величины сил приняты равными 0. Модель рамы выполнена из стали 20, для которой предел текучести 235 МПа (задается программой самостоятельно). Необходимо было установить, при которой предельной величине силы, действующей вертикально вниз на модель, будет обеспечена ее прочность. Проведены расчеты для величин сил 13000, 13500, 14000 и 14500 Н.

Данное требование выполняется при силе, равной 14000 Н (~1,4 т), в этом случае наибольшая величина напряжений равна 223,5 МПа.

На втором этапе необходимо было установить величину предварительного сжатия модели рамы, при которой наблюдаются наименьшие напряжения в конструкции, при условии действия вертикальной силы величиной, определенной выше. Проведены расчеты для величин сил 500, 1000, 1500, 2000 и 2500 Н.

Оптимальной величиной сжатия является величина 1500 Н, при которой напряжения в конструкции минимальны, а именно 217,7 МПа.

Дополнительно было установлено, что при воздействии только сил сжатия без вертикальной нагрузки уровень напряжений в конструкции будет равным 18,2 МПа.

На третьем этапе необходимо было установить величину вертикальной силы, действующей на модель рамы совместно с предыдущим сжатием величиной 1500 Н, при условии обеспечения прочности конструкции. Проведены расчеты для величин сил 14000, 14200, 14400, 14500, 14600, 14700 и 14800 Н.

Оптимальной величиной вертикальной силы является 14500 Н, при которой напряжения в конструкции максимально приближены к тем, которые возникают в модели рамы к применению предварительного напряжения 225,8 МПа.

Выводы. Проанализировав рассмотренные выше расчеты, можно сделать вывод о том, что применение предварительного напряжения положительно влияет на несущую способность конструкции. Грузоподъемность данной конструкции повышается на 3,45 %, или 5000 Н (~0,5 т) без использования каких-либо дополнительных материалов. В рамках реального вагона это даст достаточно весомый прирост (~5 т), тем самым повышая экономическую эффективность его использования.

Применение прочностного анализа методом конечных элементов наиболее эффективно в случае анализа сложных конструкций и схем нагрузок, решение которых классическим методом может оказаться достаточно трудоемким.

Следующим шагом в подтверждении рассчитанного выше является подготовка к экспериментальному испытанию. Так, уже разработана методика испытания и создан универсальный стенд для испытания рам вагон разного поперечного сечения.

УДК 629.4.014.2

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ЛОКОМОТИВА НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОКОМОТИВНОЙ ТЯГИ

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. Г. КОНОПЛЁВ

Белорусская железная дорога, г. Витебск

Оценку энергоэффективности модернизации тепловозов обычно выполняют, сравнивая расходы топлива на единицу мощности при номинальном режиме работы силовой установки. Однако известно, что на номинальном режиме тепловозы работают достаточно малую часть времени [1–3]. Поэтому такая оценка может оказаться далеко не объективной.

На Белорусской железной дороге значительная часть грузовых тепловозов 2ТЭ10У и 2ТЭ10М подверглись модернизации с заменой двухтактных дизелей 10Д100 четырёхтактными Д49. По данным из маршрутных листов машиниста нами выполнен сравнительный анализ топливной экономичности тепловозов 2ТЭ10М и модернизированных 2ТЭ10МК.

На рисунке 1 показан график влияния выполненной перевозочной работы A на удельный расход топлива e_t тепловозами серии 2ТЭ10М и 2ТЭ10МК за поездку (приняты данные из маршрутных листов за 2017 г.). Каждая точка соответствует одной поездке. Для каждой группы точек соответствующей серии локомотива построена линия тренда. Из рисунка 1 видно, что линия тренда для тепловозов 2ТЭ10МК расположена ниже, чем для тепловозов 2ТЭ10М, что свидетельствует о более низком в среднем расходе топлива на единицу перевозочной работы. Аналогичные результаты получены при построении зависимости удельного расхода топлива от массы состава Q и средней нагрузки на ось вагона q_o .

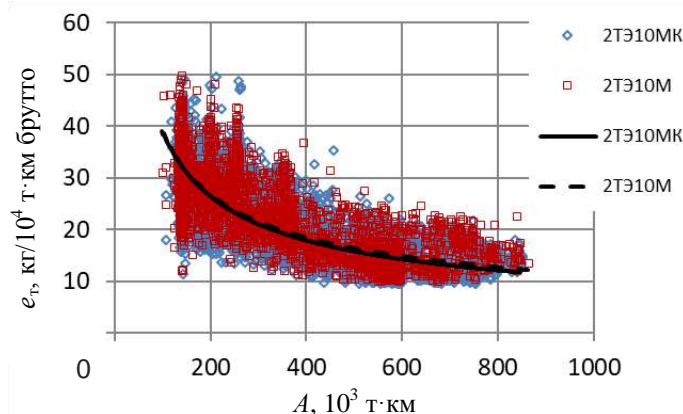


Рисунок 1 – Влияние количества выполненной работы на удельный расход топлива за поездку

Чтобы сравнить условия эксплуатации каждой из серий локомотивов, построены гистограммы распределения перевозочной работы A , массы состава Q , средней нагрузки на ось вагона q_o и линейного пробега s для тепловозов 2ТЭ10М и 2ТЭ10МК. Сравнительный анализ гистограмм показал, что условия эксплуатации тепловозов 2ТЭ10М и

2ТЭ10МК по данным из маршрутных листов машиниста одного из депо в рассматриваемый период практически идентичны.

По уравнениям, описывающим линии тренда для каждой серии тепловозов, вычислена разность значений удельных расходов и по полученным значениям построена зависимость указанной разности от выполненной перевозочной работы, приведенная на рисунке 2.

По данным о поездках тепловозов 2ТЭ10М построена диаграмма, приведенная на рисунке 3. Эта диаграмма даёт представление о суммарной перевозочной работе A' , выполненной для каждого из принятых интервалов изменения работы.

Перемножив для каждого интервала A'_i (см. рисунок 3) и среднее для этого интервала значение Δe_{Ti} (см. рисунок 2), затем сложив полученные значения, найдём, насколько меньше топлива было бы израсходовано, если работу, выполненную тепловозами 2ТЭ10М в рассматриваемом периоде времени, произвели модернизированные тепловозы 2ТЭ10МК:

$$\Delta E_T = \sum \Delta e_{Ti} A'_i.$$

Для рассмотренных данных из маршрутных листов машиниста значение ΔE_T составило 58,8 т. При расходе топлива за год тепловозами 2ТЭ10М 2500 т возможная экономия топлива составляет 2,35 %. В ценах на 1.06.2018 г. это составляет 82 128 р/год.

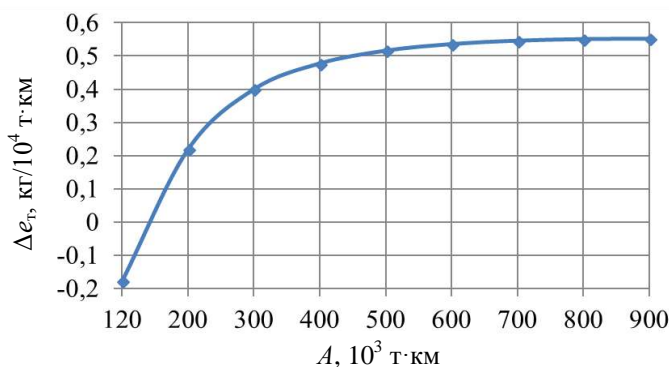


Рисунок 2 – Влияние количества выполненной работы на разность средних удельных расходов топлива за поездку

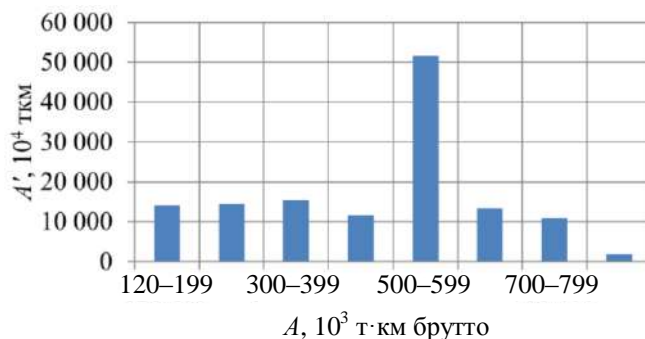


Рисунок 3 – Распределение суммарной выполненной перевозочной работы по интервалам

Список литературы

- 1 Френкель, С. Я. Оценка эффективности топливосберегающих мероприятий при эксплуатации тепловозов / С. Я. Френкель, Б. С. Френкель // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов : материалы Второй международной научно-практической конференции. – М. : ООО «ТМХ-Сервис», 2015. – С. 341–347.
- 2 Кузьмич, В. Д. Теория локомотивной тяги : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В. Д. Кузьмич, В. С. Руднев, С. Я. Френкель; под ред. В. Д. Кузьмича. – М. : Маршрут, 2005. – 448 с.
- 3 Володин, А. И. Экономия топлива на тепловозах / А. И. Володин, Г. А. Фофанов. – 2-е изд., доп. – М. : Трансжелдориздат, 1963. – 103 с.

УДК 629.423.1:629.43

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ ЭЛЕКТРОВОЗАМИ ВЛ80С И БКГ1

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. Г. ФЕДОРЕНКО

Белорусская железная дорога, г. Гомель

Проблема рационального расхода энергоресурсов на тягу поездов весьма актуальна. Поэтому очень важна объективность оценки эффективности внедряемых инноваций, направленных на энергосбережение. Оценка изменения расхода энергоресурсов является основой для расчета экономического эффекта от внедрения инновационных разработок.

В результате сложившейся многолетней практики оценку эффективности предлагаемых топливо(энергии)сберегающих инноваций выполняют по изменению расхода топлива (электроэнергии), приходящегося на измеритель перевозочной работы (удельный расход) [1, 2].

Для грузового движения нами выполнен анализ маршрутных листов машиниста некоторых локомотивных депо Белорусской железной дороги за несколько лет.

На рисунке 1 показан график влияния выполненной перевозочной работы A на удельный расход электроэнергии a , электровозами серии ВЛ80С и БКГ1 за поездку (приняты данные из маршрутных листов за два года).

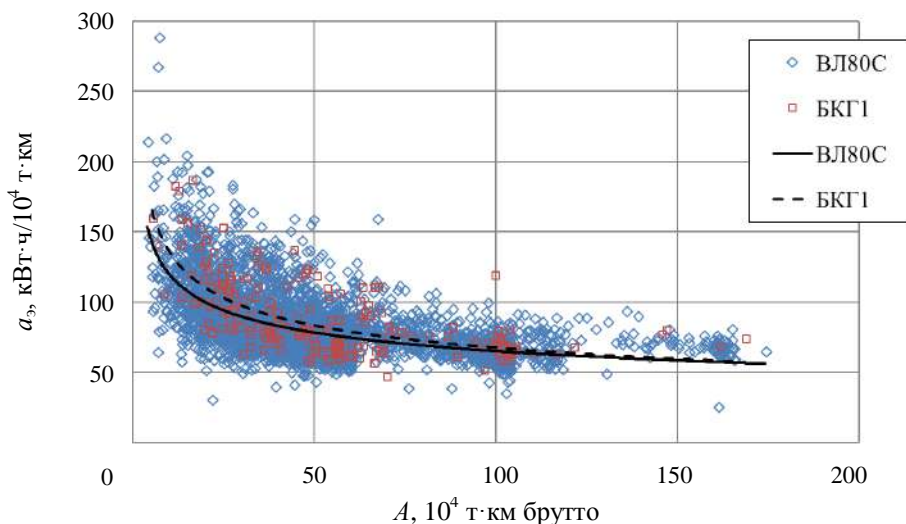


Рисунок 1 – Влияние количества выполненной работы на удельный расход электроэнергии электровозами за поездку

Каждая точка соответствует одной поездке. Для каждой группы точек соответствующей серии локомотива построена линия тренда. Из рисунка 1 видно, что линия тренда для электровоза ВЛ80С расположена ниже, чем для электровоза БКГ1, что свидетельствует о более низком в среднем расходе электроэнергии на единицу перевозочной работы. Аналогичные результаты получены при построении зависимости удельного расхода электроэнергии от массы состава Q и средней нагрузки на ось вагона q_0 .

Чтобы сравнить условия эксплуатации каждой из серий локомотивов, на рисунках 2–5 построены гистограммы распределения наиболее значимых эксплуатационных факторов: перевозочной работы A , массы состава Q , средней нагрузки на ось вагона q_0 и линейного пробега s для электровозов серии ВЛ80С и БКГ1.

Очевидно, что условия эксплуатации электровозов серии ВЛ80С и БКГ1 в рассматриваемый период мало отличаются. Следовательно, можно предположить, что более низкий удельный расход электроэнергии на тягу поездов электровозами ВЛ80С объясняется не тем, что условия эксплуатации электровозов ВЛ80С и БКГ1 различаются, а тем, что отличаются конструкции, а следовательно, технические характеристики электровозов.

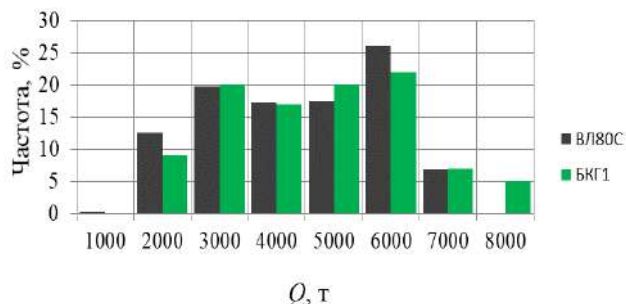


Рисунок 2 – Гистограмма распределения массы состава

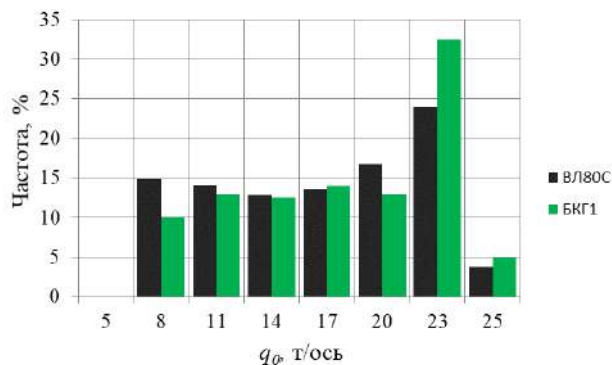


Рисунок 3 – Гистограмма распределения осевой нагрузки

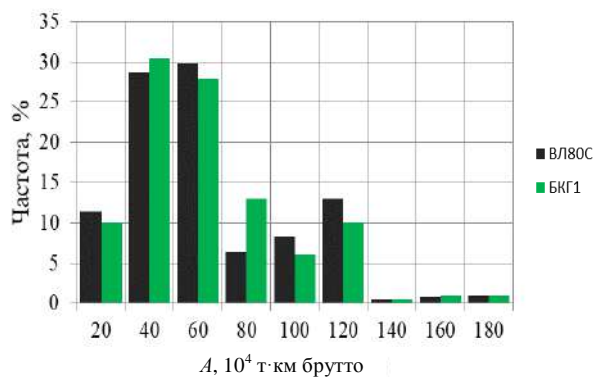


Рисунок 4 – Гистограмма распределения количества выполненной перевозочной работы

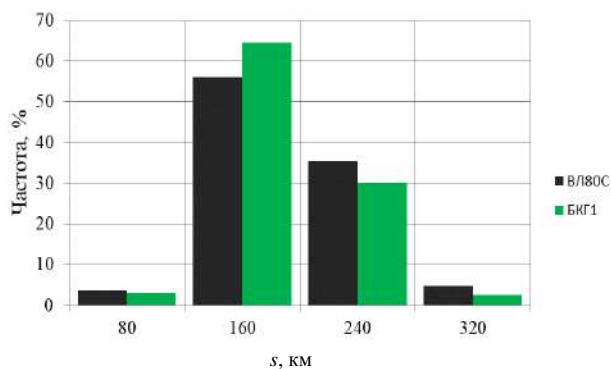


Рисунок 5 – Гистограмма распределения линейного пробега

Из рисунка 1 видно, что наибольшее расхождение линий тренда наблюдается при меньших значениях перевозочной работы, соответствующих меньшим значениям массы состава. При больших значениях работы, т. е. при значениях массы состава, приближающихся к максимально допустимым, линии тренда практически сходятся. Таким образом, вождение лёгких поездов более мощными локомотивами БКГ1 ведет к повышенному удельному расходу электроэнергии.

Список литературы

- 1 Френкель, С. Я. Об исследовании эксплуатационных факторов, определяющих расход дизельного топлива магистральными тепловозами / С. Я. Френкель // Совершенствование конструкции и системы обслуживания локомотивов : междуз. сб. науч. тр. / С.-Петерб. гос. ун-т путей сообщения ; под ред. А. В. Грищенко. – СПб. : ПГУПС, 2004. – С. 72–76.
- 2 Френкель, С. Я. Оценка эффективности топливосберегающих технических решений для тепловозов / С. Я. Френкель, Б. С. Френкель // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт – 2012. – № 1(24). – С. 15–18.

УДК 629.4.027

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ НОВОГО СПОСОБА КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ НАПРЕССОВКИ ВНУТРЕННИХ КОЛЕЦ БУКСОВЫХ ПОДШИПНИКОВ НА ШЕЙКУ ОСИ КОЛЁСНОЙ ПАРЫ

И. Л. ЧЕРНИН, Р. И. ЧЕРНИН, О. М. МОИСЕЙЧИКОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Используемый в вагоноремонтном производстве и в вагостроении способ косвенного контроля напрессовки колец буксовых подшипников на шейки осей колёсных пар получил распространение в связи с тем, что не разработаны и не внедрены в производство эффективные методы контроля. Применяемый контроль напрессовок не обеспечивает получения вполне достоверных оценок упругого напряжённого состояния деталей формируемых соединений.

Качественно новым этапом в развитии системы контроля прочности сопряжения деталей с гарантированным натягом колёсных пар вагонов является создание и внедрение в производство средств контроля технического состояния тепловых напрессовок внутренних колец буксовых подшипников, при помощи которых осуществляются измерения напряжённо-деформированного состояния (НДС) охватывающей детали соединения с гарантированным натягом.

Целесообразными являются технические разработки систем контроля механических и тепловых напрессовок колёсных пар вагонов и локомотивов на основе ЭВМ для специализированных поточных технологических линий. Это позволяет автоматизировать и оптимизировать процессы оценки работоспособности получаемых соединений (буксовых подшипников колёсных пар, цельнокатаных колёс, шестерен тяговых двигателей и пр.).

В ОНИЛ «ТТОРЕПС» БелГУТа разработан и прошел экспериментальную проверку способ контроля напрессовки по величине нормальных напряжений на поверхности измерительного эле-

мента [1]. Сущность указанного способа контроля заключается в следующем. Известно, что с целью получения более равномерного распределения напряжений по толщине стенки цилиндра и разгрузки внутренних слоёв за счёт лучшего использования наружных используют составные конструкции путём одевания одного цилиндра на другой (обычно с помощью горячей посадки). При посадке одного цилиндра на другой с гарантированным натягом окружные напряжения во внутреннем цилиндре являются сжимающими, а в наружном – растягивающими. Под действием внутреннего давления в таком составном толстостенном цилиндре возникают напряжения, определяемые как для цельного цилиндра. Просуммировав эпюры напряжений при указанных двух случаях нагружения соединения, получим действительную эпюру, имеющую место в составном цилиндре при внутреннем давлении (в нашем случае при контактном давлении p_k от тепловой посадки кольца подшипника на шейку оси колёсной пары). При расчёте составного цилиндра устанавливаем величину давления p_c на поверхности контакта внутреннего и наружного конструктивных элементов при заданных условиях нагружения, а затем определяем величину внутреннего давления p_k . В основу методики технической диагностики соединений колёсных пар вагонов по прочности сопряжения посадок с гарантированным натягом заложен базовый принцип тензометрического контроля с использованием замеров нормальных оценочных растягивающих напряжений на поверхности чувствительного элемента измерительного устройства, устанавливаемого концентрично относительно контролируемого кольца подшипника и охватывающего последнее на всех стадиях выполнения тепловой напрессовки. Усреднённые замеряемые окружные напряжения в чувствительном элементе измерительного устройства позволяют оценить величину реального удельного давления в зоне контакта сопряжённых с гарантированным натягом деталей и установить действительную величину последнего в соединении при фактической разности диаметров сопряжённых цилиндрических поверхностей, имеющих каждая свою макро- и изменённую после сборки микрогеометрию.

Результаты проведенного исследования описаны в работе [2]. Проведенная работа позволила установить, что величина фактического натяга в сопряжении отличается от величины определяемой общеиспользуемым косвенным способом по разнице сопрягаемых диаметров перед посадкой (по границам рекомендуемого интервала величины натяга 0,035–0,065 мм) достигает 8–10 %, что нередко приводит к ослаблению посадки (провороту кольца) либо к разрыву.

За базовый вариант для разработки технологической оснастки по уровню НДС коллективом принято устройство [3], содержащее выполненный с возможностью коаксиальной его установки относительно охватывающей детали соединения с натягом в начале формирования посадки чувствительный элемент в виде двух клеммовых соединений, каждое из которых имеет цилиндрическую наружную поверхность и конусную или цилиндрическую внутреннюю поверхности, контактирующую с наружной поверхностью контролируемой детали формируемого соединения, при этом тензорезисторы закрыты кожухами. Одно из клеммовых соединений установлено с наружной стороны напрессовываемой детали и выполнено в виде разрезанного с одной стороны по диаметру кольца, снабженного стяжным болтом, а второе из упомянутых соединений состоит из двух полуколец, охватывающих наружную поверхность детали и соединенных между собой оппозиционно расположенными стяжными болтами. Каждое из указанных клеммовых соединений выполнено, как отмечено выше, с цилиндрическими наружными поверхностями, при этом на наружных поверхностях установлены тензорезисторы, соединенные в измерительный мост. Тензорезисторы наклеены на каждом клеммовом соединении в диаметрально противоположных его частях в вертикальной плоскости, проходящей через ось симметрии стержня стяжного болта перпендикулярно оси шейки колёсной пары. Устройство контроля прочности напрессовки с диаметром сопряжения d содержит клеммовое соединение с одноболтовой схемой затяжки и клеммовое соединение с двухболтовой затяжкой и зазором a и шириной b разрезных цилиндрических колец. На цилиндрических поверхностях измерительных элементов с наружным диаметром D установлены соединённые в измерительный мост датчики, защищённые кожухами. Клеммовые соединения предназначены для контроля НДС охватывающей детали соединения с гарантированным натягом на оси колёсной пары. Применение указанных чувствительных тензоэлементов позволяет осуществлять контроль исходной прочности как тепловых формируемых соединений с гарантированным натягом, так и механических продольно-прессовых соединений колёсных пар вагонов.

Устройство для контроля прочности напрессовки работает следующим образом. Клеммовые соединения в свободном состоянии надевают на деталь, подлежащую напрессовке на ось. Затем за-

жимают стяжные болты с целью обеспечения неподвижного закрепления этих соединений с незначительным предварительным натягом. В таком положении при помощи тензодатчиков фиксируют нормальные растягивающие напряжения на цилиндрических поверхностях клеммовых соединений (установка относительно нуля, т.е. балансировка каналов тензоаппаратуры при температуре производственного помещения до сборки прессового соединения). Формируется соединение с натягом. После напрессовки замеряют упомянутые выше напряжения и по разности величин последних определяют контактное давление и натяг. Сравнивают полученные результаты с эталонными допустимыми значениями. При отклонениях, превышающих установленные нормативные значения, полученное соединение с гарантированным натягом подлежит расформированию.

Список литературы

1 Способ контроля исходной прочности тепловой напрессовки кольца подшипника на шейке оси колёсной пары и устройство для его осуществления : пат. 7377 Респ. Беларусь., МПК⁷ В 23Р 11/02, G 01L 1/22 / И. Л. Чернин, В. И. Сенько, Л. В. Сенько; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – а 20010261 ; заявл. 20.03.2001 ; опубл. 30.09.2005 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2005. – № 4. – С. 158–159.

2 О контроле прочности соединений с гарантированным натягом колец подшипников с шейками осей колёсных пар / И. Л. Чернин [и др.] // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2010. – № 1 (20). – С. 5–9.

3 Устройство для контроля прочности механической напрессовки колеса на ось колёсной пары : пат. 2431 Респ. Беларусь, МПК⁷ В23Р 11/02, G 01L 1/22 / В. И. Сенько, И. Л. Чернин, Р. И. Чернин, С. Ф. Гориченко ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № u 20050254 ; заявл. 02.05.2005 ; опубл. 28.02.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 1 (48). – С. 172–173.

УДК 629.463.65

USAGE OF HIGH-STRENGTH STEEL ALLOYS ON FREIGHT CARS, PRODUCED IN THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Ya. O. RUZMETOV, M. S. VALIEV

Tashkent Institute of Railway Engineering, Republic of Uzbekistan

Uzbekistan Railways Joint Stock is one of a few companies on the territory of CIS, which is authorized to produce and manufacture machinery. Several types of tank-wagons, closed and semi-closed carriages are being produced for several years.

Foundry manufacture is the leader branch of a major machinery. Uzbekistan had taken this direction of manufacturing successfully as an independent country. Constant integration of modern requirements into the railway system, can be seen on the example of AIP branch company.

Also, a wide amount of work is being done nowadays in a sphere of closed, semi-closed, flatcar carriages and the between-service period of the carpark is being delayed as long, as it may be possible. Elements and details for serving and repairing the rolling stock, that were imported before, are being manufactured here nowadays. The localization level of the ready product is also growing up.

Shortening natural resources` expenses on different spheres is a very serious problem of the humanity of XXI century. Natural products are being interchanged with synthesized materials, newer hi-strength steels, nanotechnologies and energy saving technologies are being introduced day-by-day.

Such strategical spheres of economy like machinery and transportation are the key consumers and contributors of new technologies. Regular speed increases, carrying constructions` weight decrease, max load increases and service expense economies are characterful for road-building, rural, auto industry, railway manufacturing. An intense usage of main scientific achievements and technical progress products, makes it a great profit for the owner [1].

Aviation and sea transport consider using light but strong materials in the manufacturing processes. High metal capability of these transport means, require innovative solutions from engineers, i.e. optimizing constructions and so on. Elements with the second class of responsibility are interchanged with materials, based on carbon, polyurethane, ceramics and etc.

Car bodies take new and light frames. Suspensions and their upper and lower bridges are changed with space levers per each wheel. Hanged elements (car roof, yaws and etc.) are made of lightened colored castings. Steel in the wheel discs is changed on aluminum and titanium. Traditional fuel is changed with gas,

hydrogenium and electric traction. These innovations give advantages, causing weigh losses and environment pollution decrease.

As all huge cities are overloaded today with passenger transport, transport types like tram, trolley-busses, and etc. is really important. Main requirements here are maintaining soft movement, lesser fuel consumption and passengers` comfortability. All these kinds of stuff, require extra systems: filtering systems, cruise-control and fire safety.

That`s why, constructors and technicians should decrease the constructions` weight without safety losses. For example, city tramcars are made of hi-strength steel casts, based on aluminum. Foam plastic is used as a sound repressor material. Floor cover in buses is doe from wood sheets, covered with anti-fire shield.

Wide usage of lightened materials with hi-strength steels in manufacturing process of hi-speed passenger rolling stock, and magnetic-levitated rolling-stock can be seen nowadays. Car bodies, running elements of carriages are made exclusively of hi-strength modern materials.

Freight carriages on railway transport are being used with a high intensity on the territory of CIS. Main parameters, that affect the carriages` exploitation, are temperatures within amount of +50...-60 °C, high humidity, excessive loadings on carrying elements, mechanical damages during the loading and unloading operations, curves on rails, wear of the inner surface of the car-body and wear of carrying elements [2].

The factors above negatively affect the reliability of the freight carpark exploitation, As the 2014–2017 yrs. monitoring analysis shows, there is half-carriages` car-body defects, having the biggest occasion frequency, and happens by cross-beam cracks, corner cracks and car-body`s yaw wall cracks. Elements of universal flatcars usually oppose to dysfunctions on the floor and the deck. Tank-cars` weak points are stretching belts, drainage equipment and a tank. All these types of cars have dysfunctions in a cross-bar, internal beams and end-beams.

Taking the upper influent factors into account, the carriages` design should be remastered, integrating in newer manufacturing technologies and maintenance methods, using high-strength steel in manufacturing processes, and maintaining careful exploitation.

Special technical contributions and requirements were formed within this target for the new generation carriages. Main characteristics for them should be: high run speed, axle loading, max load, run between maintenance and low metal usage, obtained by optimizing carrying elements of the carriages.

So that`s why, all these technological introductions with using high-strength steels, which are approved by economical calculations are really actual and necessary.

There is a pretty wide variety of ways to increase an efficiency of exploiting current kinds of rolling stock of railways. For example, it can be made out through increasing the max load mass & decreasing the carriage load coefficient. Or, via widening the carriages` volume, and at last, by decreasing the exploitation expenses [3].

Max load mass of a 4-axle half-carriage, which has a 23.5 tons/power unit load, can be increased by decreasing it`s load mass. All leading rolling-stock manufacturers try to integrate new kinds of alloys into the production processes, so that will decrease the carriages` costs, still keeping them reliable. It was figured out, that tare extension of a carriage, will lead to a max traffic density increase on railways, because of net weight increase on carriages with a lesser tare coefficient. By keeping the standard sizes of carriages and decreasing their loads` mass, it can be obtained to shorten carriage & loco parks, which would help to decrease the number of needed personnel to operate. Besides, resources like metal, electricity are also usually been saved, so thus gives fund saves for traffic expenses. All kinds of loco & carriage park and railway track expenses are also decreased. Also, less tare masses are obtained by using special high-strength alloys in carriage manufacturing process.

Volume extensions of carriages leads to railway traffic capacity increase. Proper usage of carriages` spaces gives great haul incomings. For example, closed-cars` sizes are used much more efficiently, than tankers`, hoppers` or dump-cars`.

High reliability, great maintenance characteristics and high run volume between maintenances, decreases all kinds of exploitation expenses. This is reached by throughout projecting, using proper materials in manufacture processes and obeying all rules of exploiting & maintenance of rolling stock.

Nowadays, all parameters, counted above, are objects of interest for all customers. It has to be underlined, that responsible parts of carriages, such as box and frame are made of steel, which has a durability for up to 390 MPa pressure. Durability against pressures for up to 440 MPa has not been reached yet, making it still an objective, that will lead to the full market domination, if it`s achieved. That`s why work over

high-strength alloy production for carriages of 12-9922 model in «AMP» subsidiary company is steel one of the most actual processes for today.

The half-carriages tare coefficient decreases, should be organized without affecting its reliability and strength. The highest percentage of failures is considered to be on spines, or elements with technological spaces, welded edges and cross-beams.

The next part of the carriage, that comes to malfunctions frequently, is a carriage frame. Technological holes, welding zones are really weak during the exploitation. Frame malfunctions are usually met on fitting platforms.

And at last, box-stands and cans of tankers are the details that should be discussed through. Different cracks on stands and cans are caused by corrosion and rips on the can-bottom.

Carriages and their yaw walls have cracks on stands, welding edges, cuts, and mechanical dysfunctions. Due to a high amount of welding edges, they often have cracks on their surface.

Hopper-carriages bunkers failures happen on the vibrating element's installation place, and corrosion. Another failures that should be described right over here, are cracks on carriage rooftops and carriage frame ends.

In addition, failures like aggressive influence of heavy loadings and their mechanical coercion can also be added to the list of factors, that cause various malfunction on carriages.

The analysis held out through the past 4 years, shows, that cross-beams, vertical box-stands and yaw walls should be strengthened. Usage of high-durable steel alloys in these details will, probably, decrease the percentage of failures.

So in that case, this article goes through the main parameters of carriage «12-2299»'s analogue model, produced by «AMP» subsidiary.

References

1 **Рузметов, Я. О.** Методика расчета прочности литых боковых рам тележек грузовых вагонов с учетом внутренних литейных дефектов / Я. О. Рузметов, А. В. Якушев, С. О. Комиченко // Институт Государственного управления права и инновационных технологий (ИГУПИТ) / Вып. 3, май-июнь 2014.

2 **Rahimov, R. V.** Development of maintenance and repairing tank wagon for the transport of concentrated sulfuric acid / R. V. Rahimov, Ya. O. Ruzmetov // Вестник Ташкентского государственного технического университета. – 2017. – № 2. – С. 86–91.

3 **Rahimov, R. V.** Analysis of the state and prospects of the development of the freight wagon feet of the Republic of Uzbekistan / R. V. Rahimov, Ya. O. Ruzmetov // Non-ferrous metals. – 2018. – № 1 (44). – P. 7–12.

2 УПРАВЛЕНИЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.94:656.052.5:656.224:656.211

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЕЗДНОЙ СИТУАЦИИ НА ПАССАЖИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ ДСП РЕШЕНИЙ В НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ

А. А. АКСЁНЧИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Эффективность работы пассажирской железнодорожной станции зависит в первую очередь от того, насколько правильно поставлено управление процессами по приему, отправлению пассажирских поездов и маневровой работе на станции. Выполнение графика движения поездов зависит от действий дежурного по железнодорожной станции (ДСП). Принимаемые ДСП решения зависят в первую очередь от профессиональной подготовки, опыта работы, функционального состояния.

ДСП для накопления опыта требуется несколько лет, процесс этот протекает в значительной мере интуитивно. В памяти ДСП накапливаются возникающие ситуации и рациональные решения к ним. Этот подход можно отнести к «методу проб и ошибок».

Как показывает практика, специфика работы ДСП включает в себя перечень действий в нестандартных ситуациях, направленных на выполнение графика движения поездов при безусловном обеспечении безопасности движения. В связи с тем, что нестандартные и аварийные ситуации влекут за собой сильный стресс, эмоциональное перенапряжение ДСП, всё это влияет на правильность принятия решения.

Для уменьшения влияния человеческого фактора на принимаемые решения в нестандартных ситуациях, повышения безопасности движения поездов и маневровой работы на станции возникает острая потребность в создании интеллектуальной системы по моделированию поездной ситуации. Основной целью имитационного моделирования поездной ситуации является обеспечение и повышение эффективности и безопасности функционирования пассажирской железнодорожной станции.

При пропуске одного пассажирского поезда, следующего со сменой локомотива, ДСП должен принять не менее пяти оперативно-управляющих решений: по выбору пути приема поезда, определению времени: открытия входного сигнала, открытие маневрового сигнала для выезда поездного локомотива из-под состава в депо, открытия маневрового сигнала, для пропуска поездного локомотива из депо под состав, открытие выходного сигнала по отправлению. А если к поезду производится прицепка или отцепка пассажирских вагонов, то количество операций увеличивается в несколько раз. Всё это ведет к психофизиологической нагрузке ДСП и соответственно к принятию им оптимально-правильных решений. В нестандартных и аварийных ситуациях необходимо принимать решения в стрессовой ситуации, ограниченности времени, эмоциональном напряжении, это сказывается на правильности принятия решения. В современном мире для уменьшения психофизиологической нагрузки на ДСП всё больше внедряются автоматизированные системы управления, интеллектуальные программные комплексы, информационные технологии и др.

Целью интеллектуальной программы имитационного моделирования поездных ситуаций для ДСП, является обеспечение принятия правильных решений в нестандартных и аварийных ситуациях при приеме и отправлении поездов, выполнении маневровой работы, а именно:

– моделирование маршрутов приема/отправления поездов с учетом времени занятия стрелочных горловин и железнодорожных участков приближения (с учетом интервалов прибытия/отправления, враждебности основных и вариантных маршрутов);

– моделирование маршрутов маневровых передвижений для выполнения размена локомотивов, прицепки/отцепки вагонов, подформирования составов поездов (с учетом интервалов занятия стрелочных горловин);

– увязка поездной и маневровой работы с действующим графиком движения поездов (с учетом занятости путей железнодорожной станции);

– предложение различных вариантов поездной работы с аналитической оценкой и предложение оптимального (с учетом поездной ситуации на подходах к железнодорожной станции и информации от ДНЦ).

Внедрение интеллектуальной программы имитационного моделирования поездных ситуации позволит:

– уменьшить влияние человеческого фактора на принимаемые решения;

– повысить безопасность движения поездов при поездной и маневровой работе;

– повысить достоверность принятия решений по оптимизации использования инфраструктуры пассажирской станции (приемо-отправочных путей), что повлияет на уменьшение непроизводительных эксплуатационных расходов;

– производить оптимизацию поездной и маневровой работы на станции в пассажирском движении, что повлияет на снижение топливно-энергетических ресурсов;

– производить построение прогнозного суточного плана-графика железнодорожной станции в пассажирском движении с учётом различной эксплуатационной нагрузки на станцию, технологии обслуживания пассажирских поездов и маневровой работы.

Эффективность (соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами (ISO 9000:2015)) интеллектуальной программы имитационного моделирования поездных ситуации можно определить по сокращению затрат времени, связанных с эксплуатацией маневровых локомотивов при отцепке/прицепке вагонов к пассажирскому составу:

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{эк}} - \mathcal{E}_3,$$

где $\mathcal{E}_{\text{эк}}$ – годовая экономия эксплуатационных затрат от внедрения интеллектуальной программы имитационного моделирования поездных ситуации, руб.,

$$\mathcal{E}_{\text{эк}} = 365 M_{\text{ман}} \Delta t_{\text{ман}} n_{\text{оп}} e_{\text{л-ч}};$$

$M_{\text{ман}}$ – среднесуточное количество маневровых локомотивов, используемых на пассажирской железнодорожной станции по прицепке/отцепке вагонов; $\Delta t_{\text{ман}}$ – сокращение непроизводительного времени при выполнении маневровой работы, ч; $n_{\text{оп}}$ – среднесуточное количество прицепок/отцепок к пассажирским поездам; $e_{\text{л-ч}}$ – стоимость маневрового локомотиво-часа, руб.; \mathcal{E}_3 – затраты, связанные с внедрением данного программного продукта, руб.

Рассмотрим на примере станции Минск-Пассажирский эффективность интеллектуальной программы имитационного моделирования поездных ситуаций: затраты на разработку программного продукта предположительно составят 65 000 рублей; среднесуточное количество маневровых локомотивов используемых на станции Минск-Пассажирский по прицепке/отцепке вагонов ($M_{\text{ман}} = 1$); сокращение непроизводительного времени при выполнении маневровой работы ($\Delta t_{\text{ман}} = 0,03$), ч; среднесуточное количество прицепок/отцепок к пассажирским поездам ($n_{\text{оп}} = 106$); стоимость маневрового локомотиво-часа ($e_{\text{л-ч}}^* = 69,96$), руб.

$$\mathcal{E}_{\text{эк}} = 365 \cdot 1 \cdot 0,03 \cdot 106 \cdot 69,96 = 81202 \text{ руб.},$$

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{эк}} - \mathcal{E}_3 = 81202 - 65000 = 16202 \text{ руб.}$$

Применение интеллектуальной программы имитационного моделирования поездных ситуации дает положительный эффект в первый год эксплуатации. Использование данного продукта возможно не только ДСП, но и инженерно-техническими работниками станции при составлении оперативных и перспективных планов работы пассажирской железнодорожной станции.

* Методические рекомендации по расчету экономических параметров, позволяющих оценить эксплуатационные расходы по технологическим операциям услуг железнодорожного транспорта общего пользования (Приказ от 20.12.2016 г. № 376Н (приложение 3, таблица 3.1. Локомотиво (тепловозо)-час маневровой работы – 57,16. Письмо о предоставлении информации от 08.05.2018 № 23-05-13/16151 – коэффициент пересчета за 1-й квартал 2018 г. – 1,224)).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ГЕНЕРАЛЬНОЙ СХЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

А. Ф. БОРОДИН

АО «Институт экономики и развития транспорта», г. Москва, Российская Федерация

Разработка и актуализация Генеральной схемы развития сети железных дорог; бизнес-планы крупных комплексных инвестиционных проектов; обоснования инвестиций по конкретным объектам; подготовка технических условий на проектирование строительства, реконструкции и примыкания железнодорожных путей необщего пользования представляют собой сложный взаимоувязанный комплекс технико-экономических задач, для которых известны лишь частично формализованные подходы к решению.

Вместе с тем в отделениях АО «Институт экономики и развития транспорта» (ИЭРТ) наработан и применяется ряд методологических подходов и методических правил, опирающийся на созданный на отечественном железнодорожном транспорте мощный научно-методический потенциал для расчета перевозочной мощности транспортных систем. Данные подходы и правила позволяют существенно снизить уровень неопределенности условий и уровень рисков получения неэффективных результатов.

Методика разработки Генеральной схемы предусматривает:

- 1) внедрение перспективных транспортно-логистических продуктов в перевозках грузов и пассажиров;
- 2) распределение транспортных потоков по альтернативным направлениям с учетом проводимой работы по специализации железнодорожных линий, разделения инфраструктуры на преимущественно грузовую и пассажирскую и изменения нормативов ее содержания;
- 3) расчеты перспективных параметров освоения перевозок, исходя из эксплуатационных требований к перспективным техническим средствам, обеспечивающим интенсификацию провозной и пропускной способности железных дорог;
- 4) перспективную структуру и специализацию парков вагонов в грузовых и пассажирских перевозках и ее влияние на структуру и размеры транспортных потоков, технологические параметры перевозочного процесса, потребную перевозочную мощность железнодорожной инфраструктуры;
- 5) сбалансированность мероприятий по развитию инфраструктуры с производственными мощностями специализированных проектных и строительных организаций.

Генеральная схема базируется на реализуемых в ОАО «РЖД» мероприятиях по совершенствованию технологии перевозочного процесса и внедрению новой техники. Ключевые из этих мероприятий: внедрение единого сетевого технологического процесса, повышение доли отправительской и технической маршрутизации, оптимальное перераспределение грузо- и пассажиропотоков, развитие системы тактового движения пригородных и скоростных поездов в крупных агломерациях и др.

Новым подходом в расчетах по обоснованию параметров Генеральной схемы стала проработка технико-технологических моделей управления перевозочным процессом на крупных полигонах железнодорожной сети. Указанные модели предусматривают:

- развитие «безбарьерной» организации эксплуатационной работы с синхронизацией структур поездопотоков; полигонных норм массы и длины грузовых поездов; участков обращения локомотивов и работы локомотивных бригад; гарантийных участков безопасного проследования грузовых поездов; диспетчерских кругов и зон управления в центрах управления перевозками;
- развитие вариантных технологических режимов, обеспечивающих эффективную работу в условиях сезонности пассажирских и грузовых перевозок, ведения работ по реконструкции и ремонту инфраструктуры, нормализацию эксплуатационной обстановки при возникновении технологических сбоев.

Жесткие ограничения как доступных инвестиционных ресурсов, так и производственных мощностей проектно-изыскательских и строительно-монтажных организаций, значительная длительность инвестиционно-строительного цикла в железнодорожном строительстве предопределяют специфику постановок и методов решения задач обоснования инвестиционных мероприятий.

Решение проблемы оптимизации технологии перевозочного процесса и развития сети базируется на применении комплекса гибридных математических моделей. Компоненты анализа статистики и прогнозирования обеспечивают расчет динамики и структуры транспортных потоков, сетевые потоковые задачи – распределение этих потоков, имитационные модели – показатели работы полигонов сети.

Недостаток пропускной способности участков или станций, емкости путевого развития станций; потребной численности локомотивного парка и мощности устройств локомотивного хозяйства влечет за собой ухудшение определенных групп показателей, увеличение потребности определенных групп ресурсов и необходимость технологических мер компенсации.

Компенсационные меры не всегда приводят к положительным результатам. Поэтому необходимо вычислять баланс провозной способности исходя из допустимого уровня маневренности железнодорожного полигона. Баланс должен определяться расчетом на моделях конкретных полигонов по задаваемым потоковым схемам.

Одним из важнейших направлений обеспечения конкурентоспособности, эффективности и надежности современного железнодорожного транспорта является специализация железнодорожных линий по преимущественным видам движения.

Даже на проектируемой высокоскоростной железнодорожной магистрали планируют перевозить не только пассажиров, но и грузы срочной доставки. В условиях существующей железнодорожной сети тем более правильно вести речь не о полном физическом отделении грузовых перевозок от пассажирских, а об эффективных режимах эксплуатации железнодорожных линий, исходя из диапазонов веса и скорости обращающихся пассажирских и грузовых поездов.

Там, где пассажирские поезда следуют со скоростью 120 км/ч и более, пропуск тяжеловесных и длинносоставных грузовых поездов будет вызывать не только повышенные расходы по ремонту и текущему содержанию инфраструктуры, но и существенные затруднения в поездной работе. В то же время на таких участках эффективен пропуск контейнерных и иных специализированных поездов с повышенной маршрутной скоростью. На направлениях преимущественно грузового движения предусматривается пропуск грузовых и пассажирских поездов с одинаковыми допускаемыми скоростями. И это не обязательно противоречит интересам пассажиров. Таким способом обеспечивается, например, удобное время отправления и прибытия.

Параллельные железнодорожные линии, на которых решается задача их специализации, имеют разное техническое развитие и разную потребность в инвестициях. Детального рассмотрения требуют варианты тягового обслуживания пассажирского и грузового движения, распределения работы между сортировочными станциями по сетевому и дорожному плану формирования поездов.

В общем случае концентрация и специализация производства эффективны при росте его объемов и требований к качеству. Транспортное производство не является исключением. Специализация железнодорожных линий – сложная технико-экономическая задача, решение которой влияет на расходы и доходы самостоятельных участников транспортно-логистических цепей как в грузовых, так и в пассажирских перевозках.

Здесь недостаточно добиться снижения расходов железных дорог за счет унификации поездопотоков и упрощения режимов эксплуатации, оптимизации жизненного цикла инфраструктуры и улучшения использования ресурсов. Ограничения на решение накладывают не только инвестиционные ресурсы и физическая возможность расширения объектов сети. Важно не допустить потери качества транспортного обслуживания, скорости и надежности доставки грузов, уровня пассажирского сервиса и в целом потери доходов железнодорожного транспорта.

Следование по специализированным линиям увеличивает расстояние следования пассажирского либо грузового транспортного потока. Увеличение расстояния следования будет оправдано, если будут:

- улучшены финансовые результаты деятельности участников перевозочного процесса;
- соблюдены ограничения на допустимый уровень надежности перевозочного процесса;
- соблюдены ограничения на допустимый уровень маневренности железнодорожного полигона, то есть не будут превышены допустимые значения задержек транспортных потоков, что обеспечивается за счет дополнительной емкости путевого развития станций и дополнительной пропускной способности участков.

Специализация должна стать основой для внедрения новых транспортных продуктов – регулярной и скоростной доставки грузов, мультимодальных перевозок грузов и пассажиров.

ВОЗМОЖНОСТИ 3D-МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С РЕКОНСТРУКЦИЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

А. К. ГОЛОВНИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время вычислительные возможности современных компьютеров позволяют рассчитывать многочисленные эффекты взаимодействия объектов сложных технических систем. Становится возможной реалистичная имитация различных процессов на наглядных трехмерных моделях. Изменение состояний модельных объектов воспринимается как отражение реальных процессов, происходящих в функционирующих технических системах. С этих позиций моделирование работы железнодорожной станции рассматривается как эффективный способ расчета и прогнозирования состояния объектов в процессе выполнения технологических операций, а также возникновения и развития негативных и опасных эффектов. Выбор исходных состояний объектов системы, потенциально приводящих к сложным технологическим ситуациям, можно многократно «проигрывать» на экране дисплея, сокращая и ускоряя таймер модели, масштабно детализируя поверхности взаимодействующих объектов, снимая с виртуальных датчиков показания достигаемых напряжений и деформаций. Однако многие модельные процессы оказываются достоверными лишь в расчетной точке или в некоторой малой временной окрестности.

Развитие отдельных процессов, обеспеченных взаимодействием большого количества объектов с различными характеристиками (вагоны широкого ряда типов, загруженные определенными грузами, уникальная топология путей инфраструктуры каждой станции), приводит к необходимости верификации достигаемых состояний. Позиционирование 3D-станции как инструмента прогнозирования состояний станционных объектов предполагает наличие определенного механизма оценки достоверности достигаемых модельных позиций. Если в начальный момент запуска модели станции полностью определены положения и состояния объектов подвижного состава и пути, то в соответствии с принятыми правилами модельного мира, соответствующими реальным законам физики и требованиям технологии, виртуальная станция через некоторое время переходит в новое состояние с новыми позициями модельных объектов. При этом важно, чтобы модельный переход был адекватен процессам на реальной станции с таким же исходным состоянием объектов. Механизм верификации должен контролировать развитие отдельных процессов в соответствии с некоторым эталоном. Если через определенное время модельная реконструкция отклоняется от эталона на значение, большее допустимого, то производится корректировка модельных процессов с обеспечением функционирования 3D-станции в пространстве верифицированных состояний.

Воспроизведение реальных процессов в динамической модели сопряжено с проблемами моделирования влияний и следствий действия физических законов. Реализация подобной модели представляется как актуальная, но достаточно сложная задача исследования динамики контактного взаимодействия деформируемых твердых тел.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ В МЕЖДУНАРОДНОМ СООБЩЕНИИ КАК ИНФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА СИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА

А. К. ГОЛОВНИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. А. ПАДАЛИЦА

СООО «Трансрейл-БЧ», г. Минск, Республика Беларусь

Глобализация мировой экономики предопределяет неуклонный рост товаропотоков между регионами производства товаров (страны Юго-Восточной Азии) и регионами их потребления (страны

Западной Европы). Ежегодный объём контейнеризованного товарооборота превышает 22 млн ДФЭ. При этом по сухопутному Евразийскому железнодорожному коридору перевозится менее 1 % от этого объёма, тогда как пропускные и перерабатывающие способности коридора позволяют по теоретическим оценкам экспертов перевозить около 5 %. Исходя из этого правительство Китая выдвинуло инициативу «Один пояс – один путь», важной целевой задачей которой является повышение конкурентоспособности Евразийского железнодорожного коридора. Эту инициативу поддержали правительства стран, по которым пролегает данный коридор, включая Республику Беларусь.

В результате общих усилий в последние годы происходит существенный рост количества контейнерных поездов в сообщении Китай – Европа – Китай. Однако достичь намеченных результатов по переключению определённой части товаропотоков (до 5 % от общего товарооборота) из морских и авиационных маршрутов на железнодорожные коридоры пока не удаётся из-за недостаточного качества сервисов. Это проявляется в имеющихся случаях задержки в пути следования как одиночных контейнеров, так и целых составов контейнерных поездов на несколько суток. Не редки случаи образования заторов на пограничных станциях. Такие случаи влекут за собой срыв плановых сроков доставки товаров, несохранность перевозок и т. д.

Одной из основных причин названных негативных факторов является, по мнению авторов, слабая координация действий многочисленных участников транспортно-логистических процессов на железнодорожных коридорах в части использования имеющихся ресурсов инфраструктуры, транспортных средств и т. д.

Одним из эффективных методов решения названных проблем в современных условиях цифровизации экономики и социальной сферы является создание цифровой модели железнодорожного коридора. Такая модель позволит определить общие, наиболее полные условия эффективного обслуживания поездопотоков в некоторой модельной реконструкции. Конструкторская среда модели транспортного коридора может воссоздать динамическую картину перемещения грузопотока с фиксацией контрольных параметров, анализом создающихся оперативных ситуаций и возможной реконструкцией альтернативных технологических и управляющих решений. Разработка адаптивной модельной среды потребует использования сложных, настраиваемых алгоритмов, обладающих достаточной достоверностью своей реализации. В этом отношении следует рассмотреть возможность создания информационно-советующей системы, накапливающей в базе данных характеристики прошедших и текущих состояний объектов инфраструктуры, подвижного состава и других используемых ресурсов, необходимых для освоения заданного объёма грузопотока.

Модельная реконструкция технологических процессов должна быть обязательно связанной от начального до конечного пункта в продвижении потока по транспортному коридору. По сути, рассматривая некоторую отрезочную модельную инсталляцию, мы существенно утрируем условия на границах участка моделирования, усредняя их и принимая значения с заведомо неточными характеристиками. Виртуальная конструкция всей системы обеспечения перевозок по транспортному коридору вместе с грузопотоком рассматривается как полный цифровой аналог реальной структуры элементов обслуживающей и обслуживаемой подсистем, который позволит сформировать динамическую прототипирующую реконструкцию, воспроизводящую процессы обработки поездопотоков на всём маршруте следования по международному транспортному коридору.

Адаптивная схема развития модельных процессов с возможностью корректировки условий обработки потока, изменений значений его характеристик существенно расширяет потенциал модельной реконструкции. Определяются точки входа в динамическую модель, где информационная среда принимает корректировочные позиции управляющего органа и формирует новый расчётный пакет, имитирующий перемещение поездов по маршруту следования. При этом прогнозируется состояние всех элементов модельной системы. Съём информации можно осуществлять с любой точки объектов моделирующей структуры, анализировать достигаемые показатели и оптимизировать транспортный процесс, проводя соответствующие команды управляющим органом. Моделирование прогнозного состояния системы в соответствии с реальной обстановкой позволит эффективно управлять поездопотоком с внесением соответствующих коррективов в модель и в принятие оперативных решений.

Модельная реконструкция процессов обслуживания поездопотоков при проследовании по международному транспортному коридору может служить поисковым инструментом для определения рациональных режимов взаимодействия отдельных подсистем, эффективных схем формирования поездов по назначениям вагонов и контейнеров. Накопление базы модельных вариантов пропуска потока по транспортному коридору с сохранением аналитических выводов и рекомендаций позво-

лит получить эвристическую оболочку интеллектуальной среды, советующей ЛПР рассмотреть в данной ситуации конкретное управляющее воздействие, способствующее достижению более высокого значения определенного запланированного критерия. Широкий спектр расчётных процедур, ориентированных на получение максимальных значений частичных или комплексного критериев, позволит расширить сферу применения информационно-советующей среды, позволяя решать задачи не только оперативного, но и планового характера. При возрастании объемов перевозок на транспортном коридоре моделирование соответствующих процессов поможет установить определенные узкие места и укажет на необходимость инфраструктурного развития линий и узловых пунктов передачи потока.

С этих позиций модельный образ всей технико-технологической системы обеспечения перевозок по транспортному коридору можно рассматривать как цифровой «слепок» реального процесса обслуживания поездопотоков, эрзацаналог формирующегося состояния транспортно-логистической структуры данного международного коридора. Виртуальная схематика такого дубля может рассматриваться как специальная цифровая среда, в которой может «выращиваться» и реализовываться реальная динамическая картина происходящих процессов на железнодорожных направлениях, станциях, пунктах погрузки, выгрузки, передачи и перевалки внешнеторгового грузопотока. Таким образом, речь идет о создании цифрового реконструктора, продуцирующего состояния транспортно-логистической системы обслуживания поездопотоков на международных коридорах в адекватных виртуальных структурах. Эффективным способом представления таких конечных информационных рекомбинаций может быть 3D-образ, наглядно и однозначно имитирующий состояния объектов инфраструктуры и подвижного состава. Полноценная трехмерная инсталляция всего транспортного коридора сможет дублировать реальные существующие объектные конструкции, несколько опережая их по времени модельного создания. Сохранение в модели технологической целостности и точности воспроизведения процессов, протекающих на транспортном коридоре с адаптацией виртуальной реконструкции под изменяющиеся условия оперативной обстановки, позволит получить адекватный реальности аналог, сколь угодно близко подобный визуально и структурно существующей транспортно-логистической системе международного коридора. Охват значительной территории в экранном представлении обеспечивается масштабированием всего модельного пространства. При этом можно отслеживать крупные структурные оппозиции (пути следования потока, занятость путей станции) при полном или частичном охвате модельного образа транспортного коридора или визуализировать состояние конкретных узлов (фронтов перевалки, приемоотправочных путей с работой по перецепке групп и др.). Уровень детализации определяется решаемой задачей на модели транспортно-логистической системы. При этом виртуальный образ остается единым, динамически изменяемым в соответствии реальной ситуацией.

Переход на модельные структуры цифровых коридоров, имитирующих полное логистическое сопровождение грузов с реконструкцией технологии пропуска и переработки потоков в пути следования позволит воспроизводить реальные транспортные процессы. Таким образом, возможно информационное прототипирование всей технико-технологической структуры транспортного обслуживания благодаря применению специальной программной среды, адаптируемой под конкретные условия перевозки (маршрута следования, объёмов и наименования грузов, райдера отправителей и получателей и др.). Информационная среда цифрового транспортного коридора может стать основой для системы оперативного управления перевозками в международном сообщении с возможностью расчёта планируемых показателей, изменения плана работы и др. Прогнозирование дальнейшего увеличения объемов перевозок на транспортных коридорах при реконструкции процессов на цифровых моделях укажет на узкие места в системе продвижения грузопотоков и позволит подготовить транспортную сеть, заблаговременно развивая инфраструктуру и другие возможности.

Важно отметить, что подобный программно-управляющий комплекс можно использовать и для разработки схем эффективного обслуживания пассажиров, перевозимых в международном сообщении по транспортным коридорам.

Цифровые модели могут стать инструментарием для разработки следующих систем:

- 1) маркетингового поиска и прогнозирования потенциальной грузовой базы для организации контейнерных поездов;
- 2) долгосрочного планирования перевозок грузов в составах контейнерных поездов на основе требований грузовладельцев и с учётом имеющихся ресурсов железнодорожной инфраструктуры, персонала и транспортных средств;

3) разработки нормативно-технологических документов: плана формирования поездов, графика движения поездов и технических норм эксплуатационной работы;

4) разработки среднесрочных и текущих планов эксплуатационной работы транспортного коридора в целом;

5) подсистемы геоинформационного мониторинга и информирования о ходе перевозок на основе использования средств автоматической дистанционной идентификации транспортных средств и товаров, технологий Интернета Вещей (IoT);

6) подсистемы контроля и анализа выполнения планов контейнерных перевозок в сообщении Китай – Европа – Китай, включая исполнение расписаний движения контейнерных поездов.

УДК 656.225:004

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИДОВ ТРАНСПОРТА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ НА ВЕЛИКОМ ШЁЛКОВОМ ПУТИ

А. К. ГОЛОВНИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

К. А. ХОДЖАНЕПЕСОВ

Туркменский государственный институт транспорта и связи, г. Ашхабад

Разработка эффективных маршрутов перевозки грузов широкой номенклатуры с использованием международных транспортных коридоров Великого Шёлкового пути представляет собой достаточно важную экономическую задачу в условиях повышения эффективности работы транспортной системы. При этом необходимо учитывать изменяющиеся потребности клиентов в товарах, заключаемые новые международные договоры, колебания цен на товары и транспортные услуги, оценивать различные варианты перевозок, прогнозируя развитие или сокращение объемов перевозок. Существенное значение имеет определение пунктов перегрузки, объемов передачи грузов по прямому варианту, выбор операторов подвижного состава и экспедиторов. Расстояние между отправителями и получателями грузов – не менее 3–4 тыс. км. Поэтому определяющими условиями являются соблюдение сроков доставки грузов, минимизация времени их нахождения в пути следования, сокращение непроизводительных простоев в ожидании перегрузки и хранения на складах терминалов логистических центров.

Географическое положение Туркменистана дает определенные экономические преимущества благодаря пересечению нескольких международных коридоров Великого Шёлкового пути на его территории. Железнодорожное сообщение и морские порты Каспийского моря формируют важные грузовые маршруты, использование которых может усилить роль железнодорожного и морского транспорта Туркменистана на внешнем рынке транспортных услуг.

Моделирование схем доставки грузов с возможностью задания критерия оценки рассчитываемых вариантов позволит проводить многоцелевую оптимизацию. Загрузка маршрутов Великого Шёлкового пути в расчётных моделях до уровня наличной пропускной способности линий и опорных пунктов различных видов транспорта будет способствовать восстановлению роли исторического торгового пути, объединившего в прошлом народы Азии и Европы.

Критериальная оценка схем доставки грузов с учетом указанных условий и разработка соответствующих информационных моделей поможет выработать стратегию дальнейшего развития транспортных узлов Туркменистана, определить план этапной реконструкции железнодорожных станций, портов, отдельных перегрузочных комплексов. Развертывание данной модели во времени, воспроизведение функциональной структуры всей логистической цепи обслуживания грузопотоков в международном сообщении позволит получить эффективный инструмент прогнозирования транспортных потоков. Репродуцирование реальных технологических операций на маршрутах продвижения грузов будет способствовать оптимизации работы железнодорожных станций с выделением приоритетных формирований поездов. Информационная модель взаимодействия различных видов транспорта на международных коридорах Великого Шёлкового пути может рассматриваться как важная подсистема общего механизма долгосрочного планирования работы транспортной сети.

SCRUM – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ

А. С. ДАНИЛОВА

*Красноярский институт железнодорожного транспорта –
филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, Российская Федерация*

Современные тенденции развития железнодорожной отрасли, связанные с перспективами развития цифровой экономики (проект «Цифровая экономика») предполагают разработку и внедрение бизнес-проектов нового поколения, ориентированных на такие технологии, как Big Data, блокчейн, интеллектуальные системы с элементами искусственного интеллекта и прочие инновации, охватывающие все сферы деятельности ОАО «РЖД» (программа «Цифровая железная дорога») вплоть до проектирования, закупок и снабжения, управления персоналом.

Повышенный интерес к инновациям и сложности организации самих проектов влияет на выбор инструментов и методов проектного управления, а именно определяет необходимость привлечения и использования новых и современных технологий, например, позволяющих сгладить влияние факторов нестабильности и адаптировать процесс разработки и внедрения проекта к высокой степени непостоянства условий его реализации. В качестве одной из таких технологий можно рассматривать Scrum-метод.

В настоящей статье будут рассмотрены ключевые понятия данной методики, выявлены преимущества и недостатки ее использования, а также показана возможность и целесообразность внедрения Scrum в практику российского бизнеса, включая транспортную отрасль.

Понятие «Scrum» («Скрам») впервые появилось в середине 80-х годов XX века в работах японских ученых Икуджиро Нонаки и Хиротаки Такеучи, когда они говорили об успехе проектов, в разработке которых участвовали небольшие команды без жесткой специализации [5]. Позже на практике метод Скрам использован и описан Джеффом Сазерлендом и Кеном Швабером [1, 5] как инструмент организации эффективной командной работы, позволяющий избегать нарушений планов, устранять отставания от графика реализации проекта, экономить бюджет, а также исключать дублирование функций у основных подразделений и исполнителей, сегодня его применение весьма обширно и, как правило, связано с управлением «продуктами».

Термин, который в свое время был позаимствован из регби, означает нетрадиционную, гибкую и простую в использовании методологию управления, основанную на тайм-менеджменте.

Суть Скрама – это маленькая команда людей. Каждая отдельная команда чрезвычайно гибка и адаптивна. Эти преимущества проявляются, распространяясь на любое количество команд в организации: одну, несколько или целые сети команд, которые разрабатывают, выпускают, осуществляют эксплуатацию и поддержку продуктов, объединяя таким образом труд тысяч людей [7].

Каждый участник любой из описанных выше команд выполняет определенную роль: Владельца Продукта, Команда Разработки и Скрам-мастер.

Таблица 1 – Участники Скрам-команды

Роль участника	Краткая характеристика роли
1 Владелец Продукта	Человек, заинтересованный в качестве конечного продукта, не работающий в команде (может работать на стороне), но работающий с командой
2 Команда Разработки	Группа компетентных специалистов (могут обладать различными специализированными навыками), принимающая все принципы Scrum (оптимальная численность от 3 до 9 человек)
3 Скрам-мастер	Практически руководитель проекта, который «заражен» главной идеей и следит за строгим соблюдением принципов Scrum

В сравнении с традиционными подходами, предполагающими полный контроль и предвидение результатов, составление планов, таблиц и диаграмм, которые чаще всего не работают, методика Scrum позволяет в четко обозначенные и короткие сроки (спринты) добиваться запланиро-

ванных результатов, что является необходимым условием для предоставления качественной услуги. Также Scrum не требует внедрения дорогих инструментов. На практике это выглядит следующим образом:

- 1) выбирается «Владелец продукта»;
- 2) собирается «Scrum-команда»;
- 3) выбирается «Scrum-мастер»;
- 4) создается «Бэклог Продукта» для начала работ;
- 5) оценивается каждый пункт «Product-бэклог» участниками «Scrum-команды»;
- 6) проводится «Планирование спринта» участниками «Scrum-команды», «Scrum-мастером» и «Владельцем продукта»;
- 7) подготавливается «Scrum-доска» с тремя колонками: «Нужно сделать»; «В работе»; «Сделано», где прикрепляются стикеры с заданиями, в процессе работы поочередно перемещающиеся из колонки в колонку (возможно, использовать облачные сервисы, например, www.realtimеboard.com);
- 8) проводится ежедневное «Планирование спринта»;
- 9) даётся обязательный обзор «спринта» по завершении;
- 10) проводится итоговое собрание.

При таком подходе все участники эффективно взаимодействуют как друг с другом, так и с заказчиком, что также является важной составляющей качественного обслуживания в сфере услуг.

Как и любая методика, Scrum обладает преимуществами и недостатками. К первым относится ориентированность на клиента и адаптивность, простота в изучении и приоритет в создании команды. Для клиентоориентированных организаций эти положения являются особенно привлекательными. Основным недостатком можно считать излишнюю жесткость.

Существует мнение, что Scrum – метод преимущественно IT сферы, однако статистические данные [1] свидетельствуют об обратном: 45 % проектов составило производство, 39 % – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, 31 % – продажи и маркетинг, 20 % – финансы и бухгалтерский учет, 18 % – консалтинг. Всё это еще раз подтверждает широту диапазона сфер применения проектного управления, включающую предоставление различных услуг заказчикам. Однако всё же наибольшего успеха Scrum добился именно в сфере IT. По результатам отчета Scrumalliance [2] 70 % IT компаний внедрили и успешно используют метод Scrum. Это такие известные американские компании, как Google, Amazon, Salesforce.com, Microsoft и Adobe, для России же наиболее ценным можно считать опыт компании Mindbox, которая с 2008 г. работает по принципам данного метода, причем сегодня они его уже синхронизировали с Kanban методом и получили Scrum-ban.

Разнообразие проектных инструментов позволяет использовать индивидуальный подход ведения бизнеса различных сфер деятельности, и рассмотренная методика Scrum не является исключением, она позволяет сформировать сплоченную, эффективно работающую команду, что является особенно актуальным в условиях цифровизации экономики и подходит для внедрения как сферы проектирования, закупок и снабжения, так и управления персоналом.

Список литературы

- 1 Agile Russia [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://agilerussia.ru/methodologies/обзор-методологии-scrum/>. – Дата доступа : 27.03.2018.
- 2 Lean center [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://lean-center.ru/?view=article&id=246>. – Дата доступа : 30.03.2018.
- 3 PM решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://worksection.com/blog/scrum.html>. – Дата доступа : 30.03.2018.
- 4 Realtimеboard [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://realtimеboard.com>. – Дата доступа : 27.03.2018.
- 5 SCRUM – эффективный метод управления проектами [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://4brain.ru/blog/scrum/>. – Дата доступа : 09.07.2018.
- 6 Scrum в разработке веб-сервисов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vc.ru/27072-kak-ne-fakapit-bolshechem-zaplanirovali-scrum-v-razrabotke-veb-servisov>. – Дата доступа : 30.03.2018.
- 7 Исчерпывающее руководство по Скраму: Правила Игры [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.scrumguides.org/>. – Дата доступа : 09.07.2018.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ОПЕРАЦИЙ СОРТИРОВКИ КОНТЕЙНЕРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ

О. И. ДУГИНОВ

Белорусский государственный университет, г. Минск

Увеличение объема грузов, отправляемых в контейнерах на Белорусской железной дороге, приводит к возрастанию количества контейнерных поездов. Если на станцию прибывают составы платформ с большегрузными контейнерами, то их сортировка возможна с помощью перегружателей. Данная операция выполняется путем перестановки контейнеров с платформы на платформу или через сортировочную площадку. Рассмотрим работу контейнерной площадки, оборудованной двумя перегружателями. На данную площадку прибывают контейнерные поезда с выгрузкой контейнеров на автомобили.

Формулировка и методы решения варианта задачи оптимизации операций погрузки-разгрузки контейнеров на терминале железнодорожной станции были предложены в работе [1]. Особенность предлагаемого варианта задачи состоит в том, что для каждого перегружателя имеются парковочные места грузовых автомобилей, которые другому недоступны.

Алгоритм решения данной задачи состоит в следующем. Пусть на контейнерном терминале имеется три железнодорожных пути и площадка для парковки автомобилей (рисунок 1).

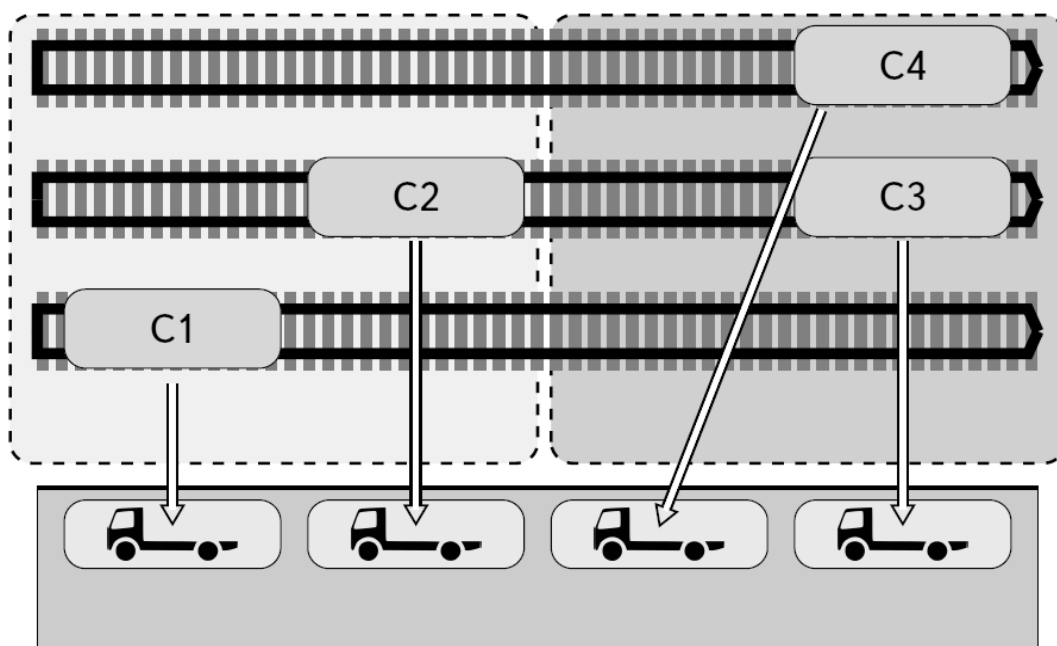


Рисунок 1 – Схематическое изображение разгрузочно-погрузочного терминала железнодорожной станции:
C1–C4 – контейнеры, перемещаемые на грузовые автомобили

Терминал разбит на непересекающиеся области, обслуживаемые каждым из перегружателей. Выбранный кран перемещает лишь те контейнеры, которые находятся в его области, и только на доступные ему парковочные места. Для каждого контейнера известно время, необходимое для его перемещения на парковочные места. Требуется минимизировать время обработки партии составов, что равносильно минимизации времени работы крана, завершающего работу последним. Сформулированная задача допускает постановку в терминах теории графов.

Задан двудольный граф $G = (V, E)$, т. е. граф, множество вершин которого можно разбить на два подмножества U и W таким образом, что ребра графа соединяют вершины из разных подмножеств. Вершины множества U – контейнеры, вершины множества W – парковочные места автомобилей.

Для определенности будем предполагать, что $|W| \leq |U|$. Вершины $u \in U$ и $w \in W$ соединены ребром в графе G тогда и только тогда, когда кран, который работает с контейнером u , может переместить контейнер u на парковочное место w . Для каждого ребра $e = \{u, w\}$ задано число $t(e)$ – длительность перемещения контейнера u на парковочное место w . Множество U разбито на p подмножеств U_1, U_2, \dots, U_p , называемых компонентами, $p \geq 1$.

Подмножество $M \subseteq E$ ребер графа G , в котором любые два ребра $e = \{u_1, w_1\}$ и $e = \{u_2, w_2\}$ не имеют общих концевых вершин (т. е. $u_1 \neq u_2$ и $w_1 \neq w_2$), называется паросочетанием графа G . Паросочетание M графа G называется максимальным, если в графе G нет другого паросочетания с большим числом ребер, которое содержит M . Зафиксируем в графе G произвольное максимальное паросочетание M . Определим вес компоненты U_i как сумму весов ребер из M с концевой вершиной, принадлежащей этой компоненте:

$$t(U_i) = \sum_{\substack{\{u,w\} \in M \\ u \in U_i}} t(\{u,w\}).$$

Максимальным весом паросочетания M будем называть максимальный из весов компонент

$$t(M) = \max_{1 \leq i \leq p} t(U_i).$$

Задача состоит в том, чтобы в графе G найти максимальное паросочетание с наименьшим максимальным весом.

Сформулируем рассматриваемую задачу в виде задачи целочисленного линейного программирования. Для каждого ребра $\{u, w\} \in E$ определим переменную x_{uw} , которая принимает значения из множества $\{0, 1\}$. Общий алгоритм решения задачи имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} b &\rightarrow \min \\ \sum_{\substack{\{u,w\} \in E \\ u \in U_i}} x_{uw} &\leq b, \quad \forall i = 1, \dots, p \\ \sum_{\{u,w\} \in E} x_{uw} &\leq 1, \quad \forall u \in U \\ \sum_{\{u,w\} \in E} x_{uw} &= 1, \quad \forall w \in W \\ 0 \leq x_{uw} &\leq 1, \quad \forall \{u, w\} \in E \\ x_{uw} &\in \mathbb{Z}, \quad \forall \{u, w\} \in E \end{aligned}$$

Для решения подобных задач целочисленного линейного программирования существует ряд программных пакетов, включая такие широко известные, как CPLEX, FortMP, Gurobi [3].

Другим подходом к решению рассматриваемой задачи является метод динамического программирования на древесной декомпозиции графа [4, 5]. Идея состоит в том, чтобы на основе известных методов [6] декомпонировать граф G , и, используя стандартную технику динамического программирования на древесной структуре [4, 5], решить задачу.

Список литературы

- 1 **Barketau, M. S.** Minimizing maximum weight of subsets of a maximum matching in a bipartite graph / M. S. Barketau, E. Pesch, Ya. M. Shafransky // *Discrete Applied Mathematics*. – 2015. – Vol. 196. – P. 4–19.
- 2 **Boysen, N.** New bounds and algorithms for the transshipment yard scheduling problem / N. Boysen, F. Jaehn, E. Pesch // *Journal of Scheduling*. – 2012. – Vol. 15. – P. 499–511.
- 3 **Newman, A. M.** A survey of linear and mixed-integer optimization tutorials / A. M. Newman, M. Weiss // *INFORMS Transactions on Education*. – 2013. – Vol. 14. – P. 26–38.
- 4 **Hicks, I. V.** Branch and tree decomposition techniques for discrete optimization / I. V. Hicks, A. M. C. Koster, E. Kolotglu // *Tutorials in operations research*. – 2005. – P. 1–29.
- 5 **Bodlaender, H.** Combinatorial Optimization on Graphs of Bounded Treewidth / H. Bodlaender, A. M. C. Koster // *The computer journal*. – 2008. – Vol. 51. – P. 255–269.
- 6 **Matousek, J.** Algorithms finding tree-decompositions of graphs / J. Matousek, R. Tomas // *Journal of Algorithms*. – 1991. – Vol. 12. – P. 1–22.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ

П. М. ДУЛУБ

Белорусская железная дорога, г. Минск

Успешная работа Белорусской железной дороги (далее – БЧ) и сохранение высокого качества предоставляемых услуг в современных условиях, характеризующихся значительными изменениями на транспортном рынке, развитием внешнеэкономических связей Республики Беларусь и транзитного потенциала БЧ, переменным характером структуры и размеров грузопотоков, перевозимых по полигону БЧ, требует системного рассмотрения вопросов развития системы организации эксплуатационной работы.

На БЧ выработан и успешно реализуется комплекс мер, направленных на повышение эффективности перевозочного процесса, который включает в себя ряд направлений:

- повышение эффективности использования локомотивного парка в грузовом движении;
- ускорение пропуска поездопотоков по полигону БЧ;
- оптимизация взаимодействия при передаче грузов в межгосударственном сообщении;
- развитие инфраструктуры железнодорожных станций и участков на направлении Восток – Запад – Восток;
- оптимизация структуры управления движением поездов;
- развитие информационных технологий и систем в управлении перевозочным процессом;
- совершенствование форм и методов проведения технической учебы работников БЧ.

В рамках указанных мер на БЧ в 2017 году сформировано 7578 поездов повышенной длины (на 89 поездов больше, чем в 2016 году) и 9390 поездов повышенного веса (на 1414 поездов больше, чем в 2016 году). Экономия эксплуатационных расходов от реализации данных мероприятий составила 29,5 млн рублей.

В целях ускорения пропуска поездопотока в 2017 году сформировано и отправлено 16665 поездов на удлиненные плечи обслуживания локомотивными бригадами, что позволило сократить эксплуатационные расходы на 2,5 млн рублей. В графике движения поездов на текущий год предусмотрено следование 111 поездов на удлиненное плечо обслуживания локомотивными бригадами.

Проводится постоянная работа по оптимизации пропуска поездопотока через белорусско-польскую границу.

В целях ускорения передачи грузов через пограничный переход Брест – Тересполь организован дополнительный перегруз каменного угля и железной руды на станции Брест-Северный, в результате чего объем перевалки с колеи 1520 мм на колею 1435 мм в вагонах увеличился на 61 %.

Увеличен перегруз контейнерных поездов на белорусских терминалах. Всего перегружено 106 тыс. контейнеров (160 % к 2016 году), в том числе в направлении Восток – Запад – 29 тыс. контейнеров (146 % к 2016 году).

Разработан и утвержден План мероприятий по сокращению продолжительности обработки на станциях Брест-Северный и Брест-Восточный контейнерных поездов, курсирующих в направлении Восток – Запад – Восток, результатом выполнения которого является сокращение продолжительности обработки контейнерных поездов с 6 ч до 5 ч (без перегруза) и с 9 ч до 8 ч (с перегрузом).

Несмотря на то, что приоритетным вариантом пропуска грузо- и контейнеропотоков в направлении Восток – Запад – Восток является пограничный переход Брест – Тересполь, в целях освоения увеличивающихся объемов перевозок проведены исследования по направлению поездопотоков на другие пограничные переходы.

Организован новый маршрут следования контейнерных поездов в сообщении Китай – Европа – Китай через пограничный переход Брузги – Кузница Белостоцкая с перегрузом на белорусской стороне.

Совместно с польскими коллегами проработан вопрос возобновления железнодорожного сообщения через пограничный переход Высоко-Литовск – Черемха по колею 1435 мм.

Суммарная пропускная способность инфраструктуры пограничных переходов в целом позволяет обеспечить пропуск планируемого и перспективного поездопотока. Однако для повышения эффективности организации перевозок постоянно ведется работа по взаимодействию с Польскими железными дорогами, направленная на оптимизацию загрузки логистических маршрутов на направлении Восток – Запад – Восток в зависимости от фактической загрузки пограничных переходов и совершенствование перевозочного процесса на белорусско-польской границе.

В связи с увеличением объема перевозок запланированы к реализации мероприятия по развитию инфраструктуры Брестского железнодорожного узла, направленные на модернизацию контейнерного терминала и увеличение пропускной способности станций Брест-Восточный и Брест-Северный.

Проводится работа по развитию инфраструктуры Гродненского региона, что позволит обеспечить соответствие наличной пропускной способности участков и станций потребному объему перевозок в направлении Восток – Запад – Восток.

Продолжается работа по оптимизации структуры управления движением поездов, связанная с развитием автоматизированного Центра управления перевозками. Так, в 2017 году 12 железнодорожных станций переведены на круглосуточное диспетчерское управление, еще на 25 станциях дороги реализованы подготовительные технические и организационные мероприятия для перевода на диспетчерское управление.

Продолжается работа по оборудованию всех участков дороги системой диспетчерской централизации «Неман», что является необходимым условием для дальнейшего развития автоматизированных технологий перевозочной деятельности.

В рамках развития информационных технологий в хозяйстве перевозок в 2017 году внедрены автоматизированные системы линейного уровня на ряде станций Белорусской железной дороги, организован информационный обмен натурными листами на пассажирские поезда с сопредельными железнодорожными администрациями, проводилась доработка существующих и разработка новых систем, направленных на совершенствование информационного обеспечения перевозочного процесса.

В целях совершенствования форм и методов проведения технической учебы выполнены работы по внедрению дистанционных форм обучения. Организован доступ работников к АС «Единая система контроля и проверки знаний работников Белорусской железной дороги» через сеть Интернет, что позволяет работать в системе в любое свободное время, с любого компьютера (в том числе домашнего), планшета или мобильного телефона, включенного в сеть Интернет.

Дальнейшее внедрение и развитие описанного комплекса мер по повышению эффективности перевозочного процесса в условиях модернизации инфраструктуры БЧ, обновления подвижного состава, развития информационных технологий в перевозочной деятельности предопределяет необходимость углубления научно-практического взаимодействия по выработке рациональных технологических и технических решений в сфере эксплуатации железнодорожного транспорта.

УДК 656.0

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

*А. В. ЕЛИСЕЕВ, В. Ю. КОВЕГА, М. С. КУЗЬМЕНКОВА, В. В. КУТУЗОВ
Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь*

В настоящее время транспорт в современном мире имеет большое значение. Если оставить человека без транспорта, и в частности без автодорожного, нормальное функционирование будет затруднено. Следовательно, жизнь человека уже немыслима без транспорта. Однако он не только помогает человеку в деятельности. Загрязнение окружающей среды, отчуждение плодородных земель, использование большого количества материальных и человеческих ресурсов являются следствием использования транспорта. В результате этого появляется острая необходимость внедрения передовых технологий в области дорожного движения, ориентированных на принятие управляющих воздействий по снижению вероятности возникновения отрицательных последствий, возникающих при работе автодорожного транспорта.

При использовании автомобильного транспорта в настоящее время актуальным является вопрос управления транспортными потоками, особенно в больших городах. Увеличение количества транспортных средств (как личных, так и общественных) привело к перегруженности городских дорог, многочасовым пробкам, затруднению движения пешеходов, увеличению количества аварий и т. д.

Объект управления в системе управления дорожным движением – транспортный поток, который состоит из технических средств (автомобилей, автобусов, мотоциклов и так далее). В то же время водители автомобилей ведут себя на дороге и реагируют на различные события по-разному, не всегда предсказуемо, что значительно усложняет анализ такой системы. Оценка данных транспортных потоков и интенсивности движения требует либо наличия датчиков транспортных потоков на всех направлениях движения, либо использования данных аэрофотосъемки, либо проведения трудоемкого ручного обследования.

Проектирование дорожной инфраструктуры – всегда непростая задача. Необходимо предотвращать заторы, предусматривать рост трафика и при этом учитывать возможности бюджета и особенности конкретных населенных пунктов.

Прежде чем вносить изменения в дорожную сеть, необходимо принять в расчёт все факторы, которые могут оказать влияние на дорожную ситуацию. Размещение и синхронизация светофоров, расположение объектов дорожной сети (парковок, остановок общественного транспорта, выделенных полос) – всё это оказывает непосредственное влияние на трафик и пропускную способность дорог, а значит, тоже должно быть принято во внимание.

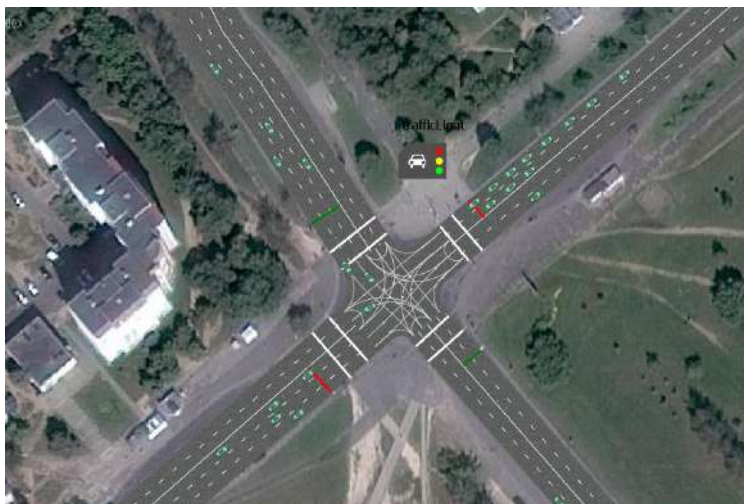


Рисунок 1 – Симуляция движения

В данной работе рассмотрен перекресток между улицами Симонова и Николая Островского в г. Могилеве. В программе AnyLogic была смоделирована транспортная ситуация на основании существующего режима движения и работы светофора (рисунок 1). В блоки введены данные интенсивности движения на разных потоках (рисунок 2), а также режим работы светофора.

В данной работе рассмотрен перекресток между улицами Симонова и Николая Островского в г. Могилеве. В программе AnyLogic была смоделирована транспортная ситуация на основании существующего режима движения и работы светофора (рисунок 1). В блоки введены данные интенсивности движения на разных потоках (рисунок 2), а также режим работы светофора.

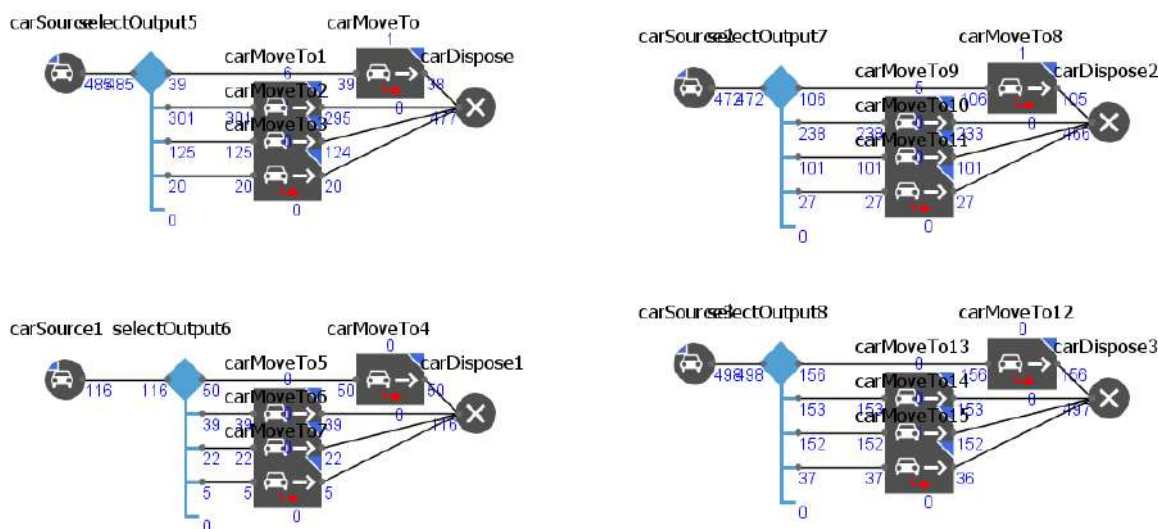


Рисунок 2 – Блоки данных

По данной ситуации была построена гистограмма и получена информация о прохождении перекрестка транспортом за 1 час (рисунки 3, 4).

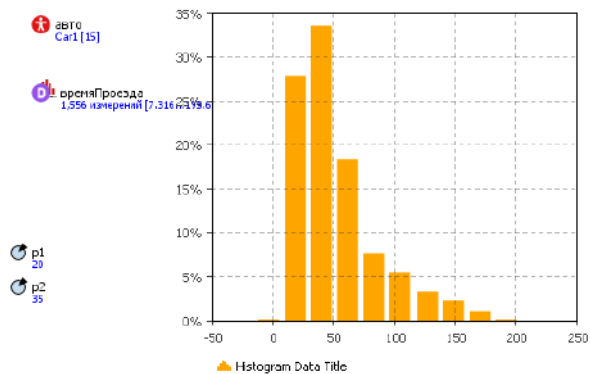


Рисунок 3 – Гистограмма

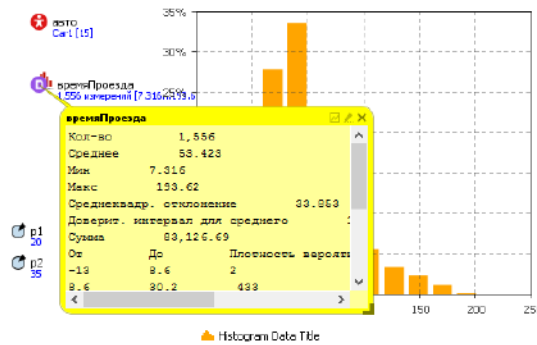


Рисунок 4 – Информация о времени проезда перекрестка

Далее был запущен эксперимент оптимизации режима работы светофора для уменьшения застоя и времени прохождения перекрестка с интервалом времени в 20–40 секунд. В ходе эксперимента были получены следующие данные (рисунок 5).

	Текущее	Лучшее
Итерация:	25	2
Функционал: ↓	42.738	38.004
Параметры		
p1	40	20
p2	35	20
Копировать лучшее решение в буфер	<input type="button" value="copy"/>	

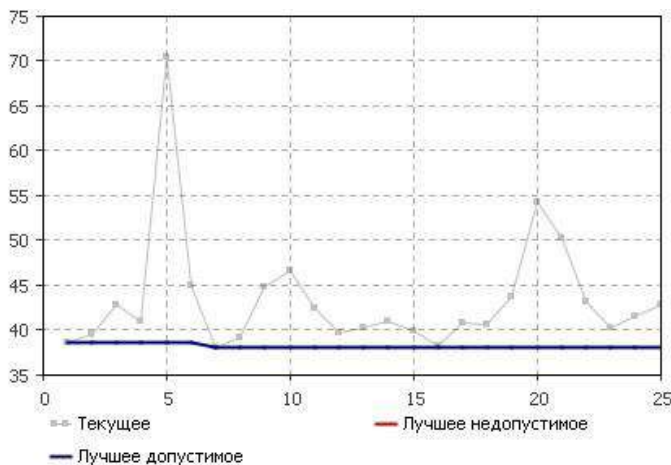


Рисунок 5 – Результат эксперимента оптимизации режима работы светофора

Полученные данные были внесены в симуляцию режима работы перекрестка. Результат представлен на рисунке 6.

Особенности транспортных систем делают невозможным построение адекватной аналитической модели, позволяющей исследовать варианты управления в этой системе и ее характеристики в различных условиях. В то же время имитационное моделирование как метод исследования подобных объектов представляется перспективным для решения этой проблемы: оно позволяет быстро и с высокой точностью прогнозировать характеристики сложных систем подобной природы и оптимизировать существенные параметры, выбирая соответствующие параметры оптимизации.

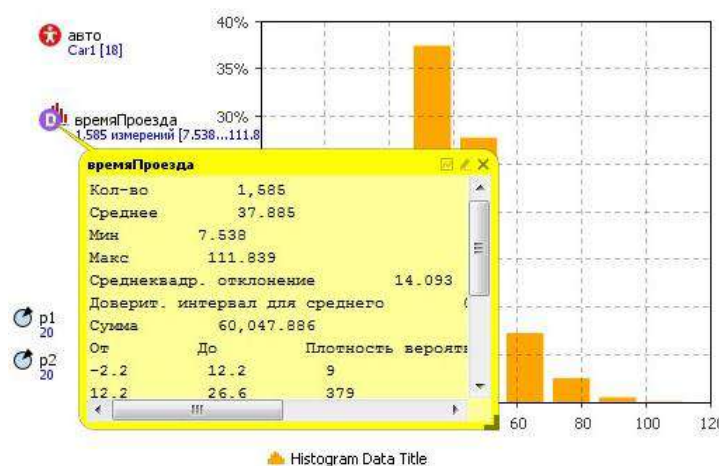


Рисунок 6 – Информация о времени проезда перекрестка после оптимизации

Внесение изменений в дорожную сеть всегда имеет экономические эффекты, и они могут быть крайне тяжелыми, если проводить эксперименты над реальной системой. Поэтому так важно находить оптимальные решения до того, как вносить изменения.

AnyLogic позволяет моделировать дорожные сети, используя Библиотеку дорожного движения – гибкий и мощный инструмент для создания реалистичных имитационных моделей и принятия наиболее эффективных решений при проектировании и оснащении дорог. Визуализация помогает быстро построить модель и оценить её работу: карты плотности показывают загруженность дорог, а анимация демонстрирует поток машин и узкие места. AnyLogic даёт полную свободу в экспериментах и позволяет оптимизировать модель в виртуальной среде для последующей успешной реализации проекта в реальном мире.

Список литературы

- 1 Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю. Г. Карпов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
- 2 Введение в математическое моделирование транспортных потоков / под ред. А. В. Гасникова, МЦНМО, 2014. – 427 с.
- 3 Семенов, В. В. Математическое моделирование транспортных потоков / В. В. Семенов. – М., 2003. – 26 с.
- 4 Введение в математическое моделирование транспортных потоков / А. В. Гасников [и др.]. – М. : МФТИ, 2010. – 363 с.
- 5 Маркуц, В. М. Транспортные потоки автомобильных дорог и городских улиц / В. М. Маркуц. – Тюмень, 2008. – 108 с.

УДК 656.2

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

А. А. ЕРОФЕЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. В. ГОЛЕНКОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Железнодорожный транспорт на протяжении десятилетий является передовым в области внедрения информационных технологий. На Белорусской железной дороге только в последние годы внедрён ряд уникальных программных продуктов. Информационно-аналитическая система поддержки управленческих решений для грузовых перевозок (ИАС ПУР ГП) обеспечивает специалистов и руководителей всех уровней оперативной и достоверной информацией о производимых и выполненных грузовых перевозках, состоянии и дислокации вагонного и локомотивного парков. Корпоративная Интегрированная Система Управления Финансами и Ресурсами» (ЕК ИСУФР) на базе продуктов компании SAP SE предназначена для эффективной информационной поддержки процессов планирования, моделирования и оперативного управления финансово-хозяйственной деятельностью подразделений БЖД [1].

На линейном уровне действуют АСУС, АСУЛР, САПОД. В Центре управления перевозками диспетчерское управление реализуется с использованием программных и технических средств «Неман».

Внедрение перечисленных выше систем позволило создать достаточно детальную и полную базу данных по перевозочному процессу и железной дороге в целом. Вместе с тем действующие на железнодорожном транспорте информационные технологии позволяют реализовать только отдельные элементарные функции цикла управления (сбор информации, анализ, контроль), возлагая процедуры формирования, оценки и принятия управленческих решений (УР) полностью на человека.

Наибольшие проблемы возникают при существенных отклонениях от заранее разработанных технологий (задержка пассажирского поезда, дефицит пропускной способности парка станции, недостаток порожних вагонов под погрузку и др.). Именно в те моменты, когда человеку нужна помощь в принятии управленческих решений, современные автоматизированные системы недостаточно эффективны. В таких условиях человек, как правило, при поиске рационального УР прибегает к своему опыту, основанному на частично неформализованных знаниях и эмпирическом опыте и в меньшей степени полагается на помощь информационных систем.

Причиной этому служат заложенные в «традиционных» информационных технологиях архитектурные и функциональные недостатки.

1 Многообразие семантически эквивалентных форм (языков) представления (кодирования) обрабатываемой информации (знаний) в памяти компьютерных систем, что приводит к дублированию

семантически эквивалентных информационных компонентов компьютерных систем; к семантической несовместимости компьютерных систем и существенному снижению эффективности применения методики компонентного проектирования компьютерных систем на основе библиотеки многократно используемых компонентов (особенно, если речь идет о «крупных» компонентах, в частности, о типовых подсистемах).

2 Недостаточно высока степень обучаемости современных компьютерных систем в ходе их эксплуатации, следствием чего является высокая трудоемкость их сопровождения и совершенствования, а также недостаточно длительный жизненный цикл.

3 Отсутствует возможность у экспертов реально влиять на качество разрабатываемых компьютерных систем. Опыт разработки сложных компьютерных систем показывает, что посредничество программистов между экспертами и проектируемыми компьютерными системами существенно искажает вклад экспертов. При разработке компьютерных систем следующего поколения доминировать должны не программисты, а эксперты, способные точно излагать свои знания.

4 Отсутствует семантическая (смысловая) унификация интерфейсной деятельности пользователей компьютерных систем, что вместе с многообразием форм реализации пользовательских интерфейсов приводит к серьезным расходам на усвоение пользовательских интерфейсов новых компьютерных систем и к неполному и неэффективному использованию возможностей эксплуатируемых компьютерных систем [2].

Преодолеть указанные недостатки можно только путем фундаментального переосмысления архитектуры и принципов организации сложных компьютерных систем. Основой такого переосмысления является переход от информационно-справочных и расчетных систем к *интеллектуальной (семантической) информационной технологии*, предполагающей процессы осмысления поведения и эволюционирования системы.

Смысл – это абстрактная знаковая конструкция, являющаяся инвариантом максимального класса семантически эквивалентных знаковых конструкций (текстов), принадлежащих самым разным языкам и удовлетворяющая следующим требованиям:

- отсутствие синонимии знаков (многократного вхождения знаков с одинаковыми денотатами);
- отсутствие дублирования информации в виде семантически эквивалентных текстов (не путать с логической эквивалентностью);
- отсутствие омонимичных знаков (в том числе местоимений);
- отсутствие у знаков внутренней структуры (атомарный характер знаков);
- отсутствие склонений, спряжений (как следствие отсутствия у знаков внутренней структуры);
- отсутствие фрагментов знаковой конструкции, не являющихся знаками (разделителей, ограничителей, и т. д.);
- выделение знаков связей, компонентами которых могут быть любые знаки, с которыми знаки связей объединяются синтаксически задаваемыми отношениями инцидентности.

Процесс осмысления предполагает унификацию информации, используемой в компьютерных системах, включающую:

- синтаксическую унификацию используемой информации – унификацию формы представления (кодирования) этой информации.
- семантическую унификацию используемой информации, в основе которой лежит согласование и точная спецификация всех (!) используемых понятий (концептов) с помощью иерархической системы формальных онтологий.

Критерием эффективности синтаксической унификации представления информации любого вида в памяти компьютерных систем естественно считать максимально возможное упрощение синтаксиса путем исключения из такого внутреннего универсального языка всех средств, обеспечивающих коммуникационную функцию языка (т. е. обмен сообщениями). Для внутреннего языка компьютерной системы коммуникационные возможности являются излишними, т. е. излишними являются имена, союзы, предлоги, разделители, ограничители, склонения, спряжения и т. д.

Указанный внутренний универсальный язык компьютерных систем фактически есть не что иное, как язык смыслового представления знаний. Очевидно, что унификация формы представления информации в памяти компьютерных систем на основе формального представления ее смысла выглядит вполне логично, т. к. только смысл информации является единственной объективной основой для унификации ее представления (кодирования). Таким образом, формализация смысла – ключ к решению многих проблем разработки современных компьютерных систем.

Перечислим принципы предлагаемой нами *семантической информационной технологии*, ориентированной на компонентную разработку гибких совместимых гибридных компьютерных систем, в том числе и интеллектуальных систем ситуационного управления на железнодорожном транспорте:

- ориентация на смысловое однозначное представление знаний в виде семантических сетей, имеющих базовую теоретико-множественную интерпретацию, что обеспечивает решение проблемы многообразия форм представления одного и того же смысла и проблемы неоднозначности семантической интерпретации информационных конструкций;
- использование ассоциативной графодинамической памяти;
- применение агентно-ориентированной модели обработки знаний;
- реализация предлагаемой технологии в виде интеллектуальной Метасистемы IMS.ostis, которая построена по этой же технологии и осуществляет поддержку проектирования компьютерных систем, разрабатываемых по указанной технологии;
- обеспечение в проектируемых системах высокого уровня гибкости, стратифицированности, рефлексивности, гибридности и, как следствие, обучаемости.

Достоинства предлагаемой семантической технологии заключаются в том, что она:

- ориентирована на разработку компьютерных систем нового поколения (*гибридных* и семантических *совместимых* компьютерных систем с высокой степенью *обучаемости*);
- имеет *открытый* характер как для ее пользователей (разработчиков прикладных интеллектуальных систем), так и для тех, кто желает участвовать в ее совершенствовании;
- ориентирована на постоянное повышение темпов ее *эволюции*;
- является основой для решения проблем семантической *совместимости* различных научных и технических знаний, так как она ориентирована на формализацию междисциплинарных связей самого различного вида.

Список литературы

- 1 **Ерофеев, А. А.** Информационные технологии на железнодорожном транспорте : учеб.-метод. пособие : в 2 ч. Ч. 2 / А. А. Ерофеев, Е. А. Федоров; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 256 с.
- 2 **Golenkov, V. V.** Ontology-based design of intelligent system / V. V. Golenkov // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем : материалы Междунар. науч.-техн. конференции; редкол. В. В. Голенков [и др.]. – Минск : БГУИР, 2017. – С. 37–56.

УДК 338.262

ПОДХОДЫ К АКТУАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Н. Н. КАЗАКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Инновационные процессы, реализуемые в экономике Республики Беларусь, во многом определяющие условия устойчивого развития региона, базирующиеся на принципах опережающего развития их транспортной инфраструктуры, требуют актуализации оптимизационных моделей.

Транспортная система, объекты которой имеют длительный инвестиционный цикл вследствие высокой стоимости и сложности, являясь инфраструктурной подсистемой экономики региона, должна соответствовать и обеспечивать опережающие темпы его развития. При этом транспортную систему невозможно оперативно приспособить к меняющимся условиям, среди которых самыми весомыми в настоящее время являются: 1) структура товарных потоков; 2) технологические, правовые и финансовые требования систем наднационального уровня; 3) темпы развития инноваций в других отраслях экономики региона; 4) ресурсное обеспечение инвестиционных проектов.

Среди указанных выше условий выделять наиболее важные и значимые для реализации процедур устойчивого развития не совсем корректно, так как ранжирование их по значимости нарушает системность процессов инновационного характера. Однако при обосновании вариантов техниче-

ской и технологической реализации конкретных проектов декомпозиция остается распространенным способом исследования их инвестиционной привлекательности.

Традиционные модели эксплуатационно-экономических обоснований выбора вариантов развития транспортной системы региона базировались на расчетах мощности ресурсного входящего потока, который планировали для условий расчетного года перехода развиваемой системы в новое состояние. Однако принципы устойчивого развития экономики региона требуют обеспечения опережающих темпов развития объектов транспортной инфраструктуры, так как за пределами расчетного срока, на который определяются потребность и структура подвижного состава, технологические параметры его работы, а также инфраструктурное обеспечение, требования к развиваемой системе со стороны экономики региона продолжают расти.

В этом случае более достоверным методом выбора оптимального варианта развития транспортной системы региона является исследование ее состояний под воздействием входящего потока ресурсов в динамике.

В условиях инновационного развития экономики и транспорта как ее инфраструктурной отрасли актуальным становится создание методологического аппарата, позволяющего осуществлять оптимизационные расчеты параметров развития региональной транспортной системы на верхних иерархических уровнях, т. е. там, где формируется инвестиционная политика развития экономики региона. Это обусловлено тем, что на современном этапе эффективность развития транспортной системы во многом определяется не техническими параметрами ее элементов (подвижного состава, инфраструктурных подсистем), а параметрами распределения входящего потока ресурсов, прежде всего финансовых.

Сегодня процесс распределения инвестиций между основными производственными звеньями транспортной системы (подвижной состав и инфраструктура), а также между отдельными подразделениями в рамках каждого звена разорван и во времени, и в пространстве: отрасль не формирует объемы своей работы (они формируются за пределами отрасли), а у регулятора инвестиций (Министерства транспорта и коммуникаций) нет возможностей оценить их эффективность в перспективе для различных вариантов развития. Как результат – ограничение эффективности реализации мероприятий развития транспортной инфраструктуры, несмотря на их наличие в составе программных нормативных документов стратегического характера.

Часто при обосновании варианта развития какой-либо инфраструктурной подсистемы транспорта, основное внимание уделяется выявлению масштабов реализации отдельных мероприятий, задаваемых, например, с учетом увеличения на некоторый процент, а общие потребности ресурсов определяются как аддитивная функция.

Однако следует отметить, что такой подход оправдан только для реализации процедур развития отрасли в краткосрочной перспективе и не может обеспечить темпов опережающего развития. Это объясняется тем, что результат этой оценки будет зависеть от синергетического эффекта, определяемого эффективностью использования основных средств перевозчика, инфраструктурных подсистем транспорта, эффектом реализации цели координатора инвестиций, региона (страны, области, района, населенного пункта).

Сказанное позволяет сделать вывод, что оценка синергетического эффекта требует формирования специальной постановки задачи, в которой каждое мероприятие развития рассматривается как элемент единой системы, а выбор оптимального варианта развития, относящегося к конкретному мероприятию, оценивается с позиций эффективности работы системы в целом и исходя из динамического изменения индексов опережающего развития в перспективе.

С целью методического пояснения принципа действия модели можно рассмотреть пример с минимальной детализацией, в котором предусмотрено распределение ресурсов, меняющих состояние развиваемой системы на двух уровнях: на уровне координатора инвестиций (для транспортной отрасли – Министерство транспорта) и на уровне некоторого вида транспорта.

На первом уровне решается задача определения требуемых ресурсов и общих пропорций их распределения между конкретными мероприятиями развития. Между выделенными подсистемами (мероприятиями развития) существуют взаимосвязи, которые проявляются в том, что увеличение мощности потока ресурсов в одной подсистеме позволяет уменьшить ее в другой, в зависимости от значимости реализации направления развития в конкретный промежуток времени, в соответствии с принятым вектором развития.

На втором уровне в качестве входных потоков выступают требуемый эффект по конкретному направлению развития и ресурс, выделяемый в соответствующую подсистему транспортной системы (например, подвижной состав и инфраструктурные подсистемы).

Такая постановка задачи формирует основу для реализации процедур инновационного развития с учетом динамики, а параметры требуемого эффекта могут быть отражены в ключевых показателях эффективности.

В практике реализации задач развития региональных транспортных систем охарактеризованная выше модель должна быть максимально детализирована. Так, если в качестве региона рассматривать территориальную единицу страны (область, район, населенный пункт), то в качестве регулятора инвестиций может выступать соответствующий орган исполнительной власти (для Республики Беларусь – областной, районный, городской исполнительный комитет). Естественно, параметры требуемого эффекта при этом изменятся, как и структура модели (на первом уровне приоритет задач развития транспортной системы снизится, а задач реализации региональных эффектов – повысится).

Если детализацию модели увеличивать и далее, то в качестве регулятора инвестиций могут выступать конкретные инвесторы, которые могут иметь интересы в развитии других подсистем экономики региона.

Аналогичны изменения структуры модели при локализации задач развития отдельного вида транспорта, перевозчиков, операторов инфраструктуры. Так, для участников транспортного рынка стран ЕАЭС при реализации условий предоставления равноправного доступа перевозчиков к услугам инфраструктуры приоритет задач развития национального перевозчика и оператора инфраструктуры будет высоким, если координатором инвестиций является Министерство транспорта, и более низким, если координатором являются органы региональной исполнительной власти. В последнем случае регион может получить больший эффект с развитием национального оператора инфраструктуры и перевозчика другого государства ЕАЭС.

Еще бóльшую сложность модели создает специфика источника инвестиционного ресурса. На современном этапе, когда источником внешних инвестиций развития региональной транспортной системы всё чаще становятся представители стран, не состоящих в ЕАЭС, могут существенно возрасти приоритеты задач развития отдельных инфраструктурных проектов, обладающих, естественно, большей инвестиционной привлекательностью. При этом синергетический эффект развития региона или его транспортной системы может оказаться снижен.

По этой причине в методологии развития региональных транспортных систем, обладающих значительной сложностью связей, выбор варианта развития должен базироваться на процедуре оптимизации по критерию, характеризующему синергетический эффект для региона.

УДК 656.22.05

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЪЕМА ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПОЕЗДНОГО ДИСПЕТЧЕРА

В. Г. КУЗНЕЦОВ, Д. В. ЗАХАРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В связи с изменением характера работы оперативного персонала Центра управления процессами перевозок (ЦУП) изменилась структура информации, поступающей и перерабатываемой диспетчером, и её распределение.

В системе централизованного управления эксплуатационной работой дороги работа диспетчера связана с потоками информации, данные о которых диспетчер получает в виде информационно-справочной и аналитической информации на мониторе, значений показаний на мнемосхемах и графической модели поездной работы, и передает переработанную и необходимую для полного выяснения поездной ситуации информацию с использованием клавиатуры (и иных устройств ввода), считывает и фиксирует текстовую информацию в диспетчерских журналах, бланках, справках. Информация, которую диспетчер получает через устройства отображения состояния объектов управления и в виде письменных информационных сообщений (информационные макеты, распоряжения и т. д.), считается визуальной.

Информация в теории управления оценивается с помощью статистической теории с позиции меры неопределенности, уменьшаемой при ее получении. В этом случае она не определяет смысл передаваемой информации, т. е. ее семантическое содержание. Основное внимание в статистической теории обращается на распределение вероятностей отдельных квантов сообщений и построение на этой основе некоторых обобщенных характеристик, которые позволяют оценить количество информации в квантах.

Статистическая мера информации позволяет связать вероятность появления каждого информационного сообщения и количество информации.

Расчет зрительной информационной нагрузки может быть выполнен с использованием статистической меры информации.

В ЦУПе управление стрелками и сигналами на станциях и участках осуществляется с помощью диспетчерской централизации. Диспетчер в этом случае визуально фиксирует любое изменение поездного положения мнемосхемы участка. Диспетчерская централизация относится к системе дискретного действия, поскольку состояние любого контролируемого или управляемого объекта дискретно (открыто-закрыто, включено-выключено) и т. д. Изменение состояния контролируемых объектов может происходить как под воздействием на напольные устройства через каналы телесигнализации (визуальная фиксация занятости установленных маршрутов диспетчером, перекрытие сигналов, занятие-освобождение путей и т. д.), так и за счет посылки управляющих команд через каналы телеуправления (визуальная фиксация диспетчером установки маршрутов, открытия сигналов, отмены маршрутов).

С целью количественного подсчета визуальной информации с табло (мнемосхемы) диспетчерской централизации каждое изменение контролируемого объекта рассматривается как событие конечного числа возможных его состояний. Количество такой информации может быть рассчитано по формулам

$$H_B^{\text{ин}} = H_{\text{тс}} + H_{\text{ту}}, \quad (1)$$

или

$$H_B^{\text{ин}} = -\sum_{i=1}^c n \sum_{j=1}^k P(x_j) \log_2 P(x_j) - \sum_{i=1}^y m \sum_{j=1}^k P(x_j) \log_2 P(x_j), \quad (2)$$

где $P(x_j)$ – вероятность состояния контролируемого объекта; c, y – количество контролируемых объектов телесигнализации и телеуправления соответственно; k – число возможных состояний объектов телесигнализации и телеуправления; n, m – число информационных сообщений за сутки с контролируемых объектов телесигнализации и телеуправления, которое пропорционально количеству пар поездов, обращающихся на участке, числу станций и среднему числу информационных сообщений, необходимому для пропуска по станции одной пары поездов.

Количество информации, отражающейся на мнемосхеме,

$$I_i(A) = n \log_2 \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2\gamma}, \quad (3)$$

где $I_i(A)$ – количество информации, формируемое комплексом I внешних воздействий; n – количество измеряемых точек контроля; $(X_{\max} - X_{\min})$ – диапазон изменения контролируемых величин; γ – погрешность контроля.

Письменная информация рассчитывается по формуле

$$F_{\text{п}} = m_6 \sum_{i=1}^N p'(i) \log_2 p'(i), \quad (4)$$

где m_6 – число букв в сообщении; N – длина алфавита; $p'(i)$ – вероятность появления буквы.

Для расчетов в качестве единицы измерения можно использовать среднее количество визуальной информации, принимаемой и посылаемой через каналы диспетчерской централизации на один пункт за период изменения состояний деятельности в зависимости от системы диспетчерской централизации.

Пропускная способность сенсорных каналов, по которым человеку поступает визуальная информация, значительна. Органы зрения, например, имеют на два порядка большую пропускную

способность, чем органы слуха. Более 80 % информации, поступающей к диспетчеру, является зрительной. При этом пропускная способность сенсорных каналов не бесконечна, т. к. ограничена сенсорно-моторной деятельностью и потребностью переключения визуального съема информации с одного объекта на другой, а также выполнением иной моторной работы.

Существует методика, которая позволяет аналитически определить количество визуальной информации, перерабатываемой диспетчером. Однако существующая методика определения количества визуальной информации не учитывает неравномерность визуальной информационной загрузки диспетчера в различные периоды времени, риски возникновения нестандартных ситуаций различной сложности и с высокой энтропией процессов. Поэтому целесообразно производить количественную оценку информации, перерабатываемой диспетчером с использованием имитационного моделирования.

Задача может быть решена на основе подробного изучения информационных потоков, поступающих к диспетчеру визуально с учетом всех факторов, влияющих на изменение поступающей информации.

Для решения этой задачи может быть применен метод статистического моделирования, который является одним из самых универсальных математических методов. Его можно применять для расчета систем оперативного управления значительной степени сложности, при любом количестве взаимодействующих элементов и различных ограничениях, которые практически всегда существуют во взаимосвязях между этими элементами.

Для получения достоверных результатов определения визуальной загрузки поездного диспетчера необходимо иметь модель с достаточно высокой степенью детализации, в которой необходимо учитывать:

- размеры движения поездов;
- неравномерность движения поездов по участку и возможные задержки при движении поездов;
- различные скорости движения поездов;
- поступление поездов с других участков;
- время стоянок на станциях;
- технологию работы станций по приему и отправлению и др.

В результате статистического моделирования можно получить комплексный анализ объемов визуальной информации в системе оперативного управления с учетом объемов эксплуатационной работы, особенностей управления движением поездов и технического обеспечения по предоставлению визуальной информации.

УДК 656.2.003

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПУНКТОВ КОММЕРЧЕСКОГО ОСМОТРА НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Е. В. МАЛИНОВСКИЙ, С. А. ПЕТРАЧКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Е. Е. РЫБИЦКИЙ

Белорусская железная дорога, г. Минск

Важным элементом, способствующим обеспечению безопасности перевозочного процесса и сохранности перевозимых грузов, является операция коммерческого осмотра на пунктах коммерческого осмотра поездов, вагонов и контейнеров (далее – ПКО), организованных на станциях Белорусской железной дороги. Сегодня, в условиях обострения конкурентной борьбы за грузоотправителя, этим технологическим подразделениям с учетом их роли в обеспечении сохранности перевозимых грузов уделяется значительное внимание.

Анализ выполненных ПКО объемов работы по коммерческому осмотру показал, что максимальные объемы работы по коммерческому осмотру составов в среднем за смену характерны для станций Полоцк, Минск-Сортировочный, Барановичи-Центральные, Гомель, Молодечно, Витебск. Минимальные объемы работы по коммерческому осмотру составов приходятся на станции Орша-Восточная, Кричев, Волковыск-Центральный.

Для всех станций величина составов поездов и групп вагонов, прошедших коммерческий осмотр, значительно отличается. Анализ нагрузки на одного работника ПКО (приемщика поездов), выполненный для ПКО станций Белорусской железной дороги свидетельствует о ее значительной неравномерности (от 80,9 вагонов в смену, приходящихся на одного приемщика поездов на станции Орша-Восточная, до 399,4 вагонов – на станции Полоцк).

Результаты исследования фактической продолжительности коммерческого осмотра поездов и вагонов по отдельным ПКО позволяют сделать следующие выводы:

- продолжительность коммерческого осмотра поездов и вагонов во многом определяется видом осмотра (полный или только с проходом по составу);

- продолжительность коммерческого осмотра поезда зависит от количества вагонов в его составе;

- продолжительность коммерческого осмотра по прибытию и отправлению на ПКО передаточных станций Белорусской железной дороги превышает аналогичное время осмотра на ПКО внутридорожных станций, что связано с осуществлением дополнительных операций и более тщательным выполнением своих функций работниками этих ПКО;

- продолжительность коммерческого осмотра поезда существенно увеличивается с возрастанием в его составе количества груженых вагонов;

- продолжительность коммерческого осмотра поезда зависит от доли вагонов с грузами, требующими дополнительных (увеличенных по сравнению со средними) трудозатрат.

На основании собранных и обработанных статистических данных об объемах выполненной работы на ПКО станций Белорусской железной дороги проведены расчеты по оптимизации численности работников ПКО (приемщиков поездов). Выполненные расчеты позволяют сделать вывод о возможности сокращения количества работников ПКО. Приведение штатной численности приемщиков поездов в соответствии с выполняемыми объемами работы позволит Белорусской железной дороге экономить эксплуатационные расходы, связанные с заработной платой.

При разработке оптимальной модели работы ПКО на Белорусской железной дороге рассмотрена целесообразность передачи функций по выполнению коммерческого осмотра на внутридорожных станциях с ПКО, причем в первую очередь, на станциях, где коммерческий осмотр производится только с проходом по составу. В наибольшей мере параллельность выполнения соответствующих операций при осмотре поездов и вагонов характерна для осуществления коммерческого осмотра и технического обслуживания. Эффективность передачи функций по коммерческому осмотру осмотрщикам-ремонтникам вагонов оценивалась по двум вариантам: 1-й вариант – в состав смотровой группы осмотрщиков-ремонтников вагонов включается дополнительный работник; 2-й вариант – состав смотровой группы осмотрщиков-ремонтников (как правило, два человека) не изменяется, при этом для проведения параллельно с техническим обслуживанием коммерческого осмотра предоставляется дополнительное время. Результаты расчетов позволяют сделать вывод о том, что при определении оптимальной модели работы ПКО для внутридорожных станций, на которых коммерческий осмотр осуществляется с проходом по составу, наиболее целесообразным является первый вариант, при котором в состав смотровой группы осмотрщиков-ремонтников вагонов включается дополнительный работник.

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 парков 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), контрольно-габаритные устройства при их отсутствии. При этом для обеспечения минимизации полного осмотра и повышения в целом качества коммерческого осмотра современные системы видеонаблюдения целесообразно устанавливать в парках всех станций размещения ПКО.

Таким образом, оптимизация работы ПКО на станциях Белорусской железной дороги должна осуществляться за счет приведения штатной численности приемщиков поездов в соответствие 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 656.0:004

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

В. Я. НЕГРЕЙ, С. А. ПОЖИДАЕВ, С. В. ДОРОШКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС), являющиеся составной частью науки о транспортных системах, к настоящему времени вступили в стадию формирования собственных методов исследования. В докладе нет возможности осветить их со всей полнотой, поэтому сделана попытка рассмотреть некоторые методы и проблемы развития ИТС, которые отражают современные тенденции в этой быстро развивающейся области транспортной науки, а также круг вопросов, связанных с развитием теории управления транспортными системами.

Наиболее важной, по-нашему мнению, является задача поиска новых разумных сфер применения ИТС в практике управления транспортом. Эта работа требует высокого интеллектуального напряжения, но именно она может привести к большим положительным изменениям в теории управления большими системами. Одной из сфер, где интеллектуальные технологии окажут решающее влияние на систему управления, является поиск и отслеживание современных тенденций (а не только самих целей управления) изменения на самом транспорте и в его окружающей системе. Построение ИТС в этой сфере открывает новые возможности для построения интеллектуальных:

- графика движения поездов (ИГД);
- плана формирования поездов (ИПФ);
- систем развития транспортного спроса (ИСТС).

Решение задач первого уровня позволит перейти к формированию интеллектуальных систем управления на каждом виде транспорта, а в идеале – создать интеллектуальную систему управления единой транспортной системой.

Необходимо подчеркнуть, что разнообразие подходов и методов развития ИТС потребует радикального пересмотра взгляда на проблему управления. Стоит ожидать, что реализовать ИТС можно будет только с использованием дорогостоящих автоматизированных (автоматических) систем. Реальные «плоды» ИТС становятся дорогими, и это потребует пересмотра подходов к построению систем управления в будущем.

Важным этапом в развитии ИТС следует считать формирование программы накопления фундаментальной информации и выявления новых закономерностей функционирования транспорт-

ной системы. Поэтому эффект от применения ИТС (при образовавшемся разрыве между притоком информации и возможностями современных вычислительных систем) не будет высоким. Наиболее остро это явление будет ощущаться в использовании (построении) оптимизационных моделей.

Особое внимание при развитии ИТС следует уделить формализации идей эвристического синтеза, без которого трудно создать ИТС. Авторы считают, что очень ограниченное количество исследований посвящено изучению творческого процесса специалистов по управлению, а еще уже спектр исследования творческого процесса коллективов, инженерной интуиции, практического опыта решения транспортных задач. Наиболее образно и ёмко эту тенденцию развития интеллектуальных систем сформулировал Н. Н. Моисеев: «Я убежден, что и сейчас, и через двадцать лет, так же как двадцать лет и двадцать веков назад, открытие новых законов ... будет совершаться ценой напряженной творческой деятельности, ценой невероятных затрат человеческого интеллекта и духа».

УДК 656.212.5:656.212.3/5

АДАПТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ НЕМЕХАНИЗИРОВАННЫХ СОРТИРОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

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

А. Б. МАКРИДЕНКО
Белорусская железная дорога, г. Минск

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 средней и малой мощности. Несмотря относительно небольшую производительность (250–1500 ваг./сут), к ним предъявляются такие же требования, как и к другим типам горок. Сортировочные горки являются наиболее эффективным средством выполнения маневровой работы по сравнению с другими сортировочными устройствами, в т. ч. с вытяжными путями со стрелочными горловинами на площадках, уклонах и так называемыми «полугорками» (в соответствии с ранее принятой терминологией) – вытяжными путями с возвышением специального профиля. Необходимо отметить, что безопасность функционирования и эксплуатационные показатели работы, параметры конструкций и уровень технического оснащения немеханизированных сортировочных устройств сегодня не в полной мере соответствуют современным требованиям, которые претерпели значительные изменения по сравнению с тем периодом, когда осуществлялось проектирование и строительство таких устройств. Происходит это по ряду объективных причин. Так, во-первых, улучшились ходовые качества подвижного состава на подшипниках качения, внедряются новые типы подшипников кассетного типа, во-вторых, увеличилась грузоподъемность вагонов, примерно на 25 % возросла осевая нагрузка, в-третьих, изменяется структура вагонного парка с увеличением доли длиннобазных вагонов (6- и 8-осных). В-четвертых, происходят изменения в окружающей среде и другие причины. Таким образом, остро встает задача адаптации эксплуатируемых сортировочных горок, прежде всего, немеханизированных горок малой мощности, к современным условиям работы, и нерешение данной проблемы может привести к выводу их из эксплуатации. Для повышения эффективности функционирования сортировочных горок принимались различные меры, но в основном они сводились к организационно-технологическим и ревизионным мероприятиям, которые сгладили, но не решили проблему. К важным инновационным мероприятиям следует отнести ориентирование на механизацию и автоматизацию сортировочных горок с применением современных технических устройств и малолюдных технологий, обеспечивающих пропуск вагонопотоков на основных направлениях и крупных технических станциях (Минск-Сортировочный, Молодечно, Калинковичи и др.), однако массовое техническое перевооружение

сортировочных устройств требует значительных инвестиционных вложений, поэтому не может быть осуществлено в короткие сроки.

В 2017 г. принята и реализуется Программа повышения уровня сохранности вагонного парка, сокращения эксплуатационных расходов при переработке вагонов на сортировочных горках Белорусской железной дороги на период 2017–2018 гг. (далее – Программа), действие которой частично продлено на 2019 г. (приказ от 26.01.2017 № 117НЗ с дополнениями). Программа охватывает все сортировочные горки дороги, а для 14 немеханизированных горок предусматривается обследование их основных параметров и проектной документации на соответствие действующим правилам и нормам проектирования сортировочных устройств, требованиям безопасности движения и сохранности перерабатываемого подвижного состава и грузов. В качестве эталона выбрана немеханизированная сортировочная горка станции Жлобин, переустройство которой выполнено в 2016 г. При этом высота горки была обоснованно понижена на 0,7 м, размещение тормозных позиций изменено для их рационального использования, параметры продольного профиля надвижной и спускной частей горки приведены в соответствие с нормами проектирования, что позволило в совокупности значительно снизить скорости движения отцепов при ролпуске с горки, уменьшить интенсивность их торможения при увеличении количества вагонов в отцепе с шести до 10–14, сократить штат регулировщиков РСДВ и существенно снизить напряженность их труда, уменьшить расход тормозных башмаков. Удалось практически полностью исключить образование термомеханических повреждений поверхности катания колесных пар вагонов (односторонних ползунов сверх нормативной величины, выщербин и др.) при торможении на трех немеханизированных тормозных позициях с использованием тормозных башмаков. В целом реализация реконструктивных мероприятий при минимальных затратах и сохранении допустимых существующих параметров горки позволила значительно снизить эксплуатационные расходы станции Жлобин на переработку подвижного состава с использованием сортировочной горки в Южной системе станции. Разработанная ПСО Гомельского отделения проектная документация для переустройства горки в настоящее время используется специалистами для контроля ее параметров. В предпроектном обследовании сортировочной горки станции Жлобин, обосновании ее основных параметров участвовал коллектив научно-исследовательской лаборатории «Транспортные коммуникации» БелГУТа (НИЛ «ТК»). При этом активно использовались методы моделирования режимов работы горки с применением специального программного обеспечения. Исследования выполнялись в тесном взаимодействии специалистов университета, станции Жлобин и Гомельского отделения, обеспечивалось техническое сопровождение проектных и строительных работ. Для коллектива НИЛ «ТК» участие в данной работе явилось проверкой теоретических изысканий на практике, первой практической реализацией полученных в ходе многочисленных исследований сортировочных устройств предложений и наработок, а для Белорусской железной дороги – оценкой перспектив эксплуатации немеханизированных сортировочных горок в современных условиях и возможности распространения данного опыта на остальные немеханизированные сортировочные устройства железнодорожных станций, что и вылилось в принятие приведенной выше Программы. Используя наработанные подходы, коллектив НИЛ «ТК» принял участие в обследовании 11 сортировочных горок из 14, включенных в план технических мероприятий Программы, и разработке предложений по совершенствованию их параметров (НОД-1 и НОД-2 – 4 станции, НОД-5 – 3). В настоящее время согласно Программе реализованы предложения по приведению параметров сортировочных горок в соответствие с требованиями нормативных документов на станциях Волковыск, Лида и Гродно (НОД-2), Осиповичи (НОД-5) и начались аналогичные работы на станции Степянка (НОД-1). На станциях Волковыск, Осиповичи и Степянка предусматривалось понижение высоты горок, а на станциях Гродно и Лида – корректировка параметров продольного профиля и размещения тормозных позиций. В последнее время разработаны графические модели продольного профиля нормативной (индивидуальной) проектной конструкции (включая надвижную, перевальную, спускную части и начальные участки сортировочных путей) сортировочных горок станций Орша-Центральная, Орша-Западная и Шабаны Минского отделения с учетом максимально возможного сохранения части конструктивных параметров устройств для минимизации затрат на переустройство в рамках расходов только на текущее содержание путевого развития, т. е. предложенные специалистами НИЛ «ТК» конструкции обследуемых горок адаптированы к местным условиям и имеют индивидуальный характер.

Применение методов моделирования режимов работы сортировочных устройств позволило в кратчайшие сроки выявить критические несоответствия в работе горок условиям безопасности движения, сохранности подвижного состава и проектным требованиям. При этом учитываются разнообразные факторы, влияющие на работу того или иного устройства, что и определяет индивидуальный характер каждой сортировочной горки (вероятностные характеристики перерабатываемого вагонопотока, климатические условия работы, актуализированные план и профиль путей и др.). Так, в процессе работы практически у всех обследуемых горок на станциях выявлены несоответствия высоты горки расчетным значениям, 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 их не рационального размещения и дефицита мощности немеханизированных тормозных средств, сложность своевременного разделения отцепов по маршрутам движения и др. Этому способствуют деформация элементов 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 закрепленными кривыми и др.

Как показал опыт проведения данных исследований, для каждой горки возможно получить решения для приведения ее параметров в соответствие с требованиями, т. е. назначить своеобразное «лечение». И самое главное – удалось сохранить роль и значение сортировочных горок, как наиболее эффективного средства выполнения маневровой работы. В то же время не снимается вопрос технического перевооружения сортировочных горок за счет механизации и автоматизации сортировочных процессов.

УДК 656.022: 656.224

ОБ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРАХ И СФЕРАХ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ «ТРАМВАЙ – ПОЕЗД»

К. Ю. НИКОЛАЕВ

АО «Институт экономики и развития транспорта», г. Москва, Российская Федерация

Транспортная система «Трамвай – Поезд» является логичным переходом хорошо известного городского трамвая в более технологически развитую систему, которая позволяет объединить в себе преимущества легкорельсового городского транспорта с уже давно существующей, но живой своей отдельной жизнью сетью железных дорог как общего, так и необщего пользования. Эта технология позволяет:

- создавать маршруты движения транспортных средств с использованием как внутригородских (трамвайных) путей, так и путей общего пользования и путей необщего пользования (на договорной основе с владельцем ПНП);
- использовать общую деповскую и пассажирскую инфраструктуру с системами городского транспорта и/или железных дорог;
- осуществлять перевозки пассажиров как во внутригородском сообщении, так и в пригородном или межгородском.

Основные требования к пассажирским рельсовым системам заключаются в нескольких позициях:

- 1) предоставление стабильной транспортной услуги для пассажиров;
- 2) безусловное обеспечение безопасности движения поездов и других участников перевозочного процесса;
- 3) сохранение и ненарушение технологического процесса работы железной дороги и предприятий владельцев ПНП.

Классификация транспортных систем (отдельных маршрутов) «Трамвай – Поезд» возможна по признаку используемой инфраструктуры, т. к. требования к подвижному составу в каждом случае не будут одинаковы:

- 1) городская трамвайная сеть, пути общего пользования;

- 2) городская трамвайная сеть, пути необщего пользования;
- 3) городская трамвайная сеть, пути общего пользования, пути необщего пользования;
- 4) пути общего пользования, пути необщего пользования;
- 5) пути необщего пользования.

В отдельных случаях, для удобства пассажиров, возможно использование инфраструктуры метрополитенов.

В организации сложного процесса перевозки пассажиров в транспортной системе «Трамвай – Поезд» всегда принимают участие несколько субъектов, таких как: владельцы инфраструктуры общего пользования; муниципальные или частные операторы городского наземного транспорта; владельцы путей необщего пользования, чья инфраструктура используется для пассажирского движения. Это требует от всех заинтересованных сторон поиска компромиссных параметров организации пассажирского движения. При этом основным выгодоприобретателем в результате поиска оптимального решения должны стать пользователи транспортной системы (пассажиры).

Для собственников путей необщего пользования, чьи интересы затронуты в процессе организации и эксплуатации таких транспортных систем, должны быть предусмотрены различные формы государственного (муниципального) стимулирования и компенсаций, побуждающие независимые частные организации к участию в социально-значимых транспортных проектах.

Подвижной состав для использования в транспортной системе «Трамвай – Поезд» должен отвечать увеличенному перечню требований, так как ему предстоит работать на участках инфраструктуры с различными правилами технической эксплуатации. Также важным фактором является применяемый тип силовой установки (электротяга, дизель и др.), так как возможная сфера применения тех или иных тяговых средств при разных условиях различна.

Сфера применения транспортных систем «Трамвай – Поезд» сосредоточена в крупных агломерациях. Большие города, как правило, являются крупными транспортными узлами, с большой составляющей местной работы, для выполнения которой имеется разветвленная сеть путей необщего пользования. Большим и развивающимся городам требуется транспортная инфраструктура высокого качества, способная обеспечить существующий и перспективный спрос населения на транспортную услугу. Наблюдается тенденция к сокращению и выведению за пределы городов крупных промышленных предприятий, и инфраструктура, которая раньше обеспечивала работу этих предприятий, большую часть времени не загружена. В то же время ценнейшим ресурсом в городе является земля, в т. ч. и под путями необщего пользования, которая в случае неинтенсивного движения (менее 3 млн т/год) используется неэффективно для города. Совместное использование инфраструктуры рельсового транспорта позволит снизить издержки на организацию пассажирского сообщения.

Расчетные зависимости по обоснованию параметров транспортной системы «Трамвай – Поезд» должны базироваться на следующих группах факторов:

- 1) топология путевого развития и пассажирских обустройств;
- 2) маршрутная сеть, её возможности и особенности;
- 3) график движения и его координация с графиками движения участвующих владельцев инфраструктур.

Указанными группами факторов определяются технико-экономические показатели перевозчика и участвующих инфраструктур, а также социально-экономические эффекты.

Основой маршрутной сети будет являться городская трамвайная сеть, по которой в совместном режиме курсирует подвижной состав системы «Трамвай – Поезд» и городские трамваи, которые выполняют основную работу по внутригородским пассажирским перевозкам. В то же время маршруты системы «Трамвай – Поезд» должны обеспечивать транспортную связь транспортного хаба внутри города с пригородом и городами-спутниками, крупными промышленными предприятиями за пределами города. Также возможно использовать транспортную систему «Трамвай – Поезд» на внутригородских маршрутах, если они проложены через внутриузловые соединения железных дорог общего пользования или через закрытые территории предприятий. Возможно использование подвижного состава системы «Трамвай – Поезд» для улучшения межгородских связей путем использования трамвайной инфраструктуры в каждом городе. Дополнительный эффект – снижение потребности в перронных путях на станциях и вокзалах.

Так как работа системы «Трамвай – Поезд» предусматривает постоянное взаимодействие с железной дорогой общего пользования, для повышения надежности ее работы выезд прочего автотранспорта на участки совместного использования городской инфраструктуры подвижным соста-

вом системы должен быть запрещен, а пути обособлены. График движения и время передачи подвижного состава по гейтам (путь, используемый для перехода подвижного состава между железнодорожными и трамвайными сетями) между рельсовыми системами должен быть согласован с графиком движения поездов на прилегающем участке железной дороги.

Схема путевого развития является важным фактором, влияющим на надежность работы транспортной системы «Трамвай – Поезд», устойчивой работы предприятий каждого отдельного участника перевозочного процесса. Основные технологические принципы построения схемы путевого развития:

- 1) обеспечение безопасности движения;
- 2) обеспечение пропускания заданных размеров движения;
- 3) максимальная параллельность выполняемых операций;
- 4) гибкость в организации маршрутов движения пассажирского транспорта.

Все перечисленные выше факторы комплексно влияют на функциональную надежность транспортных систем. Задача по повышению функциональной надежности является наиболее актуальной в условиях необходимости освоения всё возрастающего грузопотока на железных дорогах, а также удовлетворения потребности населения городов в перевозках.

Примером возможного полигона применения транспортной системы «Трамвай – Поезд» может являться участок Зелецино – Ройка – Мыза Горьковской железной дороги и трамвайная линия по Проспекту Гагарина в Нижнем Новгороде. Сейчас это две отдельные системы с конечной точкой на окраине города. Объединение трассы маршрутов электрички и трамвая путем применения технологии «Трамвай – Поезд» позволит повысить связанность районов города, наладить новые транспортные связи, улучшить транспортное обслуживание населения города-спутника Кстово.

УДК 656.2 : 656.225.073.46

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО И НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕСТАХ ЗАРОЖДЕНИЯ ГРУЗОПОТОКОВ

Е. Н. ПОТЫЛКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проблема эффективной организации работы промышленного и магистрального железнодорожного транспорта всегда была в центре внимания эксплуатационной науки и практики. Исследования в области взаимодействия железнодорожной станции и пути необщего пользования, проводимые в период существования Союза Советских Социалистических Республик, характеризуются наличием условий, определяющих направления и задачи исследований: функционирование плановой системы экономики, дефицит вагонного парка, малая доля частных вагонов в общем потоке вагонов и др. [2].

В настоящее время работа железнодорожного транспорта характеризуется ростом количества частного подвижного состава и его доли в общем парке вагонов. Рост парка вагонов сопровождается увеличением числа собственников подвижного состава. Управление частными вагонами осуществляется экспедиторскими организациями, инвентарными – диспетчерским аппаратом. При этом экспедиторы, учитывая интересы собственников подвижного состава, выполняют поиск наиболее доходного груза для перевозки.

В случае несогласования тарифа за перевозку груза вагон вынужден находиться на железнодорожном пути общего либо необщего пользования. Временное размещение подвижного состава на местах необщего пользования может быть вызвано как сезонной, так и среднесуточной неравномерностью. При временном размещении частных перевозочных средств собственник подвижного состава несет затраты, связанные с занятием железнодорожного пути. Возникает ситуация, которая характеризуется тем, что вагон не движется, соответственно владелец подвижного состава не получает прибыли. Как известно, основным показателем работы частного вагона является доходность в единицу времени, поэтому владелец перевозочного средства заинтересован в его предоставлении в пользование для различных целей или в аренду. Например, использовать вагон, находящийся во временном размещении на железнодорожном пути необщего пользования, для

погашения среднесуточной неравномерности. Поэтому открытым остается вопрос целесообразности предоставления вагонов в пользование для различных целей или аренду для отправителей, получателей, поскольку в таком случае появляется возможность содержать меньшие складские емкости. Однако при этом требуется большее путевое развитие.

Возможны различные варианты погрузки груза из производства в перевозочные средства, которые отражены на графе, приведенном на рисунке 1.

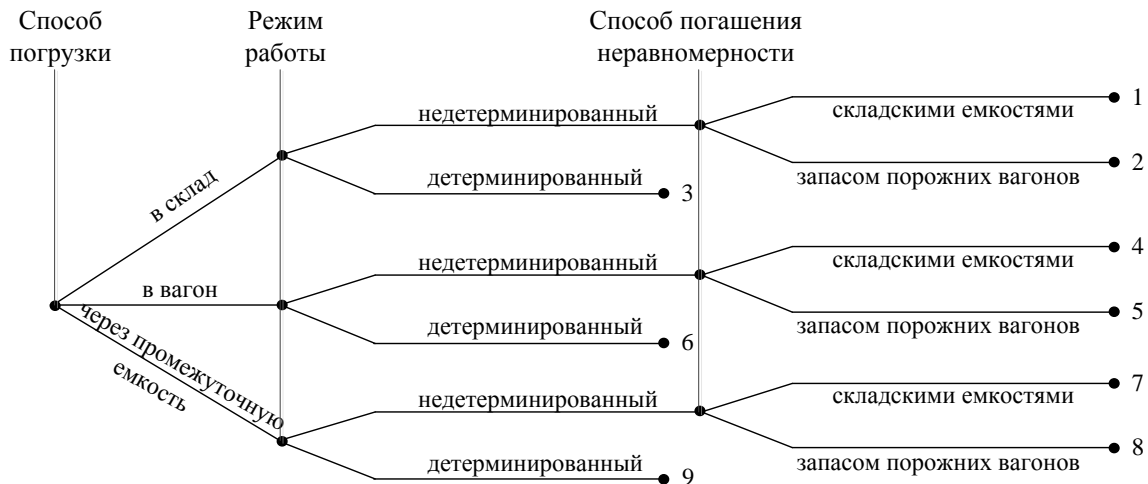


Рисунок 1 – Граф вариантов погрузки продукции из производства в вагоны

В соответствии с разработанным графом, представленным на рисунке 1, построены технологические схемы продвижения вагонопотока, начиная от железнодорожной станции примыкания до грузового фронта пути необщего пользования для различных вариантов организации работ по погрузке продукции из производства в перевозочные средства. При этом период времени, через который выполняются подачи вагонов на грузовой фронт, составляет T . Средняя величина отправляемой партии груза, t ,

$$Q = \lambda T, \quad (1)$$

где λ – интенсивности производства продукции, т/ч.

Поскольку технологические операции в рассматриваемой модели имеют вероятностный характер, возможны задержка подачи вагонов на грузовой фронт, изменение интенсивности производства продукции и др. Происходящее в настоящее время развитие рынка транспортных услуг постепенно приводит к клиентоориентированности процессов производства, доставки, реализации продукции. Поэтому взаимодействие железнодорожных станции и пути необщего пользования следует рассматривать с позиции грузовладельца, которого интересуют затраты, связанные с перевозкой продукции, начиная от пункта накопления и заканчивая пунктом потребления. Поэтому взаимодействие грузового фронта, станции Заводская и станции примыкания целесообразно исследовать в рамках логистической схемы доставки продукции. При таком подходе к разработке модели учитываются основные принципы логистики: системный подход, учет совокупных логистических издержек, глобальная оптимизация и интеграция, использование теории компромиссов, моделирование и информационно-компьютерная поддержка, устойчивость и адаптивность.

Оценка конкурентоспособности различных вариантов погашения неравномерности позволяет определить издержки клиента железной дороги при осуществлении перевозочного процесса. На основании этой оценки возможно сделать вывод о применении того либо другого варианта погашения среднесуточной неравномерности при различных условиях работы.

После разработки возможных вариантов необходимо оценить уровень издержек по каждому из них. Целевая функция, учитывающая издержки на одну тонну груза, включает в себя группы затрат, которые возникают:

- 1) в пункте отправления;
- 2) в процессе взаимодействия путей необщего пользования и станций примыкания;
- 3) в пути следования;
- 4) в пункте назначения.

Затем выбирается оптимальный вариант по критерию минимума затрат для клиента в соответствии с родом перевозимого груза, требованиями к сроку доставки, условиями обеспечения сохранности груза, стоимости перевозки и т.д.

Список литературы

1 Григорюк, В. Ф. Оптимизация взаимодействия пунктов погрузки и выгрузки вагонов / В. Ф. Григорюк. – М. : Транспорт, 1986. – 79 с.

2 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»).

УДК 339.9

ПОЛИВАРИАНТНОСТЬ СЕТЕВЫХ СТРУКТУР И РЫНКОВ КАК ФАКТОР УСЛОЖНЕНИЯ МИРОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Г. В. РУБЛЕВ, А. Г. РУБЛЕВ

*Красноярский институт железнодорожного транспорта,
Сибирский федеральный университет, Российская Федерация*

В последние годы создаются и активно функционируют структуры, быстро проникающие в различные сферы мирового сообщества на горизонтальном и вертикальном уровне. По определению М. А. Хрусталева [1], эти типы объединений, с одной стороны, являются «паутиной всемирной политической сети», связывающей между собой государственных и негосударственных акторов, а с другой – представляют собой сетевую и рыночную организацию. В то же время современные политические сети имеют определенные характеристики, отличающие их от стандартных общественных. В определенной степени формы современного мироустройства можно также отнести к «сетевым» структурам. Например, активно обсуждаемые в последнее время концепции мирового хаоса (или анархии) на самом деле являются «сетевыми» моделями. Другой пример – выстраиваемая «демократическая» организация мирового сообщества. По мнению М. М. Лебедевой [2], данная структура является определенным типом сложной «сети» со своей специализацией и вместе с тем с интеграцией регионов, корпораций, разного рода центров, которая имеет свои правила взаимодействия и процедуры согласования интересов на разных уровнях.

В современных условиях динамично развивающимся социальным институтом с новой социальной конфигурацией является Интернет, который является составной частью техносферы и обладает уже сложившимися функциональными элементами в виде:

- информационно-коммуникационной среды для установления политических, экономических, культурных, общественных и личных отношений (преодолеваются государственные границы);
- виртуальной среды, в которую помещается сознание человека и где реализуются его частные интересы;
- бизнес-среды, в которой осуществляется финансовая и электронная торговля;
- системы накопления, хранения и распространения информации (библиотечных фондов, средств массовой информации, передачи знаний и человеческого опыта);
- средства трансформации традиционных форм социальных отношений (например, этнических условностей, социальных барьеров, религиозных убеждений и т. п.);
- средства трансформации социальных качеств «пользователей» – сообщества людей.

Необходимо отметить, что глобальная сеть не имеет фиксированной иерархической структуры, но в то же время Интернет обладает признаками распределенной и самоорганизующейся системы. О появлении подобного социального виртуального пространства в виде ноосферы (сферы разума) писал в начале XX века В. И. Вернадский. Со временем воздействие создаваемых информационных технологий в глобальной сети может трансформировать организационные структуры.

Что касается другого объекта анализа – рынка, то типичным его образцом является современный мировой рынок, сформировавшийся в результате экспансии промышленно развитых госу-

дарств. Сегодня рынок охватывает не только экономическое пространство всего мирового сообщества, но и все национальные государства. Сложилась такая ситуация, когда стираются границы между мировым и национальными рынками. Они развиваются одновременно, подталкивая друг друга, взаимодействуя и интегрируясь. Вместе с тем мировой рынок обладает олигопольной структурой, в которой доминируют несколько транснациональных альянсов, сотрудничающих и конкурирующих между собой на мировом и национальных рынках. Его основой являются ТНК (транснациональные корпорации), для которых границы национальных рынков стали тесными. Они перенесли значительную часть производств за пределы своих стран, создав многочисленные филиалы, интегрированные в единую сеть производств. К настоящему времени ТНК имеют разветвленную сетевую структуру с базами транснационального капитала и узлами управления в крупных городах.

В шестидесятые годы XX века были созданы евторынки, деятельность которых не регулировалась национальными законодательствами. К 1973 г. евторынки стали неотъемлемой частью мирового рынка капиталов, возникли новые международные финансовые центры – в Люксембурге, в Сингапуре, в Гонконге, в Панаме, на Багамских островах и др. Они освобождались от валютного контроля и на них распространялись налоговые льготы. В двадцатом веке евторынок стал состоять из несколько сотен крупных банков, расположенных в основных центрах Западной Европы и в тех странах, где не ограничиваются права банков по проведению операций в иностранных валютах с нерезидентами. Таким образом, сформировались транснациональные банки (ТНБ) с широкой сетью зарубежных филиалов.

Для повышения своей конкурентоспособности европейские центры провели либерализацию своих финансовых рынков. Одновременно стали создаваться новые международные финансовые рынки: фьючерсов валют (Чикаго, начало 70-х гг. XX в.), фьючерсов для процентных ставок (Чикаго, Нью-Йорк, 1978), валютных опционов (Филадельфия, 1982) [3].

Другим примером экономического рынка стал мировой рынок капитала, который превратился в один из факторов развития интернационализации мирового хозяйства и стал источником ресурсов для всех стран мирового сообщества. В конце XX века на мировом рынке капиталов наметился ряд стратегических направлений, таких как: возрастание роли международного финансового рынка; рост прямых инвестиций и изменение структуры инвестиций, направляемых в индустриально развитые и развивающиеся страны; глобализация мирового фондового рынка; рост вывоза прямых инвестиций из развивающихся стран.

Сегодняшний этап развития – это объединение всех рынков в функционирующую по своим законам сеть. Так, функционирует мировая финансовая сеть, которая состоит из нескольких сотен международных и транснациональных финансово-промышленных групп, включая транснациональные банки и страховые компании, рынки ценных бумаг, электронные системы банковских расчетов в реальном времени (системы пластиковых карт и глобальная сеть электронной торговли). В процессе расширения данной сети бумажные сделки будут вытесняться электронными.

Рыночная структура проникла в область политической общественной жизни, появились такие международные акторы, как политические рынки, внутри которых осуществляется деятельность национальных правительств и различных международных организаций. В этих условиях национальное государство действует, во-первых, по пути регламентации деятельности финансово-промышленных групп, а во-вторых – лоббирования через недипломатические центры влияния, которые формируются вне государств.

Необходимо выделить еще две современные тенденции развития международных политических рынков. Это расширение рынков за счет «потеснения» международных экономических организаций различными вновь созданными неправительственными организациями, усиливающими свое влияние в общественных процессах, а также активное развитие нового международного актора – «неформального сектора».

Таким образом, в результате возникновения различных сетевых структур и рынков на смену фрагментации, обусловленной географическим разделением и разрушением традиционных форм социальных контактов, приходит новая глобальная фрагментация, которая не только объединяет рынки и связывает разобщенные сетевые ячейки, но и выявляет в мировом сообществе небольшие группы людей с общими интересами, восстанавливает и создает (с помощью ИКТ), политические, экономические и социальные контакты между ними.

Список литературы

- 1 Хрусталеv, М. А. Эволюция системы международных отношений и особенности ее современного этапа / М. А. Хрусталеv // Космополис. – 1999. – С. 48–51.
- 2 Лебедева, М. М. Мировая политика: проблемы и тенденции развития / М. М. Лебедева // Мировая политика и международные отношения на пороге нового тысячелетия : сб. науч. статей; под ред. М. М. Лебедевой. – Московский общественный научный фонд. – 2000. – № 104. – С. 4–32. – (Сер. «Научные доклады»).
- 3 Мировая экономика. Экономика зарубежных стран / под ред. В. П. Колесова, М. Н. Осьмовой. – М. : Флинта, 2000. – 480 с.

УДК 656.13

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ ПОТОКОМ

М. Л. ТРЕТЬЯКОВА

Белорусский государственный университет, г. Минск

Актуальной сегодня является разработка вопросов эффективного функционирования и развития транспортной системы Республики Беларусь, в связи с чем необходимо исследовать новые методы управления транспортным потенциалом; изучить понятие и сущность интеллектуальных транспортных систем; определить их влияние на повышение эффективности транспортной отрасли страны.

Современный мир диктует жесткие условия: качественное увеличение интенсивности и оборота транспортных потоков, повышенные требования к транспортному обеспечению, повышение своевременности перевозочного процесса, его комфортности и безопасности. Это, в свою очередь, сопровождается увеличением количества транспортных средств, изменением масштабов компьютеризации систем управления и мониторинга самых разнообразных экономических и пространственных изменений, – все эти процессы требуют экономической, финансовой, интеллектуальной и экологической поддержки управления, в том числе обеспечивающих безопасность транспортного процесса. Последнее представляет собой состояние данного процесса, отражающее степень защищенности его участников от дорожно-транспортных происшествий и их последствий.

Увеличение потока пассажиров и грузов обуславливает повышение загруженности транспортных путей и скопления транспорта (пассажиров и грузов), снижение скорости перевозок в местах погрузочно-разгрузочных работ, местах пересадок/перегрузок, возникновению «пробок» и т. д. Всё это в конечном итоге отрицательно сказывается не только на безопасности транспортного процесса, но и на экономической и экологической ситуациях. Поэтому сегодня так остро стоит вопрос о предотвращении этих последствий.

Можно выделить несколько путей решения таких проблем. Например, повышение пропускной способности транспорта за счет капитальных вложений в строительство инфраструктуры: магистралей, трасс, портов, тоннелей, мостов и др. Однако это требует немалых денежных затрат. Но возможно подойти к решению «транспортных» вопросов с другой стороны. Это оптимизация транспортных потоков и управление ими благодаря применению новых технологий, например, технологий интеллектуальной транспортной системы.

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) представляют собой некую совокупность информационных, коммуникационных систем или средств и систем автоматизации в совокупности с транспортной инфраструктурой, транспортными средствами и пользователями, обеспечивающую эффективность перевозочного процесса, повышение его безопасности и качества. Другими словами, интеллектуальные транспортные системы – интеграция информационно-коммуникационных технологий применительно к ключевым составляющим транспортных процессов: человек – транспортные средства – транспортная инфраструктура. Также ИТС – это система, использующая инновационные разработки в моделировании транспортных систем и регулировании транспортных потоков, предоставляющая конечным потребителям большую информативность и безопасность, а также качественно повышающая уровень взаимодействия участников движения по сравнению с обычными транспортными системами.

Мировым сообществом было выработано решение, которое по своему содержанию ориентировано на создание не просто систем управления транспортом, а систем, в которых средства управле-

ния, контроля и связи встроены в транспортные средства и объекты транспортной инфраструктуры, а принятие решения основывается на полученной в реальном времени от различных источников информации (в том числе прогнозной информации). Такой круг вопросов и призваны решать интеллектуальные транспортные системы.

Однако прежде чем говорить о ИТС, стоит затронуть тему правильного понимания предмета ИТС. Проблема понимания неразрывно связана с осознанием роли и места автоматизации вообще, не только в области транспорта, и в вопросах создания интеллектуальных транспортных систем человечество еще не имеет достаточного опыта. Одной из проблем в проектировании информационных систем является доминирование объектов и инструментов над функциональностью. Многие считают, что информационные системы решают проблемы, тогда как на самом деле информационные системы только позволяют различными способами обнаружить ошибки, сбои в системах, устранив которые возможно решить проблему.

Что касается интеллектуальных транспортных систем, то они являются местом соприкосновения автотранспортной индустрии и индустрии информационных технологий и базируются на двух «китах»: моделировании транспортных систем и регулировании транспортных потоков.

Определение ИТС дает нам представление об их главных целях:

- информативность и безопасность;
- качественно новый уровень информационного взаимодействия участников дорожного движения.

Объектом управления для ИТС являются транспортные потоки. Источником информации об объекте управления являются датчики и детекторы на дороге, смежные информационные системы и ввод данных оператором. А вот для того, чтобы система начала анализ информации об объекте управления, необходимо заложить в систему некое представление об этом объекте. Здесь уместно говорить о моделировании и создании модели анализируемого объекта. Детальность и точность модели определяется исключительно задачами, стоящими перед ИТС.

Рассмотрим более детально транспортные модели. Транспортные модели делятся на математические и имитационные. Первые основываются на известных законах движения транспорта, представленных в виде формул, систем уравнений и т. п. Вторые имитируют движение отдельных транспортных средств, поведение водителей, работу светофоров и т. п. На практике же чаще применяется некая смесь математических и имитационных моделей.

Например, системы транспортного моделирования на макроуровне (страна, город, микрорайон) оперируют демографическими данными, понятиями «граф дорог», «зона притяжения», «транспортный спрос и предложение». В них заложены данные о проценте использования автомобилей населением, о пропускной способности дорог, о количестве парковочных мест в различных городских объектах: торговых центрах, больницах и т. п. Макромодель использует в основном математические методы моделирования. Примером ИТС в данном случае может быть применение программного пакета для макромоделирования PTV Visum.

Микромодели оперируют конкретными объектами из «реального мира» – регулируемый перекресток, транспортная развязка, сеть улиц, автомобиль. При этом микромодель «знает» о количестве полос движения, о наличии подъемов/спусков, о характеристиках двигателей автомобилей (как быстро они могут тронуться), о правилах движения и остановки. Чтобы микромодель заработала на полную мощность, ей на вход необходимо подать информацию из макромоделей: количество и состав транспортных средств в определенные моменты времени (сколько легковых и сколько грузовых машин, сколько автобусов, трамваев и т. п.), особенности поведения водителей (часто ли перестраиваются, как часто следуют указаниям знаков и табло, соблюдают ли правила парковки). Если данные макроуровня верны, микроуровень позволяет с высокой точностью имитировать реальный транспортный поток. Примером ИТС может быть использование пакета для микромоделирования Aimsun.

Основным назначением транспортных моделей является проведение экспериментов. То есть существует возможность изменения некоторых параметров системы и их движения. Чем точнее модель, тем больше разнообразной информации она в себе содержит.

Возможно, использование таких прикладных программ позволит не только оптимизировать процессы перевозок, но и обеспечит своевременную, качественную и надежную доставку, позволит минимизировать затраты, связанные с повышением эффективности перевозочного процесса, обеспечить сохранность грузов и главное – безопасность движения.

Также при формировании ИТС следует учитывать перспективы развития международных транспортных коридоров в соответствии с принятыми в Западной Европе стандартами, вопросы оснащения автомагистралей, портов, терминалов и инфраструктуры компонентами ИТС, что увеличит стоимость работ, но это будет компенсировано значительной экономико-социальной отдачей.

УДК 656.22.05

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕДУРЫ РАЗРАБОТКИ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ С УЧЕТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

Е. А. ФЁДОРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Разработка графика движения поездов (ГДП) представляет собой сложную систему взаимодействия участников транспортного рынка по организации перемещения на участках инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования заявленных перевозчиками поездопотоков в соответствии с единой технологией перевозочного процесса (ЕТПП), обеспечивающей равные условия доступа к услугам инфраструктуры. Применение системного подхода при организации процедуры разработки ГДП должно обеспечивать реализацию следующих принципов:

- целостность процедуры, заключающаяся в рассмотрении в качестве объекта разработки ГДП множества взаимоувязанных процессов перемещения заявленных перевозчиками поездов, характеризующихся рядом переменных параметров, по маршрутам их следования на расчетном полигоне инфраструктуры в соответствии с заданной целью функционирования транспортной системы;

- совместимость элементов процесса разработки ГДП, обеспечивающая возможность обслуживания транспортных потоков в процессе перемещения по инфраструктуре за счет соответствия технических и технологических условий реализации перевозочного процесса участниками транспортного рынка, регламентированных договорными отношениями и ЕТПП;

- функционально-структурное построение процесса разработки ГДП, обеспечивающее гарантированную возможность реализации функций перевозочного процесса для установленной структуры поездных назначений перевозчиков с установленными в поездных заявках параметрами движения поездов по маршрутам следования;

- развитие модели ГДП в процессе разработки посредством уточнения параметров модели и улучшения соответствия ГДП поставленной целевой функции на каждом этапе разработки. Реализация жизненного цикла процесса разработки ГДП должна обеспечивать реализацию поездных заявок в соответствии с установленной системой приоритетов. Каждый этап разработки соответствует созданию фрагмента или версии ГДП, для которого уточняется целевая функция, параметры и характеристики реализации поездных заявок, определяется его качество и планируются работы следующего этапа. Таким образом, углубляются и последовательно конкретизируются детали ГДП на полигоне инфраструктуры и в результате разрабатывается обоснованный вариант, который доводится до реализации. Каждый этап включает 4 элемента: определение целей, оценку рисков и резервирование, разработку ГДП и определение его качества, планирование следующего этапа;

- лабильность (подвижность) способов прокладки ниток движения поездов при моделировании ГДП, заключающаяся в вариативности способов реализации поездных заявок на участках инфраструктуры в зависимости от параметров логистических цепей поставок товарной массы клиентов, а также от набора реализуемых участниками перевозочного процесса технологических операций в рамках ЕТПП, устанавливаемых в соответствии с их техническими и технологическими возможностями и условиями пропуска заявленных поездов по расчетному полигону инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования;

- итеративность процедуры разработки ГДП в рамках регламентированных этапов с формализованными механизмами реализации и корректировки на основании оценки и анализа предварительных, промежуточных и итоговых показателей качества ГДП. Процедура разработки ГДП должна сочетать итеративность и этапность в соответствии с принципами, изложенными в модели ЖЦ (рисунок 1);

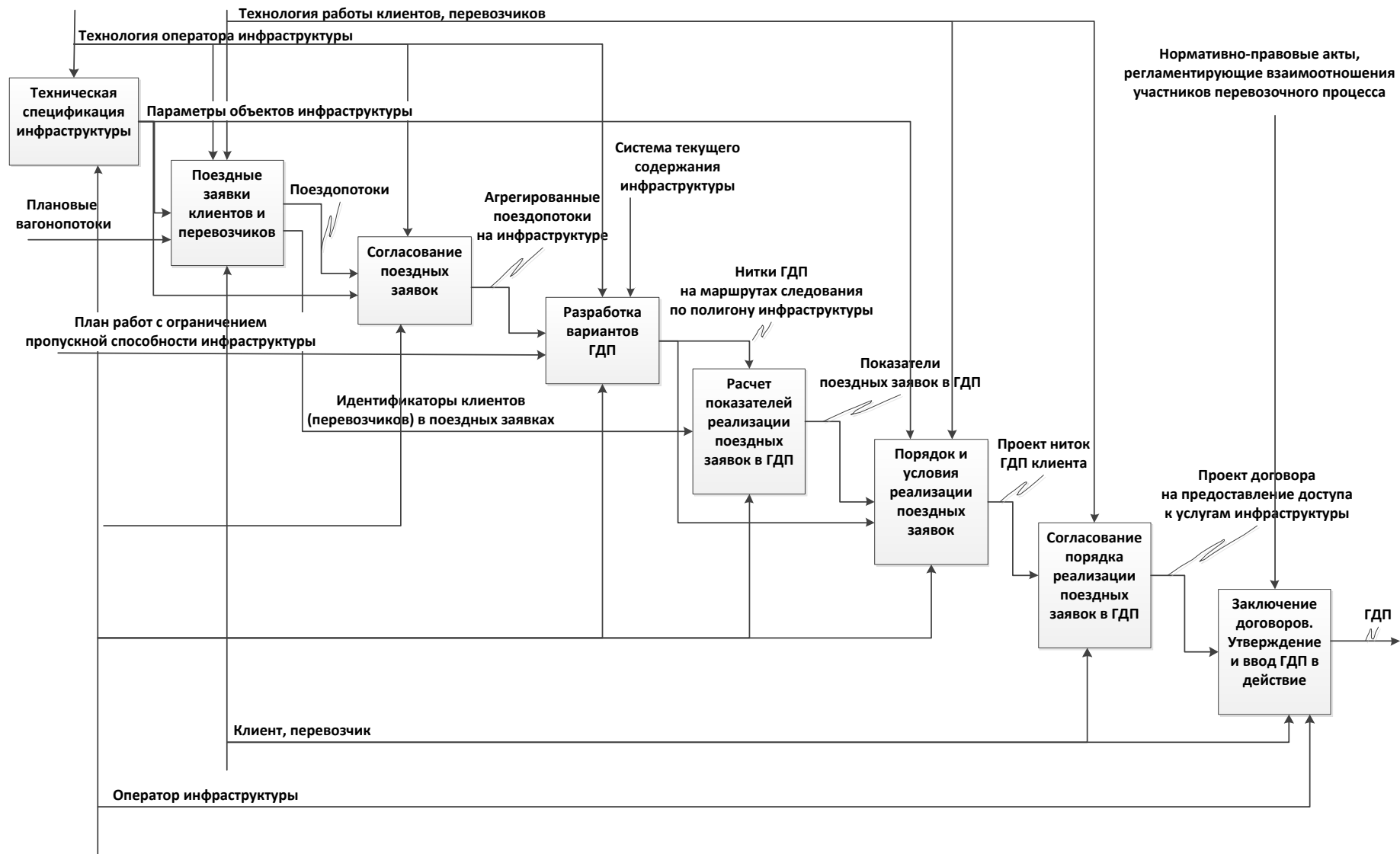


Рисунок 1 – Организационная процедура разработки ГДП

– вероятностные оценки параметров транспортных потоков, характеризующихся значительной стохастичностью образования в условиях изменяющегося рынка транспортных услуг;

– вариантность процедуры разработки ГДП, определяемая изменениями структуры, размеров и параметров поездных заявок, в результате колебаний транспортных потоков клиентов и изменения параметров пропуска поездов по участкам инфраструктуры.

Для реализации описанных принципов системного подхода при разработке ГДП необходимо установить следующие этапы организационной процедуры:

1) разработка и предоставление в свободном доступе технической спецификации инфраструктуры;

2) формирование клиентами и перевозчиками поездных заявок на плановые размеры движения поездов;

3) согласование поездных заявок на предоставление доступа к услугам инфраструктуры с целью организации движения поездов (осуществляется по категориям);

4) разработка вариантов ГДП на расчетном полигоне инфраструктуры, корректировка поездных заявок, не соответствующих установленным критериям прокладки ниток движения поездов;

5) расчет показателей качества реализации поездных заявок клиентов и планов формирования поездов перевозчиков в ГДП, их оценка и согласование с участниками перевозочного процесса;

6) информирование о реализации поездных заявок в ГДП на расчетном полигоне инфраструктуры для организации движения поездов. Передача порядка и условий реализации поездных заявок в ГДП клиентам (перевозчикам);

7) согласование порядка реализации поездных заявок в ГДП участниками перевозочного процесса; корректировка планов формирования, технологических процессов и иных локальных актов с учетом оптимизации и синхронизации взаимодействия по организации перевозочного процесса на основе ГДП;

8) заключение договоров на предоставление доступа к услугам инфраструктуры по организации движения поездов. Утверждение и ввод в действие ГДП как комплексного локального акта участников перевозочного процесса в рамках ЕТПП.

Изложенные принципы системного подхода к разработке ГДП на расчетном полигоне инфраструктуры и установленная этапность их реализации подтвердили свою эффективность в практической деятельности Белорусской железной дороги и внедрены в состав процедуры разработки нормативного ГДП на участках инфраструктуры.

УДК 656.21

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПУТЕВЫХ СТРУКТУР НА РАБОТУ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Е. А. ФИЛАТОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из важнейших этапов развития железных дорог «пространства 1520» в XX веке, существенно повысившим эффективность перевозочного процесса, стал переход к автоматической сцепке [1, 2]. Это позволило значительно улучшить основные эксплуатационные показатели железнодорожного транспорта: увеличить длину, вес и скорость грузовых поездов. Возможность автоматического сцепления значительно повысила эффективность маневровой работы, т. к. сцепление могло выполняться без непосредственного участия человека. Значительно сократилась продолжительность маневров при формировании поездов (на 25 %), удалось вывести сцепщики из межвагонного пространства (снизился травматизм), на 15 % был сокращен штат, существенно повысилась степень автоматизации перевозочного процесса [1, 2]. Существенно выросла грузоподъемность вагонов, а следовательно, и их размеры (в 2–3 раза). Тенденция увеличения доли таких вагонов сохраняется и сейчас.

С другой стороны, конструкция автосцепки накладывает определенные ограничения на геометрические параметры криволинейных участков пути. Поэтому указанные выше факторы требуют пропорциональной модернизации путевой инфраструктуры. Кроме того, на многих станциях имеется недостаток длины путей, что приводит к дополнительным маневрам по прицепке или отцепке

групп вагонов, не помещающихся в пределах пути, и увеличивает занятие горловин станции. Именно в таких условиях маневровая работа, связанная со сцеплением подвижного состава между собой, концентрируется на стрелочных горловинах и закрестовинных кривых. Высокая же стоимость переустройства замедляет решение этих задач. В условиях Белорусской железной дороги крупные станции часто расположены внутри городской застройки. Это делает такое переустройство еще более дорогостоящим и создает предпосылки для применения **трудных и особо трудных норм** проектирования. Поэтому требования к проектированию путевого развития железнодорожных станций в части применения кривых изменились незначительно по сравнению с размерами подвижного состава (минимальный радиус кривых увеличился лишь на 40 % (со 140 до 180–200 м [3–5])). На практике же в горловинах сортировочных парков до сих пор встречаются кривые радиусами 140 м и менее.

Вышеуказанные факторы еще более актуальны для путевого развития промышленных предприятий из-за непосредственной близости путей к производственным объектам, и их реконструкция имеет еще больше инфраструктурных ограничений. Поэтому в нормах проектирования путевого развития промышленных предприятий минимальные величины радиусов практически не изменились и до сих пор допускаются минимальные величины радиусов 80–120 м, а при выполнении сцепления вагонов – не менее 140 м [6]. Это оправдано для предприятий, использующих специальный подвижной состав, не допускаемый на пути общего пользования. Однако в условиях Белорусской железной дороги большинство предприятий использует вагонный парк общего назначения, размеры которого за последние 70 лет значительно изменились в отличие от требований к путевому развитию [3–6].

В то же время анализ методов определения автоматической сцепляемости и движения в сцепе подвижного состава [7] показывает, что величина выноса консольной части вагона прямо пропорциональна линейным размерам вагонов (длинам базы и консоли). Величина же радиуса кривой обратно пропорциональна этой величине. Это значит, что сложившаяся тенденция увеличения размеров вагонов, с одной стороны, и квазистационарное состояние параметров путевого развития – с другой, приводят к обострению эксплуатационных проблем, связанных с взаимодействием подвижного состава между собой на криволинейных участках пути. В эксплуатационной работе это может приводить к ряду негативных последствий, связанных с двумя основными процессами: **движением сцепленных вагонов** и их **автоматическим сцеплением** между собой.

При движении вагонов по криволинейным участкам в сцепленном состоянии в тягово-ударных механизмах вагонов возникают дополнительные поперечные силы. Это связано с отклонением продольных осей вагонов относительно друг друга, из-за чего автосцепные приборы сцепленных вагонов стремятся занять перекошенное относительно друг друга положение. И чем больше взаимное смещение продольных осей вагонов и проекций точек сцепления, тем больше поперечные усилия в узлах автосцепного механизма, приводящие к изменению их горизонтального положения.

Если учесть возможность возникновения таких процессов в зоне расположения криволинейных участков пути, то очевидными становятся и причины возникновения многих неисправностей автосцепного оборудования. Так, дополнительные боковые нагрузки в узлах ударно-тягового механизма приводят к повышенному износу взаимодействующих элементов: в контуре зацепления, в зоне контакта корпуса автосцепки и окна ударной розетки, в зоне работы клина тягового хомута. Это в конечном итоге приводит к появлению соответствующих неисправностей.

Кроме того, при достижении предельных углов отклонения автосцепки, возникающие боковые силы оказывают обратное воздействие на кузов вагона, стремясь изменить его положение. Это вызывает дополнительные боковые нагрузки в зоне контакта «колесо – рельс» и может приводить к их повышенному износу, особенно при движении по *s*-образным кривыми.

Вторым эксплуатационным процессом, качество которого зависит от геометрических параметров путевых структур, является сцепление вагонов между собой. Такие маневры постоянно сопровождают процессы формирования и расформирования поездов, прицепки и отцепки групп вагонов, маневры на грузовых фронтах и др. По ряду вышеназванных причин сцепление вагонов часто выполняется в пределах криволинейных участков пути. Кроме того, грузовые фронты часто расположены в непосредственной близости с кривыми участками пути и сцепление вагонов происходит на сочетании «круговая кривая – прямая».

Центрирующий механизм автосцепки большинства вагонов устроен так, чтобы её продольная ось совпадала с продольной осью вагона. Это обеспечивает эффективность взаимодействия конту-

ров зацепления автосцепок вагонов на прямолинейных участках. Однако при расположении вагонов в кривой продольная ось вагона смещается относительно оси пути, и центрирующий механизм обеспечивает такое же отклонение оси автосцепки. Если взаимные отклонения автосцепок превышают эффективную ширину захвата, то сцепления не происходит. В зависимости от условий такого взаимодействия это приводит к повышенному износу автосцепок, их поломке и даже к сходу подвижного состава. Разработанные конструкции ударно-тяговых механизмов с увеличенными углами отклонения и специальным центрирующим механизмом не получили глобального распространения, и на сегодня с учетом значительных размеров вагонного парка «пространства 1520» осуществить это затруднительно. Кроме того, отсутствует однозначное определение параметров вагона увеличенных линейных размеров, позволяющее идентифицировать все возможные ограничения в эксплуатационной работе. Поэтому на практике операции, связанные со сцеплением всех вагонов, за исключением роспуска, выполняются под контролем причастных работников. Это приводит к снижению безопасности и эффективности маневровой работы.

Таким образом, определение геометрических параметров криволинейных участков пути, обеспечивающих нормативное взаимодействие автосцепок [8, 9], является важной эксплуатационной задачей, обеспечивающей надежность и безопасность перевозочного процесса, степень его автоматизации и эффективности.

Список литературы

- 1 Шадур, Л. А. Развитие отечественного вагонного парка / Л. А. Шадур. – М. : Транспорт, 1988. – 279 с.
- 2 Сотников, Е. А. Железные дороги мира из XIX в XXI век / Е. А. Сотников. – М. : Транспорт, 1993. – 200 с.
- 3 Нормы и технические условия проектирования железных дорог. НиТУ-58. – М. : ЦНИИС, 1958 г. – 137 с.
- 4 Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм; М-во путей сообщения Российской Федерации. – М. : Техноинформ, 2001. – 255 с.
- 5 СП 37.13330.2012. Промышленный транспорт. Актуализированная редакция. СНиП 2.05.07-91. – М. : Промтрансниипроект, 2013.
- 6 ВСН 207-89. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. – М. : Транспорт, 1992. – 105 с.
- 7 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) ГосНИИВ – ВНИИЖТ. – М., 1996. – 319 с.
- 8 Филагов, Е. А. Повышение безопасности функционирования железнодорожных станций / Е. А. Филагов // Транспортные системы и технологии перевозок : сб. науч. трудов ДНУЖТ им. академика В. Лазаряна. Вып. 13. – Д. : ДНУЖТ, 2017. – С. 78–83.
- 9 Филагов, Е. А. Обеспечение безопасности перевозочного процесса при проектировании элементов плана путевого развития железнодорожных станций / Е. А. Филагов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году науки : в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2017. – С. 63–64.

УДК 656.224

УПРАВЛЕНИЕ МАРКЕТИНГОМ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Г. В. ФРОЛЕНКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Важное значение в современных условиях отводится маркетингу. Маркетингом пассажирских перевозок называется система управления, направленная на полное и эффективное удовлетворение транспортных потребностей населения.

Маркетинг включает:

- анализ состояния и динамики потребительского спроса на рынке транспортных услуг;
- выявление и изучение потребительских предпочтений;
- оценку внешней среды и уровня конкуренции на транспортном рынке;
- определение емкости рынка транспортных услуг населению и рыночной доли железнодорожного транспорта;
- проведение сегментации рынка; выявление существующих и перспективных сегментов рынка транспортных услуг населению;
- ценовую политику;

- развитие рекламной деятельности и стимулирование спроса на пассажирские перевозки;
- разработку и продвижение новых транспортных услуг населению.

Экономическая и социальная роль пассажирского транспорта состоит в оказании услуг по перевозке пассажиров, их ручной клади и багажа путем удовлетворения потребности людей в перевозках. Пассажирский транспорт относится к сфере услуг населению. Общественные отношения, возникающие и складывающиеся между различными участниками (субъектами) транспортной деятельности в области пассажирских перевозок, представляют собой транспортные отношения. Большинство людей ежедневно затрачивает на транспортные передвижения значительное время. Ежедневные затраты времени на поездки увеличиваются с ростом численности населения городов. Поездки железнодорожным транспортом давно и прочно стали неотъемлемой частью жизни каждого жителя Беларуси. В среднем за год пассажирскими поездами перевозится около 90 млн пассажиров.

Результатом маркетинга пассажирских перевозок является создание информационно-аналитической базы для принятия эффективных управленческих решений, позволяющих обеспечить привлечение на железнодорожный транспорт максимального пассажиропотока за счет конкурентоспособной тарифной политики и предоставления населению транспортных услуг требуемого объема и уровня качества.

Функции проведения маркетинговых исследований в области пассажирских перевозок на железных дорогах должны быть возложены на отделы маркетинга дирекций по обслуживанию пассажиров.

Маркетинговые исследования пассажирских перевозок предусматривают систематический анализ рынка транспортных услуг населению и внешней среды для решения тактических и стратегических задач управления пассажирским комплексом железнодорожного транспорта. Принципиальной особенностью направленности маркетинговых исследований пассажирских перевозок является тот фактор, что спрос населения на транспортные услуги почти всегда является вторичной потребностью, которая служит для удовлетворения потребностей, имеющих более первичный характер (работа, учеба, отдых, лечение и др.). В связи с этим при анализе потенциала рынка транспортных услуг обязателен учет изменения первичной потребности в зависимости от уровня социально-экономического развития региона и дифференциации образа жизни проживающего в нем населения.

Источниками информации маркетинговых исследований пассажирских перевозок являются данные статистической отчетности (отраслевой и внеотраслевой) и результаты социологических обследований (анкетирование, опросы, фокус-группы населения и др.).

Обязательным направлением маркетинговых исследований пассажирских перевозок является составление характеристики рынка транспортных услуг населению. Составление транспортной характеристики региона необходимо для оценки и прогнозирования транспортной подвижности населения. На основании данной информации дается оценка влияния различных факторов на величину спроса на пассажирские перевозки, учитываемую при принятии управленческих решений.

В области пассажирских перевозок железнодорожным транспортом предусматривается улучшение качества предоставления транспортных услуг и гармонизации тарифов на эти услуги за счет:

- повышения скоростей движения пассажирских поездов, следующих транзитом в международном и региональном сообщениях;
- введения фирменных пассажирских поездов белорусского формирования;
- использования в дневном пассажирском сообщении с областными центрами современного мотор-вагонного подвижного состава повышенной комфортности и изменения концептуального подхода к организации перевозок пассажиров в межрегиональном сообщении;
- доведения тарифов на пассажирские перевозки в региональном и внутриреспубликанском сообщениях до уровня себестоимости;
- организации внутригородских пассажирских перевозок железнодорожным транспортом в г. Минске.

Также необходимо привести систему построения тарифов на региональные перевозки пассажиров в соответствие с их себестоимостью с учетом уровня рентабельности, устанавливаемого Министерством экономики Республики Беларусь.

Это обусловит соответствие принципов формирования тарифов на региональное железнодорожное сообщение, а также даст возможность приведения в соответствие расходов на перевозку пассажиров со стоимостью билетов (естественно, в ближайшее время надеяться на прибыльность

данного вида деятельности не приходится, однако возможно значительное сокращение убытков от пригородных перевозок).

Для увеличения интереса пассажиров к железнодорожному транспорту в сравнении с автомобильным нужно разработать рекламную кампанию, в ходе которой необходимо разъяснять преимущества использования именно железнодорожного транспорта в пригородном сообщении. Это, прежде всего:

- более низкая стоимость поездки;
- более высокая комфортность поездки (возможность смотреть телевизор во время путешествия (в пригородных вагонах); питание пассажиров; возможность использовать сотовую связь во время путешествия; комфортные мягкие места (это даст возможность пассажиру во время пути удобно устроиться, немного подремать, отдохнуть, что намного сложнее при путешествии автомобильным транспортом), кроме того, необходимо отметить более мягкое движение поезда, по сравнению с автобусом или автомобилем, однако в настоящее время, к сожалению, это во многом обусловлено недостаточным качеством автомобильных дорог);
- большая безопасность путешествия (количество автомобильных аварий растет год от года, что связано с неграмотностью автомобилистов или нежеланием их соблюдать правила дорожного движения);
- на железнодорожном транспорте более четкое соблюдение расписания движения поездов, чем у автомобильного транспорта;
- большая возможность воспользоваться такими необходимыми для человека удобствами, как туалет, вода (умыться, помыть руки). При путешествии в автобусе сделать это намного сложнее, что может иметь решающее значение при поездке продолжительностью в 3–4 часа, хотя, конечно, при 30-минутной поездке данный фактор большого значения иметь не будет.

Проведение подобной рекламной кампании привлечет часть пассажиров автомобильного транспорта к железнодорожному, а основной причиной станет повышение конкурентоспособности железнодорожного транспорта.

Реализация приведенных рекомендаций позволит повысить эффективность управления маркетингом пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте, даст возможность в будущем достичь прибыльности деятельности предприятия.

УДК 629.4.016.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСКОРЕННЫХ (СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ) ПЕЗДОВ НА УЧАСТКОВУЮ СКОРОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

К. М. ШКУРИН

Белорусская железная дорога, г. Минск

Средняя участковая скорость грузового поезда является одним из важнейших качественных показателей эксплуатационной работы, характеризующих эффективность организации перевозочного процесса. Участковая скорость в значительной степени определяет провозную и пропускную способность участков железной дороги, оказывает большое влияние на значение оборота грузового вагона, и, соответственно, величину эксплуатационных расходов.

В 2015–2017 гг. на ряде железнодорожных участков Белорусской железной дороги было выполнено исследование, направленное на определение факторов, которые оказывают влияние на участковую скорость грузовых поездов.

Поскольку масса грузового поезда, как и участковая скорость, тесно связана с величиной удельного расхода топлива (электроэнергии) на тягу поездов, в рамках проведенного исследования была проанализирована взаимосвязь между указанными параметрами. При этом в связи с тем, что на участковую скорость поезда оказывает влияние большое число трудно формализуемых факторов, для оценки уровня статистической взаимосвязи между массой поезда и его участковой скоростью был использован коэффициент корреляции Пирсона, определяющий силу линейной зависимости между величинами.

Анализ полученных результатов показал, что корреляция между участковыми скоростями грузовых поездов и их массами на исследованных железнодорожных участках варьируется от очень слабой до слабой со значением коэффициента корреляции Пирсона в диапазоне от $-0,29$ до $+0,25$. При этом в рамках одного железнодорожного участка в зависимости от направления следования поезда зависимость между его массой и участковой скоростью могла быть положительной или отрицательной, что обусловлено особенностями продольного профиля участка и величиной руководящих уклонов для каждого из направлений следования.

В целом результаты выполненного исследования позволили сделать вывод о том, что масса грузовых поездов имеет слабую связь с их участковой скоростью и, соответственно, временем следования по участку.

В то же время проведенный анализ взаимосвязи категории грузового поезда и его участковой скорости показал, что даже в пределах одного железнодорожного направления участковые скорости грузовых поездов различных категорий могут существенно отличаться. При этом разница между участковыми скоростями поездов различных категорий зависит от интенсивности движения на направлении и его пропускной способности.

В таблице 1 представлены сведения об участковых скоростях грузовых поездов различных категорий на двух направлениях Белорусской железной дороги (однопутном и двухпутном).

Таблица 1 – Сравнение участковых скоростей грузовых поездов различных категорий

В километрах в час

Категория поездов	Направление			
	Кричев – Слуцк (однопутное)		Минск – Орша (двухпутное)	
	Четные поезда	Нечетные поезда	Четные поезда	Нечетные поезда
Ускоренные	–	–	54,8	55,3
Сквозные	49,3	47,1	53,2	54,7
Участковые	48,0	45,7	45,0	49,2
Вывозные	41,9	41,7	27,9	24,5
Сборные	–	–	26,5	36,3
ВСЕГО	45,6	45,2	51,1	51,0

Из таблицы 1 видно, что средняя скорость участковых поездов на рассмотренных направлениях значительно уступает средней скорости движения сквозных поездов. Разница между участковыми скоростями сквозного и участкового поезда составляла в среднем от 2–6 % (на однопутных участках направления Кричев – Слуцк с малой интенсивностью движения и большим резервом пропускной способности) до 11–18 % (на двухпутном участке Минск – Орша с интенсивным движением и малым резервом пропускной способности).

Еще более значительной является разница между участковыми скоростями участковых поездов и ускоренных (специализированных контейнерных) поездов. Так, на двухпутном направлении Минск – Орша участковая скорость специализированных контейнерных поездов в среднем превышает участковую скорость сквозных поездов на 1–3 %, а участковую скорость участковых поездов – на 12–22 %.

Таким образом, результаты проведенного исследования доказывают, что категория грузового поезда оказывает влияние на его участковую скорость и, соответственно, на величину затрат, связанных с нахождением подвижного состава в движении, что следует учитывать при разработке плана формирования поездов.

Затраты, связанные с нахождением вагонов и локомотивов на участках, составляют значительную часть в структуре эксплуатационных расходов, связанных с организацией перевозочного процесса. Так, в соответствии с действующими на Белорусской железной дороге Методическими рекомендациями по расчету экономических параметров, позволяющих оценить эксплуатационные расходы по технологическим операциям услуг железнодорожного транспорта общего пользования, стоимость 1 часа движения локомотива в тепловозной тяге эквивалентна стоимости 375 вагоно-часов, в электровозной – стоимости 336 вагоно-часов.

Поскольку в соответствии с результатами выполненного исследования средняя участковая скорость контейнерных поездов существенно превышает участковую скорость грузовых поездов других категорий, можно утверждать, что развитие перевозок грузов контейнерными поездами не только повышает привлекательность услуг железнодорожного транспорта для грузоотправителей и грузополучателей, но и повышает экономическую эффективность организации перевозочного процесса.

Важно отметить, что развитие перевозок контейнерными поездами (в том числе в сообщении с Китаем) рассматривается Белорусской железной дорогой в качестве стратегического и одного из наиболее перспективных направлений. Так, в Концепции развития хозяйства перевозок Белорусской железной дороги на 2016–2020 годы среди важнейших задач, требующих решения в ближайшие годы, выделена эффективная организация перевозочного процесса в рамках реализации международных проектов транзитного пропуска ускоренных (контейнерных) поездов, в том числе организация пропуска контейнерных поездов по установленному графику движения поездов, а также создание информационно-аналитических моделей мониторинга и контроля движения контейнерных поездов на Белорусской железной дороге.

Несмотря на вышеизложенные положительные аспекты, связанные с движением ускоренных поездов, необходимо отметить, что при существующей системе расчета статистических показателей эксплуатационной работы специализированные контейнерные поезда оказывают отрицательное влияние на ряд качественных показателей, устанавливаемых техническим планом для Белорусской железной дороги и её структурных подразделений:

- сравнительно небольшой вес контейнерных поездов приводит к снижению среднего веса грузового поезда, следующего по структурному подразделению железной дороги;
- невысокая динамическая нагрузка на вагон рабочего парка, следующий в контейнерном поезде, приводит к снижению показателя «производительность грузового вагона»;
- небольшой объем тонно-километровой работы, выполняемой локомотивом, следующим в голове контейнерного поезда, ухудшает показатель «среднесуточная производительность локомотива».

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что существующая система доведения и учета показателей эксплуатационной работы требует существенного преобразования. В условиях рыночной экономики для оценки качества организации эксплуатационной работы требуется внедрение показателей, которые позволяли бы определить экономическую эффективность системы организации пропуска вагонопотока.

УДК 656.2.08

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ ДИАГРАММ В АНАЛИЗЕ ОБСТОЯТЕЛЬСТВ СЛУЧАЕВ НАРУШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

К. М. ШКУРИН

Белорусская железная дорога, г. Минск

Повышение уровня безопасности перевозочного процесса является одним из важнейших направлений развития железнодорожного транспорта Республики Беларусь, изложенных в Концепции развития хозяйства перевозок Белорусской железной дороги на 2016–2020 годы. Мероприятия, которые призваны обеспечить достижение этой цели, предусматривают создание системы выявления областей риска в перевозочном процессе и оценки возможности предотвращения или минимизации возникновения рисков. Одним из наиболее эффективных способов определения областей риска является анализ обстоятельств допущенных случаев нарушения безопасности движения.

Любой случай нарушения безопасности движения является следствием сочетания большого количества факторов. К сожалению, анализ случаев нарушения безопасности зачастую ограничивается только рассмотрением ошибок в действиях непосредственных исполнителей и не принимает во внимание внешние факторы, повышающие вероятность нарушения безопасности.

Одним из путей повышения эффективности анализа обстоятельств случаев нарушения безопасности движения является применение причинно-следственных диаграмм. Такие диаграммы, также

называемые «диаграммы Исикавы» («рыбий скелет»), получили распространение в автомобильной промышленности Японии в середине XX века. Специалист по менеджменту качества компании Toyota профессор Каору Исикава предложил её как дополнение к существующим методикам анализа и улучшения качества технологических процессов в промышленности.

Цель применения причинно-следственных диаграмм состоит в обеспечении системного подхода к поиску фактических причин возникновения той или иной технологической проблемы: классификации потенциальных причин, влияющих на проблему, и выделении наиболее существенных из них.

Построение причинно-следственных диаграмм осуществляется в такой последовательности.

1 На диаграмме записывается изучаемая проблема, к которой подходит основная горизонтальная стрелка.

2 На диаграмму наносятся и соединяются наклонными стрелками с основной стрелкой главные факторы (факторы 1-го уровня), влияющие на проблему; затем аналогичным образом записываются вторичные факторы (факторы 2-го уровня), которые влияют на главные факторы; третичные факторы (факторы 3-го уровня), влияющие на вторичные факторы, и т. д.

3 Факторы оцениваются по значимости. При этом выделяются особо важные, оказывающие наибольшее влияние на рассматриваемый процесс.

4 Разрабатываются мероприятия, направленные на минимизацию влияния отрицательных факторов на рассматриваемый процесс.

Основным преимуществом, достигаемым за счет применения причинно-следственных диаграмм в анализе технологических процессов, является возможность проведения содержательного анализа цепочки взаимосвязанных факторов, оказывающих влияние на изучаемый процесс. При этом облегчается как выявление ключевых взаимосвязей между различными факторами, так и понимание рассматриваемого процесса.

В то же время среди недостатков данного аналитического метода выделяют трудности в правильном определении степени влияния выделенных факторов на рассматриваемый процесс, а также сложность диаграммы для восприятия при очень большом числе рассматриваемых факторов.

В общем случае задача построения причинно-следственной диаграммы заключается в том, чтобы выделить три – шесть основных категорий факторов, влияющих на процесс. Максимальная «глубина» такой диаграммы может достигать пяти уровней. При построении причинно-следственной диаграммы факторы, влияющие на технологический процесс, можно группировать, например, по следующим категориям:

- 1) влияние исполнителей, вовлеченных в технологический процесс;
- 2) влияние методов организации технологического процесса (несовершенство нормативной и технической документации);
- 3) влияние информационных систем, применяемых в технологическом процессе;
- 4) влияние машин (оборудование, инструменты, используемые в технологическом процессе);
- 5) влияние внешней среды (место, время, условия труда);
- 6) влияние объектов, применяемых в технологическом процессе (применительно к работе железнодорожного транспорта – поезда, отцепы, вагоны).

Очевидно, что не все перечисленные категории факторов применимы к анализу безопасности перевозочного процесса. Так, при анализе случаев нарушения безопасности движения, допускаемых в хозяйстве перевозок, факторы риска в большинстве случаев можно разделить на две основные группы: внутренние факторы (действия работников) и внешние факторы (условия работы).

Проведенное в 2015–2017 годах на Минском отделении Белорусской железной дороги исследование причин нарушения безопасности движения, выполненное с использованием причинно-следственных диаграмм, позволяет выделить следующие наиболее распространенные факторы, повышающие риск нарушения безопасности движения.

1 Внутренние факторы:

1.1) связанные с неверными действиями руководителей маневров: игнорирование требований нормативных документов или их формальное выполнение; снижение контроля за правильностью собственных действий; несоблюдение регламента переговоров; недостаточное качество обучения и переподготовки;

1.2) связанные с неверными действиями дежурно-диспетчерского персонала станций: боязнь принятия решений при малом опыте работы или излишняя самоуверенность, беспечность при

большом опыте работы; отсутствие взаимного контроля между дежурным по станции и поездным диспетчером; несоблюдение регламента переговоров; недостаточное качество обучения и переподготовки;

1.3) связанные с действиями диспетчерского персонала ЦУП: боязнь принятия решений при малом опыте работы или излишняя самоуверенность, беспечность при большом опыте работы; отсутствие взаимного контроля между дежурным по станции и поездным диспетчером; недостаточная концентрация внимания, вызванная высоким коэффициентом загрузки работников и необходимостью обработки большого потока поступающей информации.

2 Внешние факторы:

2.1) связанные с состоянием инфраструктуры станций: нехватка приемоотправочных путей, их недостаточная вместимость, наличие негабаритных стыков, предоставление «окон» для выполнения ремонтных работ;

2.2) связанные с состоянием подвижного состава: выход из строя подвижного состава, внеплановые виды ремонта;

2.3) несовершенство нормативной и технической документации;

2.4) нарушения графика движения поездов;

2.5) социальные: напряженный график работы, неудовлетворительные социально-бытовые условия.

Очевидно, что не все перечисленные факторы риска могут быть ликвидированы без значительных капитальных затрат. Тем не менее рассмотрение таких факторов (групп факторов), как организация обучения и переподготовки работников, влияние нормативной и технической документации, позволяет сделать выводы о первоочередных направлениях совершенствования технологических процессов работы.

Таким образом, применение причинно-следственных диаграмм (диаграмм Исикавы) в анализе состояния безопасности движения является важным инструментом выявления и ликвидации факторов риска в перевозочном процессе. Необходимо отметить, что использование данного аналитического метода является востребованным не только в области повышения безопасности движения, но и при анализе многих других процессов, связанных с функционированием железнодорожного транспорта: от разработки графика движения и плана формирования поездов до поиска путей повышения показателей эксплуатационной работы.

3 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 621.38

ВЛИЯНИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ИМПУЛЬСОВ ПОМЕХ НА МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

*К. А. БОЧКОВ, Д. В. КОМНАТНЫЙ, Н. В. РЯЗАНЦЕВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Современные системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ), построенные на основе аппаратно-программных комплексов, являются высокоинтеллектуальными системами управления движением поездов, обеспечивающими заданный уровень безопасности их функционирования. Вместе с тем использование микроэлектронной элементной базы, микропроцессоров и IT технологий привело к появлению новых видов угроз по обеспечению безопасности движения поездов.

Одним из новых видов угроз микропроцессорным СЖАТ является «электромагнитный терроризм», суть которого заключается в преднамеренном воздействии на них сверхширокополосным импульсом помех (СШИП) высокой энергии.

Следует отметить, что воздействие СШИП различной энергии на микроэлектронные СЖАТ могут приводить как к сбоям в работе объектных контроллеров, так и к физическому разрушению элементной базы, влияющим на возможное появление опасных отказов.

Такие 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 аппаратно-программные комплексы (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 намного опаснее, чем воздействие электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва микросекундной длительности с шириной спектра от единиц кГц до сотен МГц.

При проведении испытаний на устойчивость к воздействию СШИП обычно используют специальные генераторы с излучателями на основе антенной решетки из ТЕМ-рупоров или излучателей на основе параболических рефлекторов. Исходя из этого можно предположить использование таких же методов и при преднамеренном воздействии «электромагнитном терроризме» на микроэлектронные СЖАТ. Рупорные излучатели образуют сферические, сравнительно слабонаправленные волны, а параболические рефлекторы формируют плоскую остронаправленную волну с шириной диаграммы в несколько градусов.

В условиях прямой видимости объекта поражения допустимо использовать выражения для поля указанных типов волн во временной области:

$$\text{– плоская волна } E(R, t) = \frac{1}{2} E_m f\left(t - \frac{R}{c}\right) e^{-\frac{\gamma}{2}R};$$

$$\text{– сферическая волна } E(R, t) = \frac{1}{R} E_m f\left(t - \frac{R}{c}\right) e^{-\gamma R},$$

где $E(R, t)$ – мгновенное значение напряженности электрического поля, В/м; E_m – амплитуда напряженности, В/м; R – расстояние, м; t – время, с; c – скорость света, м/с; γ – коэффициент затухания, м⁻¹.

Из приведенных выражений следует, что плоская волна затухает за счет рассеяния в среде, которое в воздушном пространстве достаточно слабо. Сферическая волна затухает с расстоянием и за

счет рассеяния в среде. Поэтому плоские волны являются наиболее опасными с точки зрения функционирования аппаратуры СЖАТ.

Из приведенного соотношения для плоской волны следует, что волна в точке наблюдения имеет ту же форму, что и волна, излученная антенной. Амплитуда волны в точке наблюдения мало изменяется по сравнению с излучаемой. Отверстие в корпусе-экране АПК СЖАТ вырезает из фронта волны импульс напряженности поля $E(t)$, форма которого совпадает с формой импульса излученной волны.

При воздействии на то же отверстие генератором-имитатором сверхширокополосных импульсных помех напряжение генератора также создает импульс напряженности поля в отверстии. Поэтому подобрав генератор соответствующих импульсов или воздействуя на отверстие эквивалентным импульсом, можно косвенно оценить последствия электромагнитного импульса преднамеренного воздействия. Наиболее близким по форме и ширине спектра является использование стандартного генератора электростатических разрядов, например, в соответствии с ГОСТ 30804.4.2

При использовании такого подхода не требуется проводить испытания в безэховых камерах с использованием дорогостоящих генераторов и излучателей СШИП с напряженностями электрического поля от единиц до сотен кВ/м.

Это позволит прогнозировать поведение АПК СЖАТ при преднамеренном воздействии «электромагнитного терроризма» с предполагаемыми характеристиками используемого генератора в функции от расстояния прямой видимости на объект АПК СЖАТ.

Зная характеристики электрической составляющей поля в раскрытии отверстия, можно численным или аналитическим методом получить оценку поля, проникающего сквозь неоднородность внутрь корпуса ТС ЖАТ, и энергии помех, наведенной в паразитных антеннах узлов ТС. При этом оценка аналитическим методом является пессимистической, так как перекрывает все возможные резонансы в электродинамической системе ТС ЖАТ.

Для практической реализации описанной методики, ускорения расчетной работы в Научно-исследовательской лаборатории (НИЛ) «Безопасность и электромагнитная совместимость технических средств» (БЭМС ТС) НИИЖТа при БелГУТе разработана программа [1], которая осуществляет расчеты параметров помех внутри корпуса-экрана с неоднородностями. Предусмотрена возможность расчета параметров помехового излучения от круглого и прямоугольного отверстий, тонкой щели, болтового соединения, при воздействии на апертуру биэкспоненциального и гауссового импульсов напряжения. При этом в окне программы выбираются вид импульса, форма неоднородности экрана, задаются параметры импульса, неоднородности, координаты точки наблюдения внутри корпуса. Затем в результате работы программы пользователь получает значения составляющих вектора потока энергии в заданной им точке наблюдения.

Полученные в НИЛ «БЭМС ТС» НИИЖТа при БелГУТе научные результаты позволяют проводить оценку соответствия по требованиям к функциональной безопасности, а также прогнозировать поведение АПК СЖАТ при преднамеренном воздействии СШИП.

Список литературы

1 Бочков, К. А. Системный подход к прогнозированию воздействия сверхширокополосных импульсов помех на ключевые системы информационной инфраструктуры / К. А. Бочков, Д. В. Комнатный // Технологии ЭМС. – 2017. – № 4. – С. 3–10.

УДК 004.021

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

К. А. БОЧКОВ, С. Н. ХАРЛАП, Б. В. СИВКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Развитие современных систем железнодорожной автоматики и телемеханики сопровождается разработкой и внедрением микропроцессорных аппаратно-программных комплексов. Данные системы предоставляют широкий спектр функциональных возможностей и находят повсеместное

применение, в том числе и для систем, связанных с безопасностью (*safety-critical systems*, или ССБ), к которым относятся системы обеспечения безопасного движения поездов (СОБД).

Практика внедрения и эксплуатации микропроцессорных СОБД должна проводиться таким образом, чтобы выполнять предъявляемые требования безопасности. Обеспечение данных требований для микропроцессорных систем является сложной проблемой, и для её решения применяется комплекс методов и средств на всех этапах жизненного цикла системы. Так как СОБД относятся к системам реального времени, то для них необходимо выполнение определённых временных параметров: тайм-аута перехода в безопасное состояние, периода обновления устройств индикации, гарантированной частоты опроса внешних устройств и других.

Для повышения качества разработки и верификации обеспечение требований к временным параметрам выполняется несколькими способами, в том числе и на этапе верификации. К таким способам относят тестирование, экспертную проверку, формальные методы. Для ССБ необходимо применение нескольких из них, и при этом важно их качественное исполнение, а для его улучшения могут быть задействованы средства автоматизации, позволяющие уменьшить влияние человеческого фактора. Помимо этого, автоматизация может уменьшить затраты во время разработки и верификации, а также применяется на этапе проектирования.

Практика верификации программных средств микропроцессорных СОБД показывает, что к основным задачам при оценке временных параметров относятся определение времени выполнения между двумя произвольными точками, обстоятельство заикливания программы и обязательного завершения алгоритма. Помимо этого, при рассмотрении циклических свойств системы актуален поиск мест, которых программа обязательно достигает на каждом выполнении цикла.

Для автоматического определения временных параметров в рамках описанных выше типичных задач верификации разработано программное обеспечение *Formal Time Verifier*. С его помощью возможно проведение верификации программ PIC-контроллеров модели 16F877A. При этом во время анализа используется общая база команд PIC-контроллеров, и поэтому *Formal Time Verifier* может применяться без изменений для PIC-микрочипов других модификаций.

Функционально *Formal Time Verifier* проводит синтаксический разбор исходного кода программы, которая далее преобразуется в граф переходов, а последующие алгоритмические решения представляют собой решения задач на графах.

Первой решаемой задачей *Formal Time Verifier* является определение возможного заикливания программ, которое может произойти, если граф программы циклический. В противном случае алгоритм вычисляет время выполнения программы между двумя точками. Для определения свойства цикличности (или ацикличности) используется алгоритм поиска в глубину, имеющий линейную сложность.

Второй задачей является расчёт времени выполнения между двумя точками программы, где *Formal Time Verifier* задействует эвристический поиск в ширину с объединением путей поиска в узлах графа согласно методу ослабления верификации без учёта логики программы. Здесь при рассмотрении разрыва цикла с фиксированным числом повторений проводится дополнительный анализ, аналогичный решению общей задачи при определении времени выполнения между двумя точками.

Третьей решаемой *Formal Time Verifier* задачей является определение таких контрольных точек программы, которые обязательно достигаются при её циклическом выполнении на каждой итерации цикла. Данное определение представляет собой решение задачи определения набора рёбер по разрезанию цикла. В общем случае задача является NP-сложной, но для рассматриваемого типа задач и используемого анализа разрыв цикла имеет смысл только одного ребра. С учётом этого частного случая *Formal Time Verifier* выполняет полный перебор по известным точкам цикла, что в худшем случае имеет квадратичную сложность. Практика показала, что для имеющихся задач верификации для программ со сложностью до 10 KLOC такое решение достаточно, так как вычисления происходят за время менее одной секунды.

Formal Time Verifier включает решения описанных трёх задач и во время их решения проверяет дополнительные условия, например, баланс стека. Практика применения показала, что данное программное обеспечение может использоваться для автоматизации верификации, в качестве дополнительного способа проверки, а также для других задач, например, определения достаточного времени имитационного моделирования.

Программное обеспечение *Formal Time Verifier* опробовано в лаборатории «БЭМС ТС» БелГУТа на микропроцессорных устройствах железнодорожной автоматики и телемеханики, таких как блок

телеуправления ТУ16-1 диспетчерской централизации «Нёман», блоки телеуправления ТУ-8Б и телесигнализации и телесигнализации ТС-16Б, применяемых в микропроцессорных централизациях «Ипать» и «Днепр». В 2017 году *Formal Time Verifier* зарегистрировано в реестре компьютерных программ Национального центра интеллектуальной собственности, г. Минск.

УДК 621.38

ОЦЕНКА РИСКОВ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МЕТОДИКИ ПЕРЕКРЕСТНОЙ ОЦЕНКИ ИХ УЯЗВИМОСТЕЙ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ УГРОЗ

П. М. БУЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. Г. КУЛЬГАВИК

Белорусская железная дорога, г. Барановичи

Риск для безопасности информационной системы – возможность нарушения ее функциональной и/или информационной безопасности в результате реализации угрозы с негативными последствиями, имеющими определенную цену в денежном эквиваленте (размер ожидаемого ущерба).

Оценка рисков занимает центральное место в системе управления информационной безопасностью, позволяет идентифицировать и оценить существующие активы, определить необходимость внедрения и эффективность уже внедренных средств защиты информации.

Активы информационной системы – это всё то, что необходимо для ее штатного функционирования и находится в ее распоряжении, например, аппаратные средства, программное обеспечение, хранимая и/или обрабатываемая информация и т. п. Ущерб, нанесенный организации, в собственности которой находится информационная система, в результате нарушения безопасности актива определяется аналитически в зависимости от его свойств [1].

При количественной оценке рисков безопасности информационной системы помимо ущерба необходимо учитывать вероятности появления угроз и их реализации через конкретные уязвимости отдельных активов или информационной системы в целом. При этом для адекватной оценки рисков важно охватить существенное количество угроз и соответствующих им уязвимостей. Такой подход дополнительно усложняется, если принять во внимание, что несколько угроз могут реализовываться через одну и ту же уязвимость и аналогично несколько уязвимостей могут быть причиной реализации одной и той же угрозы. В таких обстоятельствах целесообразно будет воспользоваться методикой перекрестной оценки угроз безопасности информационных систем и их уязвимостей [2]. Это позволит учесть очевидную взаимосвязь угроз и уязвимостей, являющуюся обязательным условием реализации любой угрозы, а также вопросы не только информационной, но и функциональной безопасности, которые зачастую остаются в «тени» при использовании существующих методов, ориентированных на оценку исключительно информационной безопасности.

Проведение методики перекрестной оценки угроз и уязвимостей предполагает определение совокупностей угроз и уязвимостей безопасности информационной системы. После этого необходимо определить, через какие уязвимости могут быть реализованы угрозы, т. е. связать уязвимости с угрозами, причинами реализации которых они могут стать.

Методика перекрестной оценки угроз безопасности информационных систем и их уязвимостей опирается на методику экспертных оценок. В связи с этим квалифицированные эксперты должны определить и выставить баллы следующим специальным критериям для каждой пары «угроза – уязвимость» дискретно в диапазоне от 1 до 10: C_1 – возможность возникновения источника угрозы в достаточном окружении от информационной системы для реализации угрозы через уязвимость; C_2 – степень готовности источника угрозы воспользоваться уязвимостью информационной системы и реализовать угрозу; C_3 – распространенность уязвимости по информационной системе или частота ее появления; C_4 – доступность уязвимости для реализации угрозы ее источником; C_5 – фатальность от реализации угрозы источником угрозы через уязвимость информационной системы.

Принцип выставления баллов для первых четырех критериев прост: чем в большей степени появляется критерий, тем большего балла он заслуживает. Для учета вопросов как информационной, так и функциональной безопасности для пятого критерия рекомендуются представленные в таблице 1 значения баллов и соответствующие им уровни нарушения безопасности информационных систем исходя из соображений первостепенной важности обеспечения функциональной безопасности.

Таблица 1 – Значения баллов критерия фатальности реализации угрозы через уязвимость

Балл, выставляемый экспертом	Уровни нарушения безопасности информационных систем				
	нарушение доступности информации	нарушение конфиденциальности информации	нарушение целостности информации	частичное нарушение функциональной безопасности	выход из строя информационной системы
1	+				
2		+			
3		+	+		
	+	+	+		
4	+	+	+		
5				+	
6	+			+	
7		+		+	
			+	+	
8		+	+	+	
	+	+	+	+	
9	+	+	+	+	
10					+

Затем для каждой из уязвимостей необходимо определить коэффициент ее опасности по следующей формуле [3]:

$$K_{\text{опуязн}Z} = \frac{\sum_{j=1}^Z \sum_{i=1}^N C_{1ij} \sum_{j=1}^Z \sum_{i=1}^N C_{2ij} \sum_{j=1}^Z \sum_{i=1}^N C_{3ij} \sum_{j=1}^Z \sum_{i=1}^N C_{4ij}}{(10N)^2} \cdot \frac{\max(\sum_{j=1..Z} \sum_{i=1}^N C_{5ij})}{10N},$$

где Z – количество угроз, которые могут реализоваться через выбранную уязвимость; N – количество привлеченных к оценке экспертов; C_{1ij} , C_{2ij} , C_{3ij} , C_{4ij} , C_{5ij} – баллы, выставленные i -м экспертом пяти указанным выше критериям соответственно в процессе оценки одной уязвимости объекта информатизации при реализации через нее j -й угрозы.

На следующем этапе нужно произвести ранжирование уязвимостей по уменьшению коэффициента их опасности, определив тем самым наиболее опасные из них. Затем для каждого из активов из общего списка уязвимостей необходимо выбрать присущие ему уязвимости, сохраняя порядок их ранжирования. Таким образом для каждого актива формируется индивидуальный ранжированный по степени опасности перечень уязвимостей.

Для определения риска безопасности по каждому из активов необходимо умножить величину ущерба, нанесенного организации, в случае нарушения безопасности актива и, следовательно, информационной системы на коэффициент опасности самой высокой по рангу уязвимости для данного актива.

Определение суммарного риска безопасности информационной системы в целом производится путем суммирования рисков безопасности каждого из активов.

Список литературы

- 1 Белоусова, Е. С. Политика безопасности информационных систем : учеб.-метод. пособие / Е. С. Белоусова, П. М. Буй. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 38 с.
- 2 Буй, П. М. Методика перекрестной оценки угроз и уязвимостей безопасности объектов информатизации железнодорожного транспорта / П. М. Буй, С. Г. Кульгавик // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2017. – № 2 (35). – С. 40–43.

УДК 656.212.5

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РИТМИЧНОСТИ РАБОТЫ ТЕРМИНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Н. А. ГОНЧАРОВА

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

Проблема обеспечения ритмичности процессов грузовой и коммерческой работы на терминальных комплексах на данном этапе развития логистических систем приобретает всё большую актуальность. Это связано с тем, что возможности экстенсивного развития транспортной и складской инфраструктуры в Москве и Санкт-Петербурге практически исчерпаны. Сглаживанию неравномерности процессов транспортировки и обработки грузов в значительной мере способствовало создание сети тыловых логистических терминалов, но в последнее время в связи со спадом в экономике всё сложнее становится найти финансовые ресурсы для этого. Это делает актуальным исследование логистических технологий, позволяющих организовать эффективную работу терминала при минимальной площади зоны обмена с магистральными видами транспорта. Развитие таких технологий возможно на основе внедрения автоматизированных систем управления на терминальных комплексах.

На начальном этапе внедрения автоматизированных систем в процессы терминальной обработки грузов основной целью было ускорение процессов документооборота. Снижение доли бумажных документов позволило в разы повысить скорость обработки грузопотоков и снизить влияние человеческого фактора. Дальнейшее развитие данного направления предполагает широкое использование QR-кодирования, технологий pick-by-voice и pick-by-light.

Следующим значимым направлением развития автоматизированных систем в терминальной деятельности является развитие систем мониторинга груза в режиме реального времени. К сожалению, до сих пор на ряде российских терминалов возникают ситуации, когда на поиск определенной единицы груза, находящейся на территории терминального комплекса, тратится по несколько часов. В европейских странах широко применяется RFID-технология, постепенно начинается ее внедрение на передовых российских терминальных комплексах [1].

Третьим направлением развития автоматизированных систем в транспортной и складской логистике является интеграция всех участников перевозочного процесса. Данное направление включает в себя реализацию следующих возможностей:

- разработка согласованных контактных графиков работы взаимодействующих видов транспорта, грузоотправителей и грузополучателей, а также логистических посредников;
- составление взаимоувязанных с интересами грузоотправителей и грузополучателей графиков прибытия и отправления разных видов транспорта;
- организация комплексных технологических процессов работы в крупных узлах.

В России на данном этапе это направление развивается с большим трудом, поскольку крупные участники рынка транспортно-логистических услуг нацелены на дальнейшее использование собственных информационных систем, крайне сложно организовать их согласованную работу. Современный транспортный комплекс не может представлять собой множество разрозненных транспортных систем, при взаимодействии друг с другом снижающих эффективность технологических процессов [2]. Наибольшие усилия предпринимаются сейчас в организации эффективного взаимодействия морского и железнодорожного транспорта [3]. В повышении качества взаимодействия железнодорожного и автомобильного транспорта также есть определенные успехи. Наиболее значимыми из них являются:

- применение централизованных систем завоза и вывоза грузов силами крупных специализированных автотранспортных предприятий;

- контейнеризация и пакетизация перевозок;
- концентрация логистических операций на небольшом количестве оборудованных передовой техникой станций и контейнерных пунктов с созданием оптимальной терминальной сети, выполняющей распределительные функции;
- создание объединенных предприятий железнодорожного и автомобильного транспорта, обеспечивающих доставку грузов «от двери до двери»;
- внедрение в перевозочный процесс логистической концепции just-in-time.

С начала 2000-х годов появилось еще одно направление развития автоматизированных систем на терминальных комплексах – оптимизация входящих потоков терминала. Актуальность его связана с тем, что выровненные входящие потоки позволяют добиться ритмичности процессов, протекающих на терминале, и, как результат, выходные потоки также будут отправляться с терминала по графику. Оптимизация входящих потоков с магистрального железнодорожного транспорта в основном является прерогативой ОАО «РЖД». Автомобильный транспорт является наиболее гибким и мобильным компонентом транспортной системы, поэтому разработка систем управления входящим потоком автотранспорта – самый дешевый и быстрый путь к повышению ритмичности работы терминала.

В последние годы на терминальных комплексах, находящихся на территории крупных городов России, ведется разработка порционных технологий подачи автотранспорта. Наибольший интерес среди них представляет технология тайм-слотирования, целью которой является сглаживание пульсирующего характера потоков в терминальных комплексах, а сглаженные потоки позволяют производить более точное прогнозирование и, как следствие, долгосрочное планирование. Суть технологии заключается в следующем: время работы терминала разбивается на временные интервалы – тайм-слоты. В них клиенты терминала размещают свои заявки на обслуживание. В бронируемый тайм-слот транспортное средство клиента должно попасть на территорию терминала, чтобы быть обслуженным. Каждый тайм-слот имеет свою *вместимость* (максимальное количество заявок, которое может быть обслужено в течение данного тайм-слота). Когда количество заявок, закрепленных за данным тайм-слотом, достигает его максимальной вместимости, тайм-слот закрывается для дальнейшего бронирования.

Основной технологии тайм-слотирования является равномерное перераспределение трейлеров на протяжении всего времени работы терминала. Опираясь на максимальную мощность зоны обмена с автотранспортом и емкости зоны накопления трейлеров, необходимо разработать систему порционной подачи автотранспорта на терминал, которая удовлетворяет следующим требованиям:

- обеспечение равномерности входящего потока автотранспорта;
- полная загрузка зоны обмена;
- возможность удаленного оформления «визита» автотранспорта на терминальный комплекс через Internet.

Применение тайм-слотирования позволяет избежать очередей на терминале и дает возможность обслужить все поступившие заявки в указанном периоде с сохранением возможной прибыли. Данная логистическая технология сглаживает неравномерность путем перераспределения подачи транспорта по временным отрезкам. В результате формируется план обслуживания заявок и тарифный план, обеспечивающие оптимальное поступление денежных средств от работы терминала. Применение технологии тайм-слотирования позволяет наиболее быстро и дешево сглаживать внутрисуточную неравномерность входящего потока автотранспорта в мультимодальных терминальных комплексах, существенно повышая общую ритмичность их работы.

Практически все направления повышения ритмичности работы терминальных комплексов на современном этапе требуют использования средств автоматизации. Их применение позволяет кардинально улучшить качество и ритмичность процессов грузовой и коммерческой работы.

Список литературы

- 1 Родкина, Т. RFID-технологии в российской логистике: реальные достижения и проблемы / Т. Родкина // Логистика. – 2015. – № 6 (103). – С. 28–33.
- 2 Ефанов, Д. В. Эволюция систем управления на железнодорожном транспорте / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий // Транспорт Российской Федерации. – 2018. – № 3 (76). – С. 43–47.
- 3 Маликов, О. Б. Эффективное взаимодействие железнодорожного и морского транспорта / О. Б. Маликов // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015 : материалы Юбилейной Международ. науч.-практ. конференции ; Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, 2015. – С. 199–204.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПАКЕТНОЙ ПЕРЕДАЧИ РАВНА СРЕДНЕЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НАГРУЗКИ

В. Б. ЕГОРОВ

*Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург,
Российская Федерация*

В настоящее время существует всемирная сеть передачи данных общего пользования Интернет (СПД ОП), через которую направляют потоки сообщений любого вида не только между людьми (речь, видеоизображения, тексты и данные), но и между людьми и машинами (сайты, автоответчики и т. п.), а с недавнего времени и между машинами (периодический телеконтроль, телеуправление и телесигнализация и т. п. системы под общим термином «интернет вещей»).

С развитием сетей передачи данных (СПД) для их построения стали использовать ЦСЛ, основанные на передаче пакетов битов, то есть ЦСЛ IP или ЦСЛ E. Это обычно четырехпроводные или двухволоконные линии, причем тракт передачи (линия от абонента – «out») и тракт приема (линия к абоненту – «in»), в общем-то, представляют собой почти независимые однолинейные тракты, каждый из которых передает биты в одном направлении.

В парах однолинейных ЦСЛ IP (ЦСЛ E), используемых на участках СПД, формально средняя интенсивность нагрузки СИН в ЧНН по-прежнему является важнейшей оценкой, и её оценивают в

Эрлангах, но формула для ее расчета имеет несколько другой вид:
$$\bar{y} = \frac{\bar{Y}}{T} = \frac{\bar{C}\bar{t}}{T} = \frac{\bar{C}(w_{\text{бит}} t_{\text{бит}})}{T} =$$

$$= \frac{\bar{C}(w_{\text{бит}} \cdot 1 \text{ сек} / U_{\text{пер}})}{T} = \frac{\bar{C}\bar{w}}{U_{\text{пер}} T},$$
 в которой по-прежнему \bar{C} – среднее число занятий (пакетов), прохо-

дящих через ЦСЛ E за период времени T (за ЧНН или за периоды его составляющие). Однако \bar{t} (длительность занятия ЦСЛ) уже имеет более сложное исчисление и равна $w_{\text{бит}} t_{\text{бит}}$, где $w_{\text{бит}}$ – среднее число битов в сообщении (в пакете), а $t_{\text{бит}}$ – время передачи одного бита по ЦСЛ. В свою

очередь $t_{\text{бит}} = \frac{1 \text{ сек}}{U_{\text{пер}}}$, где $U_{\text{пер}}$ – скорость передачи битов по ЦСЛ за 1 сек, так что СИН в ЧНН ока-

зывается прямо зависимой не только от \bar{C} и \bar{w} , но и обратно зависимой от скорости передачи би-

тов по ЦСЛ – $U_{\text{пер}}$. Например, при $U_{\text{пер}} = 1 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$; $t_{\text{бит}} = 1 \text{ мсек}$, при $U_{\text{пер}} = 10 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$; $t_{\text{бит}} =$

$= 0,1 \text{ мсек}$, при $U_{\text{пер}} = 100 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$; $t_{\text{бит}} = 0,01 \text{ мсек}$, а при $U_{\text{пер}} = 1 \frac{\text{Гбит}}{\text{сек}}$; $t_{\text{бит}} = 1 \text{ нсек}$. Соответ-

ственно при передаче \bar{C} сообщений объемом $w_{\text{бит}}$ каждое по ЦСЛ со скоростью передачи

$U_{\text{пер}} = 1 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$ за период T , СИН составит $\bar{y}_1 = \frac{\bar{C}\bar{w}}{T}$, но при $U_{\text{пер}} = 10 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$ и тех же \bar{C} , \bar{w} и T СИН

будет $\bar{y}_{10} = 0,1\bar{y}_1$, при $U_{\text{пер}} = 100 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$ $\bar{y}_{100} = 0,01\bar{y}_1 = 0,1\bar{y}_{10}$, а при $U_{\text{пер}} = 1 \frac{\text{Гбит}}{\text{сек}}$ $\bar{y}_{1000} = 0,001\bar{y}_1 =$

$= 0,01\bar{y}_{10} = 0,1\bar{y}_{100}$.

Если на выходе коммутатора или на выходе маршрутизатора объединяются потоки сообщений с разными скоростями передачи U_1, U_2, U_3 , которые обрабатываются УУкс или УУмс и затем направляются ими в общую ЦСЛ с некоторой скоростью $U_{\text{пер}}$, то через эту ЦСЛ суммарная

$\bar{y}_{\text{общ}} = \frac{y_1 U_1}{U_{\text{пер}}} + \frac{y_2 U_2}{U_{\text{пер}}} + \frac{y_3 U_3}{U_{\text{пер}}}$. Учитывая тот факт, что при тех же \bar{C} и \bar{w} , \bar{y} зависит от $U_{\text{пер}}$, в оборот

ввели новую характеристику процесса передачи – реальная скорость передачи битов по ЦСЛ –

$U_{\text{реал}}, U_{\text{реал}} = \frac{(\bar{C}\bar{w} / T)}{1 \text{ сек}}$. Умножим $U_{\text{реал}}$ на $U_{\text{пер}} / U_{\text{пер}}$ и с учетом того, что $\bar{y} = \frac{\bar{C}\bar{w}}{TU_{\text{пер}}}$ получим $U_{\text{реал}} =$

$$= \frac{\overline{CwU}_{\text{пер}}}{TU_{\text{пер}}} \text{ бит за 1 сек} = \overline{y}U_{\text{пер}} \text{ за 1 сек. Из этого соотношения следует другое, очень важное: } \overline{y} = \frac{U_{\text{реал}}}{U_{\text{пер}}}, \text{ то есть СИН в ЧНН равна отношению реальной скорости передачи битов через ЦСЛ к скорости передачи, задаваемой тактовым генератором.}$$

По-видимому, именно на основе этого вывода в ОАО «Ростелеком» и была разработана программа «PRTG Network Monitor», которая позволяет вычислить и $U_{\text{реал}}$ за каждые 5 минут в течение T (ЧНН), и отношение $\frac{U_{\text{реал}}}{U_{\text{пер}}} = \overline{y}$, то есть СИН в ЧНН.

На рисунке 1 приведены результаты измерений («вычислений» по упоминаемой программе) $U_{\text{реал}}$ и $\frac{U_{\text{реал}}}{U_{\text{пер}}} = \overline{y}$ за каждые 5 минут в течение двух суток через ЦСЛ Е (исходящие и входящие от-дельно) между сервером университета и сервером (маршрутизатором) провайдера при $U_{\text{пер}} = 500 \frac{\text{Мбит}}{\text{сек}}$ (6 окт. 2016 г.).

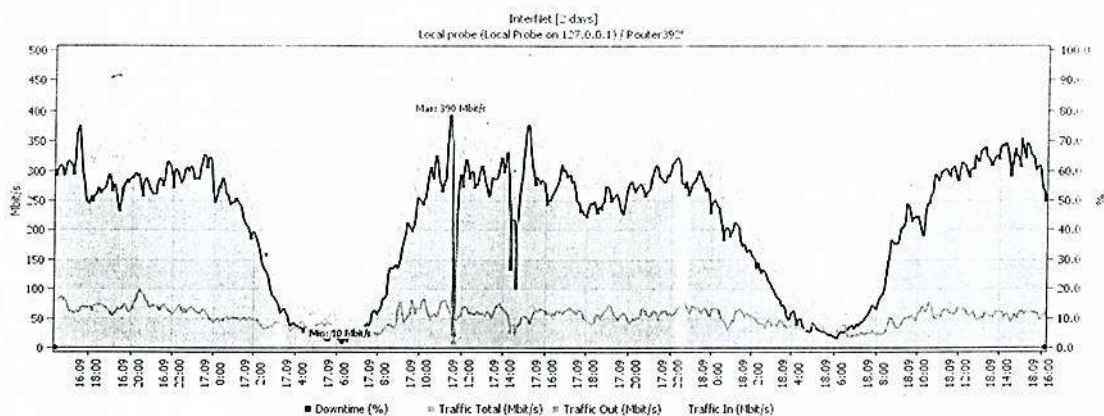


Рисунок 1 – График изменения средней скорости (шкала слева) и интенсивности нагрузки (шкала справа) в течение двух суток

При рассмотрении всех этих вопросов один из факторов, оказывающих значительное влияние на процесс передачи пакетов, а именно емкость буфера в коммутаторе или маршрутизаторе перед трактом передачи, часто не учитывается. Обычно это происходит потому, что её попросту не знают. Но система пакетной передачи – это система с ожиданием начала обслуживания, а в ней, как это видно из выражения потерь по 2-й формуле Эрланга для однолинейных ЦСЛ, вероятность отказа в обслуживании сильно зависит от числа мест ожидания $n = \frac{t_{\text{контр}}}{t}$, то есть в нашем случае – от емкости буфера.

При изучении зависимости предельной нагрузки через однолинейную систему от числа мест ожидания видно, что даже при $n = \frac{t_{\text{контр}}}{t} = 1$, что, конечно, имеет место в устройствах СПД, допустимая СИН составляет не менее 0,5 Эрл, а при увеличении $n > 1$ очень быстро нарастает, вплоть до 0,8 Эрл при $n = 4$. Это и понятно, ведь длительные всплески интенсивности очень редки и увеличение емкости буфера позволяет их существенно сгладить (в начале развития интернета предельная скорость передачи, предоставляемая абонентам СПД, составляла около 1 Мбит/сек и её было достаточно для просмотра обычного фильма, но как только в фильме происходили взрывы или другие резкие изменения событий, на экране сразу появлялись черные пятна: было не достаточно скорости для передачи таких событий, и часть кадров терялась).

Таким образом, очевидна потребность в оценках СИН и реальной скорости передачи битов по ЦСЛ на участках СПД. Справедлив известный постулат: «Случайная величина очень редко превышает удвоенное среднее значение». Как видно из результатов измерений, при СИН, равной или не-

много меньшей 0,5 Эрл (половина предельной СИН в 1 Эрл через однолинейную ЦСЛ), качество обслуживания абонентов на участке вполне приемлемо и не вызывает нареканий. Следовательно, если расчетная или измеренная СИН в ЧНН при некоторой $U_{\text{пер}}$ составляет около 0,5 Эрл, то $U_{\text{реал}} \approx 0,5U_{\text{пер}}$, и наоборот, если для передачи сообщений требуется некоторая $U_{\text{реал}}$, то у провайдера надо арендовать $U_{\text{пер}} \geq 2 U_{\text{реал}}$.

Список литературы

1 Егоров, В. Б. Передача «новых» сообщений по «старому» тракту / В. Б. Егоров // Инновационный транспорт. – № 1 (15). – 2015. – С. 76–79.

УДК 681.518.5+656.05

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ КОНТАКТНОЙ ПОДВЕСКИ

Д. В. ЕФАНОВ, В. А. ГРОСС

ООО «ЛокоТех-Сигнал», г. Москва, Российская Федерация

С развитием компьютерных технологий стал возможен переход к интеллектуальным системам мониторинга сложных инженерных конструкций и сооружений, к которым относится и инфраструктурный комплекс железных дорог. Прежде всего, системами непрерывного мониторинга должны оборудоваться нерезервируемые технические объекты, от надежности функционирования которых непосредственно зависят качество и эффективность перевозочного процесса [1]. К таким объектам в комплексе железнодорожной инфраструктуры относятся элементы и конструкции контактной сети.

Большинство отказов железнодорожной контактной сети приходится на контактную подвеску, которая функционирует в сложных условиях постоянного изменения состояния окружающей среды, а также периодического взаимодействия с электроподвижным составом. Статистика отказов говорит о том, что на провода и тросы контактной подвески, струны, зажимы, детали и воздушные стрелки приходится свыше 60 % всех отказов элементов контактной сети. Некоторые отказы тросов и проводов контактной подвески приводят к длительным простоям и сбоям в графике движения поездов (обрывы тросов и контактного провода). Сложным является и процесс восстановления работоспособного состояния железнодорожной контактной подвески. Всё это свидетельствует о необходимости совершенствования технологий обслуживания железнодорожной контактной подвески и внедрения стационарных средств автоматического сбора диагностической информации о состоянии основных ее узлов.

Существующими инструкциями по обслуживанию железнодорожной контактной подвески предусматриваются работы по ручному диагностированию с привлечением специализированного персонала, а также периодический мониторинг состояния контактной подвески с помощью вагона-лаборатории [2]. Таких мероприятий, как показывает практика, явно недостаточно для того, чтобы своевременно получать полную, объективную, картину технического состояния и составлять прогноз дальнейших изменений ключевых параметров объекта диагностирования. Работа с контактной подвеской зачастую ведется фактически вслепую: есть данные, когда установлены основные элементы (тросы и провода), их марки, основные показатели надежности, но нет информации о текущем состоянии и степени износа при старении под воздействиями окружающей среды и токоприемников тяговых подвижных единиц. Более того, по сообщениям эксплуатационного штата железных дорог, многие тяговые подвижные единицы выходят на линии с повреждениями токоприемников, что никак не отслеживается. Итог – контактная подвеска испытывает ненормативную нагрузку, а ее элементы подвергаются излишнему износу. Задачу повышения информативности технического персонала о состоянии элементов контактной подвески и предотвращения отказов (обрывов тросов и проводов) можно решить путем установки специализированных стационарных средств мониторинга.

Коллективом разработчиков ООО «ЛокоТех-Сигнал», с учетом многолетнего опыта в создании и эксплуатации систем непрерывного мониторинга устройств железнодорожной инфраструктуры,

разработана инновационная система интеллектуального мониторинга железнодорожной контактной подвески (СТДМ-Э). Немаловажным фактом является то, что многие технические решения отработаны как в лабораторных условиях, так и в условиях полевых испытаний. Система прошла несколько стадий совершенствования. Причем на каждой из них активное участие принимал эксплуатационный штат железных дорог, где проводились испытания системы. Это позволило получить техническое решение, ориентированное на эксплуатационный штат дистанций энергоснабжения железных дорог.

Разработанная коллективом ООО «ЛокоТех-Сигнал» система мониторинга, в отличие от зарубежных аналогов [3–6], ориентирована на использование совместно с подвесками любого типа и в условиях технологий внедрения и эксплуатации контактной сети, свойственных железным дорогам постсоветского пространства.

Сложность организации системы мониторинга железнодорожной контактной подвески состоит в том, что сам объект диагностирования является географически распределенным, а основные узлы контактной подвески удалены на большие расстояния. Это требует постановки диагностических приборов в специально выбранных местах на отдельных анкерных участках железнодорожной контактной сети. Каждый диагностический прибор представляет собой целую подсистему, включающую в себя набор специализированных датчиков (в зависимости от узла крепления на элементах контактной сети они включают в себя тензометры, термометры, акселерометры, инклинометры, психрометры), микропроцессорное устройство обработки данных, устройство памяти, встроенный радиопередатчик, антенну, набор специализированных интерфейсов и встроенную систему энергоснабжения. Такая конструкция приборов позволяет использовать их не только как средства получения и обработки информации, но также как элементы сети передачи данных.

Уникальной является система энергоснабжения самих диагностических приборов. Так как они закреплены на тросах контактной подвески, технически нецелесообразно организовывать центральную систему энергоснабжения. Каждый диагностический прибор содержит собственную систему автономного питания, включающую в себя источник альтернативной энергии и аккумуляторную батарею. Источник альтернативной энергии – солнечная панель, смонтированная в корпус диагностического прибора. Использование подсистемы энергоснабжения в специально разработанных режимах управления приборами позволяет достигать сроков эксплуатации приборов свыше пяти лет. Специалисты компании ведут разработки в области улучшения характеристик питания системы и доведения срока эксплуатации без замены батареи до 10–12 лет.

Сеть передачи данных представляет собой промышленный «интернет вещей». Сеть функционирует по беспроводному интерфейсу в диапазоне нелицензируемых частот. В Российской Федерации таких диапазонов два: 433,075–434,750 МГц и 868,7–869,2 МГц (данные частоты могут эксплуатироваться без оформления специального разрешения государственной комиссии по радиочастотам при условии соблюдения требований по ширине полосы, излучаемой мощности (до 10 мВт в районе частоты 434 МГц и до 25 мВт в районе частоты 868 МГц) и назначению радиопередающего изделия. В системе мониторинга использована частота 868,7 МГц. Она образована за счет диагностических приборов, систем ретрансляторов (они устанавливаются при необходимости в зависимости от технических условий эксплуатации системы и топологии объекта диагностирования) и вертикально направленных антенн.

Данные по беспроводному каналу транслируются в промежуточные концентраторы и концентраторы линейных постов, где проходят окончательную обработку. На оборудовании концентрации данных использовано собственное техническое решение по работе с большими объемами разнородных данных (Big Data), позволяющее осуществлять анализ диагностической информации и прогнозирование с учетом процедуры самообучения системы на основе данных от конкретных объектов диагностирования с конкретными техническими условиями эксплуатации. Это позволило получить достаточно широкий спектр диагностических событий, фиксируемых в системе: определение факта срабатывания компенсирующих устройств, определение фактов ненормативной работы компенсирующих устройств (заклинивания роликов, нарушений в работе компенсирующих устройств, случаи кражи грузов компенсатора и т. д.), фиксация ненормативных событий, вызванных действиями подвижного состава (удары токоприемников, продольные колебания), фиксация ненормативных событий, вызванных внешними дестабилизирующими факторами (сильная ветровая и снеговая нагрузка, падение предметов на контактную сеть), косвенное определение условий образования гололеда, косвенное определение коррозии на проблемных опорах на участках постов.

янного тока. Использование интеллектуальной обработки данных позволило перейти к *выявлению предотказных состояний*, связанных с нарушениями в работе поддерживающих конструкций и частичными повреждениями в несущем тресе.

Сегодня система мониторинга железнодорожной контактной подвески, разработанная коллективом ООО «ЛокоТех-Сигнал», представляет собой законченное уникальное решение, готовое для применения на железных дорогах. Применение такого решения давно назрело и способно принести реальную пользу, особенно в условиях развития скоростного и высокоскоростного движения.

Список литературы

- 1 **Ефанов, Д. В.** Интеграция систем непрерывного мониторинга и управления движением на железнодорожном транспорте / Д. В. Ефанов // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 4. – С. 62–65.
- 2 **Барч, Д. В.** Совершенствование системы обслуживания устройств энергоснабжения на основе мониторинга и диагностики / Д. В. Барч // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012. – № 3. – С. 103–110.
- 3 Online Catenary Temperature Monitoring at New High-Speed Rail Line Cologne-Rhine/Main / N. Theune [et al.] // WCRR. – 2003. – Vol. 18. – Is. 5. – P. 1038–1043.
- 4 **Park, Y.** Reliability Analysis of Arcing Measurement System Between Pantograph and Contact Wire / Y. Park, S. Y. Kwon, J. M. Kim // The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers. – 2012. – Vol. 61. – No. 8. – P. 1216–1220.
- 5 Инновационная контактная сеть СНЦФ V350, испытанная скоростью свыше 500 км/ч // Вести Евразия. – 2014. – № 6. – С. 22.
- 6 Sicat CMS. Catenary monitoring system for overhead contact line systems. – Product information, Version 1.1.4, Siemens AG. – 2016. – 8 p.

УДК 625+656.25

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ТРАНСПОРТЕ КАК СЕРВИС

Д. В. ЕФАНОВ, Г. В. ОСАДЧИЙ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Регулирование движения на железных дорогах осуществляется с помощью систем управления, которые реализуются за счет использования технических средств автоматизации. Управление на станциях осуществляет человек-оператор путем выдачи ответственных команд на управление (управление на большом числе перегонов является автоматическим). При современной системе управления на станции (электрической централизации) процедура управления связана с манипулированием элементами, позволяющими задавать маршруты. Оператор отмечает начальные, некоторые промежуточные и конечные точки по трассе предполагаемого маршрута путем воздействия либо на кнопки пульта-табло, либо путем щелчка мыши по соответствующему объекту, показанному на технологическом окне автоматизированного рабочего места. Все остальные процедуры по проверке условий безопасности движения, переводу ходовых и охранных стрелок, включению разрешающих показаний на светофорах осуществляет система в автоматическом режиме.

Современные системы управления включают в себя релейные, микроэлектронные и микропроцессорные компоненты [1–3]. Тенденции совершенствования систем управления связаны с внедрением высокоинтеллектуальных систем на программируемой элементной базе и микропроцессорной основе, где все технологические операции по реализации маршрутов на станциях выполняет управляющий вычислительный комплекс. Современные системы микропроцессорной централизации – это аппаратно-программные комплексы, реализуемые согласно установленным требованиям по безопасности функционирования.

Затраты на строительство, обслуживание и техническую поддержку микропроцессорных систем весьма велики и исчисляются сотнями миллионов российских рублей. Однако следует отметить, что все системы централизации имеют абсолютно идентичные правила построения и принципы реализации: требуется лишь знать топологию объекта автоматизации. Все остальные компоненты являются стандартными. Процесс же проектирования и внедрения системы управления зачастую не носит уникального характера, а связан только с тиражированием типовых решений.

Многие промышленные объекты обладают собственной, частной, железнодорожной системой, имеющей свое путевое развитие, свою инфраструктуру и, зачастую, свои тяговые подвижные еди-

ницы. Для управления движением предприятия вынуждены заказывать системы управления у тех же производителей, что производят системы управления для магистрального транспорта. Но во многих случаях установленная система управления на промышленном объекте может использоваться не «постоянно нагружено», а только в определенные часы или периоды дня (и даже года). При этом само неиспользуемое оборудование фактически оказывается простаивающим. Владельцам промышленных объектов приходится вкладывать деньги в тот объект, который они не используют на все 100 % возможностей. Выходом из этой ситуации является предоставление системы управления как «услуги» на обозначенное время [4].

С точки зрения управления движением поездов на железнодорожном транспорте любая топология станции или перегона может быть декомпозирована на конечное множество элементов. Они включают в себя типовые конструкции участков путей и их пересечений, а также типовой набор средств автоматизации управления движением для конкретной конструкции (стрелочный электропривод, светофор с конкретной сигнализацией и т. д.). Одним из известных подходов к реализации систем управления на железнодорожном транспорте является объединение в типовые блоки аппаратуры управления и соединение их по географическому принципу согласно топологии станции.

Таким образом, элементы станции объединяются в «шаблоны», которые применяются при соответствующей конфигурации объектов и конструкций на станции [5]. Ключевой является именно топология железнодорожной станции, все средства автоматики и сигнализации применяются согласно действующим инструкциям и стандартам. Именно такой подход в настоящее время реализуется при создании средств автоматизированного проектирования схемных решений железнодорожной автоматики [6].

Имея набор шаблонов, можно сформировать виртуальную систему управления движением поездов, ориентированную на применение для управления движением по станции с любой топологией. Подобная система реализуется в едином вычислительном центре, представляющем собой корпоративное защищенное облако данных. Для управления движением на произвольной станции требуется установка специализированного оборудования. При этом существует два основных способа реализации системы передачи данных к напольному технологическому оборудованию. Первый способ состоит в классическом представлении системы управления с кабельной сетью, подключающей напольное технологическое оборудование к кроссовому стиву и блоку передачи данных в вычислительный центр. Второй способ реализуется за счет установки децентрализованных блоков управления и передачи данных от каждого напольного технологического объекта на основе защищенного радиоканала.

Несколько промышленных объектов (даже десятки!) могут быть оборудованы только напольными объектами автоматики, включая интеллектуальные модули управления устройствами. Виртуальная система централизации управления может быть реализована в одном вычислительном центре и предоставляться как сервис при необходимости использования. Вместе с тем сервис может применяться одновременно для всех промышленных объектов, а не только использоваться как единственная установка централизации управления. Фактически виртуальная система управления представляет собой улучшенный аналог современной диспетчерской централизации, но без установок электрической централизации, а лишь с применением децентрализованных устройств управления и контроля напольным технологическим оборудованием автоматики.

С точки зрения принципов управления целесообразным представляется минимизация количества управляемых и контролируемых объектов. При этом должно пройти несколько стадий в минимизации оборудования для управления. На первой стадии остаются традиционные средства управления и контроля движения – рельсовые цепи, стрелочные электроприводы и светофоры. На второй стадии рельсовые цепи могут быть заменены на оптические датчики точечного контроля. На третьей передаче данных о скоростях перемещения подвижных единиц должна перейти к использованию беспроводных каналов, кроме того, необходим отказ от рельсовых цепей и переход на спутниковое позиционирование. В качестве средств управления и проверки зависимостей остаются устройства управления железнодорожными стрелками и бортовое оборудование подвижных единиц. Они образуют на каждой конкретной станции распределенную вычислительную систему (fog computing).

При отсутствии задач по управлению движением на промышленном объекте все устройства управления и сама вычислительная сеть находятся в спящем режиме. Активация осуществляется при использовании системы управления как услуги.

Таким образом, концепция «система управления как сервис» – это шаг к реализации прогрессивной технологии, когда ты покупаешь услугу, а не громоздкую систему, требующую больших расходов на капиталовложения в строительство и текущие расходы на эксплуатацию.

Список литературы

- 1 **Theeg, G.** Railway Signalling & Interlocking / G. Theeg, S. Vlasenko. – 1st ed. – DW Media Group GmbH Hamburg : Eurailpress. – 2009. – 448 p.
- 2 **Dobias, R.** FPGA Based Design of the Railway's Interlocking Equipments / R. Dobias, H. Kubatova // Euromicro Symposium on Digital System Design, 2004 (DSD'2004), 31 August – 3 September 2004, Rennes, France. – P. 467–473.
- 3 **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. – P. 242–248.
- 4 **Ефанов, Д. В.** Концепция современных систем управления на основе информационных технологий / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – № 5. – С. 20–23.
- 5 **Потехин, А. И.** Логические модели объектов железнодорожной станции // Проблемы управления. – 2016. – № 5. – С. 71–79.
- 6 Принципы построения средств проектирования железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Седых [и др.] // Автоматизация в промышленности. – 2017. – № 2. – С. 36–40.

УДК 625.25+681.518.5

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ С СОЗДАНИЕМ ЦИФРОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Д. В. ЕФАНОВ, В. В. ХОРОШЕВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

С каждым годом технологический потенциал железнодорожного транспорта растет, улучшается и сама организация перевозок. Этому способствует стремление руководства железных дорог к внедрению цифровых технологий и современных систем управления, имеющих расширенный функционал по сравнению с морально устаревшими релейными системами и снабженных развитыми функциями самодиагностирования [1, 2]. Тем не менее коренное перевооружение железных дорог и переоснащение их новыми системами управления невозможно и нецелесообразно по ряду причин, в том числе, и по тому, что нововведения оказываются максимально эффективными в крупных экономических регионах с высокой загруженностью линий. Немаловажным является и то, что скорость научно-технического прогресса в области автоматизации процессов и производств на транспорте значительно превышает скорость инженерной мысли: технические решения быстро устаревают и появляются более совершенные. В этой связи «погоня» за наилучшими техническими решениями несколько теряет смысл.

Важнейшую роль в задаче повышения эффективности и безопасности движения поездов играют средства технического диагностирования и непрерывного мониторинга [3]. Данные средства могут быть мобильными либо же стационарными. Мобильные средства размещаются на подвижном составе и осуществляют процедуру диагностирования периодически с проходом специализированного состава по участкам железных дорог и непрерывно самих бортовых систем. К мобильным средствам диагностирования следует относить и устройства технического персонала, но они, естественно, имеют крайне низкую степень автоматизации процесса измерений диагностических параметров технических объектов. Стационарные средства технического диагностирования и мониторинга устанавливаются в специализированные контрольные точки объектов диагностирования (верхнего строения пути, железнодорожной контактной сети, объектов сигнализации, централизации и блокировки, искусственных сооружений и т. д.) [4]. Диагностические данные от объектов диагностирования передаются посредством сетей передачи данных (проводных и беспроводных) в концентраторы информации и в ситуационные центры мониторинга. Развитие технологий мониторинга в конце второго десятилетия XXI века ведет к тому, что для целых участков железных дорог возможно построение систем мониторинга в виде цифровых аналогов.

Реализация цифровых аналогов объектов диагностирования возможна при решении вопроса взаимной интеграции средств мониторинга объектов разных хозяйств в некоторых географических пределах (например, цифровая модель инфраструктуры на линии, на станции или на перегоне), легко стыкуемых

и масштабируемых. Для получения цифровых аналогов любых участков железных дорог требуется «оживление» диагностических датчиков в сами объекты инфраструктуры и создание сетей обработки и трансляции диагностических данных в пункты обработки и визуализации. Каждая составляющая процесса разработки системы мониторинга имеет свои особенности и не является тривиальной.

Выбор точек установки диагностических приборов определяется с учетом требований полноты и глубины технического диагностирования, а также классов эквивалентных неисправностей. Осуществить обоснованный выбор точек подключения измерительных приборов можно за счет выбора множества диагностических параметров, а также составления диагностических моделей отдельных частей устройств. В качестве диагностических параметров с учетом современных технологий в области измерительной техники могут выступать разнообразные физические величины (электрические, механические, оптические и т. д.). Ясно, что при разработке системы мониторинга необходимо достичь компромисса между числом датчиков измерения параметров и числом необходимых величин для создания цифровой картины устройства и осуществления процедур диагностирования и прогнозирования состояния. Например, для диагностирования мостового сооружения можно разместить тысячи датчиков по периметру его конструкции, а можно ограничиться одним датчиком, фиксирующим прогиб конструкции в центральной точке. Разумное техническое решение может быть достигнуто за счет учета особенностей самих измерительных датчиков, их параметров, точности, чувствительности и т. д.

Создание диагностической модели – это первый шаг к решению задачи синтеза цифровой модели объекта диагностирования. Следует учитывать и возможности в создании цифрового пространства обработки диагностической информации и передачи ее в пункты централизации и визуализации. Современные технологии позволяют объединять датчики в сеть путем использования как проводных, так и беспроводных каналов. На искусственных сооружениях проводные соединения возможны, тогда как на элементах контактной подвески – весьма затруднительны. Тем не менее проблемой это не является – известны, например, датчики на поверхностных акустических волнах (ПАВ-датчики), которые можно использовать для создания «умной» инфраструктуры. Кроме того, современные достижения в области создания цифровых беспроводных трактов позволяют широко применять такие технологии, как IoT, EпOcean, Fog Computing и другие, позволяющие перейти от концепции цифровизации железных дорог к реально действующим системам мониторинга, включающим в себя цифровые аналоги объектов диагностирования [5–7].

Немаловажным фактором является создание энергоэффективных технических решений в области технического диагностирования и мониторинга. В этой связи приоритет имеют пассивные датчики. Но полной картины, к сожалению, они дать не могут. Развитие технологий в области энергообеспечения дает возможность применения альтернативных (возобновляемых) источников энергоснабжения совместно с аккумуляторными устройствами. Уже сегодня известны технические решения в области мониторинга устройств железнодорожной инфраструктуры, где энергоснабжение реализовано по «зеленым технологиям» [8].

Развиваясь согласно тренду цифровизации и интеллектуализации железных дорог, системы непрерывного мониторинга должны стать частью ответственных цепей управления движением поездов. Диагностические данные не должны оставаться только на уровне визуализации и предоставления их техническому персоналу предприятий, реализующих процедуры обслуживания и ремонтов. Это ложная цель систем мониторинга. Сами технические средства мониторинга должны иметь возможность моделирования поездной обстановки, технического диагностирования и прогнозирования состояния, а также быть ответственными цепями систем автоматического управления. Сами данные должны передаваться участникам движения, системам управления движения как стационарным, так и бортовым.

На текущем этапе развития технические средства диагностирования и мониторинга могут быть использованы для получения информации о техническом состоянии объектов железнодорожной инфраструктуры, но не давать инструмент, в полной мере используемый в задачах регулирования движения поездов. Тем не менее развитие технологий мониторинга идет в правильную сторону – на пути к цифровизации железнодорожного транспорта и наземных транспортных систем.

Список литературы

- 1 **Розенберг, Е. Н.** Цифровая экономика и цифровая железная дорога / Е. Н. Розенберг, В. И. Уманский, Ю. В. Дзюба // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 5. – С. 45–49.
- 2 **Ефанов, Д. В.** Эволюция систем управления на железнодорожном транспорте / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий // Транспорт Российской Федерации. – 2018. – № 3. – С. 43–47.

- 3 **Ефанов, Д. В.** Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : [монография] / Д. В. Ефанов. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с.
- 4 **Ефанов, Д. В.** Интеграция систем непрерывного мониторинга и управления движением на железнодорожном транспорте / Д. В. Ефанов // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 4. – С. 62–65.
- 5 **Brogi, A.** QoS-Aware Deployment of IoT Applications Through the Fog / A. Brogi, S. Forti // IEEE Internet of Things Journal. – 2017. – Vol. 4. – Is. 5. – P. 1185–1192.
- 6 **Darwish, T. S.** Fog Based Intelligent Transportation Big Data Analytics in the Internet of Vehicles Environment: Motivations, Architecture, Challenges and Critical Issues / T. S. Darwish, K. A. Bakar // IEEE Access. – 2018. – Is. 99.
- 7 **Hahanov, V.** Cyber Physical Computing for IoT-driven Services / V. Hahanov // New York, Springer International Publishing AG, 2018. – 279 p.
- 8 **Efanov, D.** New Technology in Sphere of Diagnostic Information Transfer within Monitoring System of Transportation and Industry / D. Efanov [et al.] // Proceedings of 15th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS`2017), Novi Sad, Serbia, September 29 – October 2, 2017. – P. 231–236.

УДК 007.5.681.51

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ПО УДАЛЁННОМУ УПРАВЛЕНИЮ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПЕРЕЕЗДНОЙ СИГНАЛИЗАЦИЕЙ

О. Б. ИМАРОВА, Е. Ю. ЕВДОКИМОВА

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Для обеспечения безопасности движения на железнодорожных переездах III и IV категории разработаны технические решения комплексной системы по удаленному управлению с поста ЭЦ автоматической переездной сигнализацией для переезда, расположенного в границах малодеятельной станции железнодорожной линии 2-й категории. Работа комплексной системы заключается в оценке обстановки на участке пересечения автомобильной и железной дороги с возможностью передачи информации о возникновении нештатных ситуаций на АРМ ДСП. В системе задействованы несколько видов датчиков совместно с системой видеонаблюдения и микроконтроллер – устройство, ответственное за принятие решений. За основу приняты Типовые проектные решения по оборудованию переезда автоматической переездной сигнализацией И-138-84 и И-234-95.

На сети железных дорог России сейчас эксплуатируется 10664 переездов, из которых только 2297 являются охраняемыми и обслуживаются дежурными работниками, ОАО «РЖД» отмечает рост количества ДТП и тяжести их последствий на железнодорожных переездах.

Причинами ДТП стали грубые нарушения водителями правил дорожного движения, в том числе выезд на переезды при запрещающем показании автоматической сигнализации, объезд шлагбаума, либо неисправность автотранспортных средств.

Для уменьшения количества ДТП на переездах применяются такие меры, как: мероприятия, направленные на обеспечение безопасности движения на железнодорожных переездах, в том числе и технические решения по удаленному управлению и контролю переездных устройств; работа по модернизации железнодорожных переездов и оборудованию их современными предупредительными и заградительными устройствами; замена переездов на путепроводы и тоннели [1].

При этом одной из основных целей компании ОАО «РЖД» является сокращение издержек на содержание малоинтенсивных железнодорожных линий и минимизация эксплуатационных расходов, в том числе и на содержание переездов. Одним из мероприятий является совмещение профессий дежурного по переезду (ДПП) и дежурного по станции (ДСП) на линиях 3–5-го классов для переездов, расположенных в границах станций.

Наиболее эффективным для этой цели является мероприятие по совмещению профессий ДПП и ДСП. При такой организации труда предусматривается удаленное управление (с поста ЭЦ) устройствами автоматической переездной сигнализации и контроль посредством видеонаблюдения за движением автотранспорта через железнодорожный переезд [2].

На основании вышеуказанных границ опасной зоны переезда можно предположить 4 возможных сценария нештатных ситуаций, а именно:

- а) автомобиль заехал за опускающийся заградительный брус шлагбаума и покинул переезд;
- б) автомобиль по техническим причинам остановился за заградительным брусом шлагбаума, не доезжая до опасной зоны;

в) автомобиль по техническим причинам остановился за опущенным заградительным брусом шлагбаума в опасной зоне – проезд поезда небезопасен;

г) автомобиль сломал или объехал опущенный заградительный брус шлагбаума.

Для нештатных ситуаций разработана комплексная система переездной сигнализации, которая предусматривает перенос функций управления и контроля состояния переезда с поста дежурного по переезду на пост ЭЦ с возложением функций дежурного по переезду на ДСП.

Алгоритм работы блок-схемы состоит в следующем: информация о состоянии реле автоматической переездной сигнализации через блок сопряжения подается на микроконтроллер; при включении запрещающего показания светофора переездной сигнализации микроконтроллер производит включение красной мигающей лампы сигнализации оповещения ДСП для привлечения его внимания; когда инициировано начало опускания шлагбаума, микроконтроллер начинает опрос системы мониторинга о наличии или отсутствии помехи (автомобиль, человек, другие объекты) в опасной зоне переезда, а также пересечения зоны шлагбаума; в случае сигнала тревоги хотя бы с одного из датчиков микроконтроллер включает светозвуковую сигнализацию оповещения на АРМ ДСП. После этого дежурный по станции, оценив обстановку с помощью видеокартинки на мониторе, самостоятельно принимает решение о закрытии (открытии) шлагбаумов, поднятии (опускании) крышек УЗП, оповещении машиниста поезда об опасности и выдаче необходимых инструкций участникам дорожного движения при помощи речевого информатора; если сигнала тревоги с датчиков не поступило, то после открытия шлагбаума, опускания крышек УЗП и включения разрешающего показания на светофоре система переходит в исходное положение.

Структурная схема комплексной системы удалённого управления АПС представлена на рисунке 1.

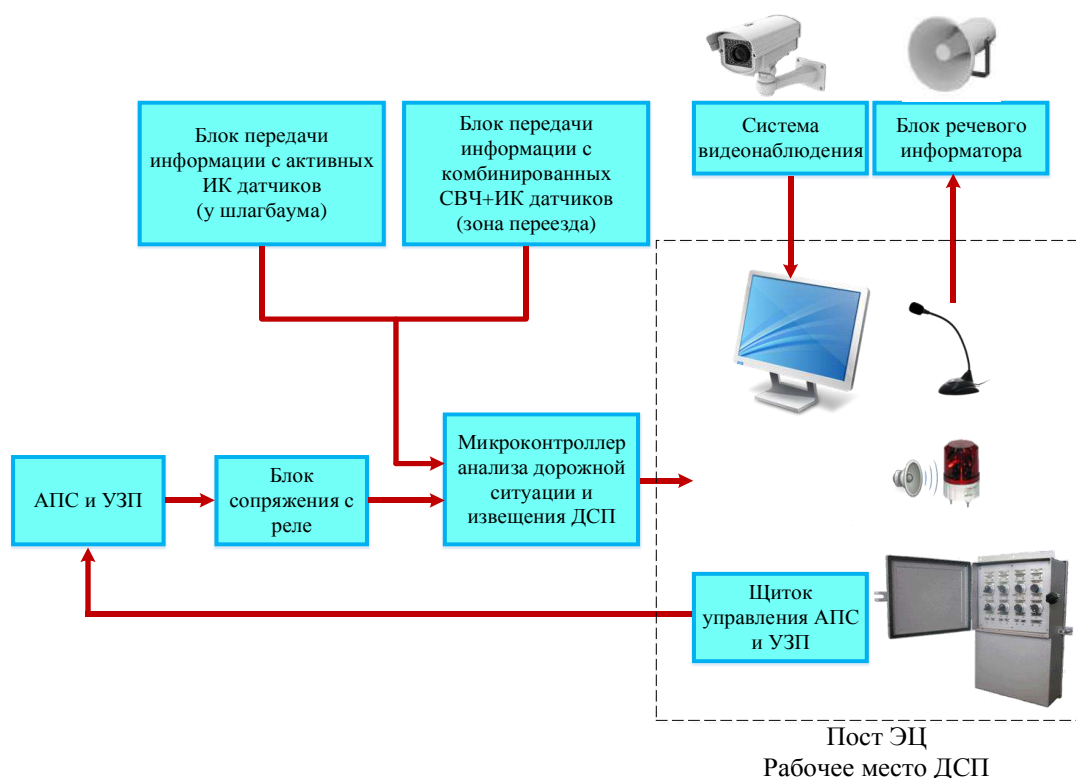


Рисунок 1 – Структурная схема комплексной системы удалённого управления АПС

Таким образом, разработанная система удаленного управления устройствами переездной сигнализации предназначена к использованию на малодеятельных переездах, но может быть рекомендована для обслуживания железнодорожных переездов с различной интенсивностью движения. Система совмещает в себе работу инфракрасных датчиков, контролирующих зону шлагбаума, комбинированных ИК и СВЧ датчиков, отвечающих за контроль опасной зоны переезда, систему видеонаблюдения с режимом работы в реальном времени и записью на жесткий диск с протоколированием по дате, времени и событию. Все компоненты выбраны с учетом климатических особенностей их работы. Надежность и быстродействие работы системы оповещения ДСП о возникнове-

нии нештатных ситуаций обеспечивается микроконтроллером, который принимает решение на основе информации, получаемой сразу с четырех датчиков.

Список литературы

1 Поздняков, В. А. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. / В. А. Поздняков. – М. : Транспорт, 2000. – 190 с.

2 Годяев, А. И. Научно обоснованные решения по снижению аварийности на переездах / А. И. Годяев // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – № 5. – 35 с.

УДК 656.257

СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ НА СТАНЦИЯХ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИЕЙ

А. Н. КОВРИГА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) должны обеспечивать высокий уровень безопасности движения поездов и одновременно необходимую пропускную способность железнодорожных линий. Уровень безопасности и непрерывность движения поездов зависит от надёжности и функционирования СЖАТ. В случаях нарушения действия устройств и систем ЖАТ на станциях, требующих для их устранения значительных материальных затрат и ресурсов времени, необходимо принимать меры для организации скорейшего восстановления движения поездов.

Причины нарушений устройств и систем ЖАТ могут быть различными. Это, например, воздействия природного характера (пожары, землетрясения и т. д.). Возможны нарушения, возникающие в результате неумышленных действий как работников железнодорожного транспорта из-за халатности, отсутствия знаний или опыта, так и других людей. Более сложные нарушения как по характеру, так и по объёму возможны в результате целенаправленных действий злоумышленников, террористов. Независимо от того, каким образом и по каким причинам произошло нарушение в системе управления поездов, всегда возникает потребность восстановления работы как можно скорее, в кратчайшие сроки и с минимальными затратами.

Эти проблемы возникли одновременно с появлением железных дорог. Однако необходимость и значимость их решений возрастает в настоящее время при новом проектировании, строительстве и модернизации действующих СЖАТ железнодорожных линий. Если ранее СЖАТ строились и модернизировались на базе релейных элементов схем, то модернизация существующих объектов СЦБ происходит с применением новых систем и технологий, использующих средства микропроцессорной техники. В результате этого сейчас на Бел. ж. д. внедряются и эксплуатируются значительное количество разнообразных СЖАТ как отечественной, так и зарубежной разработки на микропроцессорной базе. Известно, что системы, разработанные за рубежом, как правило, с закрытым исходным кодом. Это означает, что, во-первых, в случае необходимости внесения каких-либо изменений, связанных с эксплуатацией в чрезвычайной ситуации, эксплуатирующей организации необходимо обращаться к держателю лицензии, т. е. разработчику, что при дефиците времени не всегда возможно и увеличивает сроки восстановления. Во-вторых, не следует забывать также и то, что при современном уровне развития телекоммуникаций имеется возможность блокирования работы железнодорожных станций при Ddos кибератаке на микропроцессорные СЖАТ. В связи с этим для восстановления следует использовать отечественные системы А и Т, обладающие высоким уровнем кибербезопасности.

В докладе проводится анализ и сравнение известных в настоящее время способов и средств для ускорения восстановления управления поездов на станциях, приведены некоторые предложения по разработке указанных средств для Бел. ж. д. Для создания таких универсальных восстановительных комплексов требуется отдавать предпочтение системам ЭЦ на релейной элементной базе, а также МПЦ отечественной разработки с системой поддержки принятия решений (СППР) и защитой от кибератак. Эти предложения, по нашему мнению, позволят инициировать разработку и испытания одного или двух таких вариантов восстановительных систем для Бел. ж. д.

ЭФФЕКТ ДЖОНСОНА-РАБЕКА, ЕГО ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРИМЕНЕНИЕ В МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

Д. В. КОМНАТНЫЙ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Эффект Джонсона-Рабека заключается в том, что при приложении постоянного напряжения к структуре из металлической и полупроводящей пластин, разделенных газовым промежутком, между поверхностями металла и полупроводника возникает значительная пондеромоторная сила. Эффект известен с начала XX века. Хотя в годы его открытия физика явления оставалась неизвестной, эффект нашел широкое применение при разработке электростатических реле промышленного и даже кустарного изготовления.

С появлением бесконтактных электронных элементов интерес к эффекту Джонсона-Рабека угас, и он оставался малоизвестным до настоящего времени. Физические основы эффекта так и не были полностью выяснены. В конце XX века эффект вновь привлек к себе внимание инженеров в связи с разработкой микроэлектромеханических устройств (актюаторов).

Объяснение возникновения рассматриваемого эффекта можно получить на основе уже хорошо разработанной теории структур металл – диэлектрик – полупроводник (МДП). Показано, что в МДП-структурах при приложении отрицательного полюса напряжения к металлу, а положительного полюса – к полупроводнику у поверхности последнего возникает слой положительных зарядов за счет ухода электронов и притяжения дырок к приповерхностному слою. В металле же возникает слой отрицательных зарядов. Так формируется конденсатор с очень малым расстоянием между обкладками, в качестве которых выступают приповерхностные слои зарядов. Изолирующий газовый промежуток конденсатора находится между поверхностями металла и полупроводника. В этом конденсаторе и развиваются значительные пондеромоторные силы между обкладками, в чём и заключается обсуждаемый в докладе эффект.

На основе эффекта Джонсона-Рабека могут быть созданы микроэлектромеханические реле различной конструкции. В частности, известны реле с проводящей мембраной, которая под действием пондеромоторных сил между нею и неподвижной полупроводящей плоскостью изгибается и перемещает якорь реле, замыкая фронтальной контакт. Также известны реле, в которых имеется упругая пружина, изгибающаяся под действием пондеромоторных сил между нею и неподвижной полупроводящей плоскостью и замыкающая фронтальной контакт.

Путем использования в микроэлектромеханических электростатических реле известных технических решений, а именно: Г-образного якоря, на одном плече которого размещена металлическая обкладка, а на втором – противовес, контактов из несваривающихся материалов, класс надежности электростатических реле может быть повышен до первого. Автором разработаны две конструкции такого реле, защищенные патентами на полезную модель Республики Беларусь № 6918 и 6951.

Микроэлектромеханические реле отличаются малыми габаритами, что позволяет легко размещать их на одной плате с интегральными микросхемами и использовать эти реле и микросхемы совместно. Использование в конструкциях электростатических реле эффекта Джонсона-Рабека дает возможность получить достаточное контактное нажатие при невысоком напряжении питания. Это снижает опасность пробоя диэлектрического слоя в реле. Поскольку через электростатические реле не протекает постоянный ток, то эти реле потребляют малую мощность и являются экономичной элементной базой. Изготовление микроэлектромеханических реле производится по той же технологии, что и интегральных микросхем. Это позволяет добиться массовости производства при сравнительно низких затратах, следовательно, невысоких цен на такие реле.

Благодаря отмеченным достоинствам микроэлектромеханические электростатические реле первого класса надежности могут найти применение в системах железнодорожной автоматики – электрической централизации, автоблокировке, горючей автоматической централизации.

При этом управление системой железнодорожной автоматики может выполняться посредством микропроцессорных и компьютерных средств. Проверка условий безопасности производится в

блоках на основе микроэлектромеханических реле, которые через высоконадежные блоки телеуправления и телесигнализации связаны с исполнительными электромагнитными реле. Этим может быть достигнуто оптимальное сочетание современного метода управления железнодорожными объектами с автоматизированных рабочих мест, отработанных алгоритмов реализации команд на релейной базе, миниатюризации узлов систем ЖАТ, высокой надежности систем ЖАТ.

Поскольку микроэлектронные и микропроцессорные системы ЖАТ продолжают нуждаться в большом количестве электромагнитных реле (снижение потребности в реле составляет от 40 до 60 %), то применение реле микроэлектронных позволит, при развитии бесконтактных модулей управления исполнительными устройствами, отказаться от электромагнитных реле первого класса надежности и перейти к полностью интегрированной с микроэлектронными элементами релейной элементной базе. При этом остаются в силе апробированные способы обеспечения безопасности перевозочного процесса, что позволит преодолеть известные трудности, существующие для работников служб СЦБ при внедрении микроэлектронных и микропроцессорных СЖАТ.

Следует обратить внимание на то примечательное обстоятельство, что микроэлектромеханические электростатические реле являются синтезом двух предыдущих этапов развития элементной базы железнодорожной автоматики. Эти реле сохраняют в своей конструкции способы повышения надежности, используемые в электромагнитных реле первого класса надежности. С другой стороны, микрореле изготавливаются по тем же технологиям, что и полупроводниковые интегральные микросхемы. Это обеспечивает массовость производства, снижение стоимости изделий. Микроминиатюрное исполнение, как уже отмечалось, не затрудняет интеграцию микрореле и интегральных микросхем.

Поэтому на основании известных законов развития (диалектики): отрицания-отрицания и триады «тезис – антитезис – синтез» можно полагать, что применение микроэлектромеханических электростатических реле в качестве элементной базы железнодорожной автоматики и телемеханики действительно является новым этапом в ее развитии. Поскольку микрореле, построенные на базе описанных в докладе конструктивных решений, сочетают (синтезируют) в себе достоинства как традиционной релейной, так и современной микроэлектронной элементной базы. Микроэлектронные актуаторы первого класса надежности представляют собой повторение развития релейной элементной базы на более высоком техническом и технологическом уровне. При этом исключаются известные недостатки электромагнитных реле и бесконтактных элементов с несимметричными отказами на базе ферритовых модулей. К этим недостаткам относятся большие габариты, сложность изготовления, сравнительно узкая область применения.

Область применения электростатических микрореле первого класса надежности не ограничивается железнодорожной автоматикой. Эти элементы могут использоваться и в других системах управления ответственными технологическими процессами, что, в свою очередь, увеличивает объемы производства микроэлементов вместе со снижением их стоимости.

Всё изложенное позволяет сделать вывод, что применение микроэлектромеханических элементов в железнодорожной автоматике и телемеханике имеет большие перспективы, а исследования в этом направлении являются актуальными. Представляется, что именно этот путь совершенствования элементной базы железнодорожной автоматики основывается на общих законах развития любых систем в любой области человеческой деятельности. Это дает основания надеяться на предстоящие большие успехи предлагаемого в докладе направления разработки миниатюрной элементной базы первого класса надежности.

УДК 351.862.48

МЕТОДИКА ВЫЧИСЛЕНИЯ ЖИВУЧЕСТИ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ НА ТРАНСПОРТЕ ПРИ ОТКАЗЕ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ

*Ю. В. НЕМЦОВ, Н. А. КАЗАНСКИЙ, П. И. ЛЫСЮК
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Мобильная связь уже давно стала неотъемлемым атрибутом современного человека и благодаря возможностям, которые предоставляют операторы сотовой связи своим абонентам, стала важной

составляющей жизни человека. Для обеспечения качественной связи прилагается максимум усилий, в частности, проводятся работы по строительству и обеспечению доступности сетей связи для широкого круга абонентов как в городе, так и за его пределами, в области и регионах.

Доступ пользователей к услугам по передаче голоса и данных является одним из ключевых требований к функционированию сетей мобильной связи. Под живучестью сети будем понимать способность системы радиосвязи продолжать свое функционирование с допустимым качеством после возникновения повреждений, а также способность системы восстанавливать рабочее состояние на конечный заданный временной промежуток. Предложенные в докладе методики помогут операторам связи учесть качество работы сети в очаге поражения при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Критерий живучести определяется выражением:

$$Sur = 1 - E. \quad (1)$$

где E – вероятность потери вызовов.

Полученный критерий оценки живучести мобильной сети по расчету блокировки вызовов представлен формулой

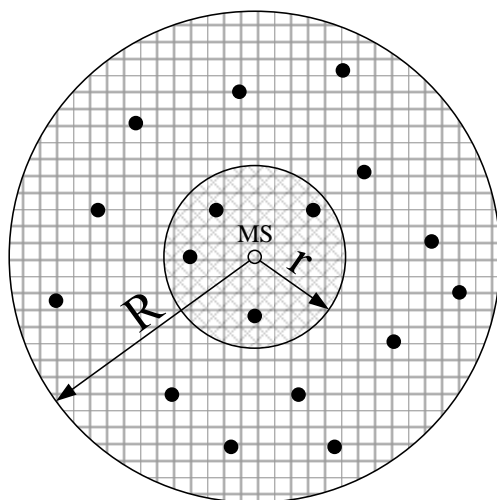
$$E = P_1 P_2 = \sum_{k=0}^N C_N^k p^k (1-p)^{N-k} \frac{\rho^{mk} / (mk)!}{\sum_{i=0}^{mk} \rho^i / i!}. \quad (2)$$

Формула (2) содержит два сомножителя. Первый из них – распределение Бернулли – показывает вероятность нахождения k базовых станций (БС) из N БС, сохранивших работоспособность в очаге поражения.

Можно рассмотреть применение распределения Пуассона, которое позволит повысить точность вычисления живучести сетей мобильной связи при возникновении ЧС.

Распределение Пуассона позволяет вычислять вероятности нахождения в зоне поражения от ЧС произвольного числа БС с учетом радиуса зоны ЧС и плотности размещения БС на данной территории.

Рассмотрим модель нахождения мобильного абонента в зоне ЧС (рисунок 1).



● – базовые станции (BTS)

Рисунок 1 – Модель нахождения мобильного абонента (MS) в зоне ЧС

Допустим, что мобильный абонент (MS) может находиться в центре зоны ЧС радиуса r . В той же зоне размещаются БС (BTS) сети мобильной связи (см. рисунок 1). Мобильное устройство абонента теоретически может соединиться со всеми БС в радиусе R . При этом $r < R$.

Зная радиус действия мобильного устройства R и плотность размещения БС в данной местности λ , можно определить количество БС, находящихся в зоне действия мобильного устройства абонента:

$$N = \lambda \pi R^2. \quad (3)$$

Рассмотрим случай, когда в зону поражения не попало ни одной БС. Тогда все БС на территории радиуса R являются работоспособными и мобильное устройство имеет возможность устанавливать с ними соединение. В этом случае критерий живучести будет определен только вероятностью блокировки вызовов из-за занятости радиоканалов N БС:

$$Sur = 1 - \frac{\rho^{mN} / (mN)!}{\sum_{i=0}^{mN} \rho^i / i!}. \quad (4)$$

Составим выражение для расчета живучести сетей мобильной связи при попадании некоторого количества k БС в зоне действия ЧС:

$$Sur = 1 - \sum_{k=0}^N \left[p^k \frac{(\lambda \pi r^2)^k e^{-\lambda \pi r^2}}{k!} \frac{\rho^{mk} / (mk)!}{\sum_{k=N}^0 \rho^k / k!} + \left(1 - \frac{(\lambda \pi r^2)^k e^{-\lambda \pi r^2}}{k!} \right) \frac{\rho^{m(N-k)} / (m(N-k))!}{\sum_{i=0}^{N-k} \rho^i / i!} \right]. \quad (5)$$

Таким образом, в докладе рассмотрен новый подход к решению задач живучести сетей мобильной связи, в котором используется распределение Пуассона. Предложенная методика позволяет приблизиться к объективной оценке живучести сети в условиях ЧС. Анализ результатов позволяет сделать вывод, что при большой вероятности отказа базовых станций значительно снижается живучесть сети мобильной связи. Увеличение плотности базовых станций повышает живучесть сети гораздо лучше, нежели увеличение радиоканалов в одной станции. Также для уменьшения вероятности потерь возможно провести анализ и расчет живучести для систем с ожиданием и дисциплин обслуживания с приоритетами.

УДК 656.25

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА ИМИТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Д. В. ПРАКОПЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Системы железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) состоят из большого числа всевозможных компонентов, каждый из которых подвержен влиянию негативных факторов, приводящих к сбоям в его работе. Такие сбои могут иметь катастрофические последствия. Поэтому исправное функционирование устройств ЖАТ является обязательным условием для обеспечения безопасности перевозочного процесса. Увеличение скоростей движения поездов, повышение объемов перевозимого груза и числа пассажиров, а также необходимость замены устаревшего оборудования приводят к развитию систем автоматики и телемеханики. Одним из самых перспективных путей развития является внедрение микропроцессорных устройств, в частности микроконтроллеров. Как и другие устройства ЖАТ, микроконтроллеры должны отвечать требованиям безопасности.

В контексте обеспечения безопасности микроэлектронных устройств, применяемых в системах автоматики и телемеханики, центральным понятием является функциональная безопасность. Функциональная безопасность – это часть общей безопасности системы, компонента системы или оборудования, работающих правильно в ответ на входные воздействия и обеспечивающих отсутствие неприемлемого риска здоровью людей, их собственности или окружающей среде со своей стороны. Требования к функциональной безопасности регламентируются соответствующими нормативными документами. Используемые стандарты функциональной безопасности рассматривают весь жизненный цикл электрических, электронных или программируемых электронных систем и изделий.

Основным стандартом по функциональной безопасности, используемым при сертификации микроконтроллеров, является ГОСТ Р МЭК 61508 «Функциональная безопасность электрических, электронных, программируемых электронных систем, относящихся к безопасности». Стандарт состоит из семи частей. Части 1–3 являются основными, в них приводятся общие требования к разработке систем, относящихся к безопасности, а также приведены стадии реализации аппаратного и программного обеспечения. Части 4–7 являются дополнительными, в них содержатся примеры методов для определения уровней полноты безопасности, руководство к применению первых трех частей, а также сокращения и определения. Для устройств железнодорожной автоматики и телемеханики применяется европейский стандарт EN 50126, состоящий из пяти частей. В них описываются требования и доказательство надежности, безотказности, ремонтпригодности и безопасности объектов железнодорожного транспорта. Также используется межгосударственный стандарт ГОСТ 34012–2016 «Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики. Общие технические требования».

Проверка микроконтроллеров на функциональную безопасность является трудоемким процессом. Даже относительно простые устройства обладают большим количеством компонентов и, как следствие, большим набором возможных отказов. Создание универсальных методов проверки также затрудни-

тельно из-за сильных различий в архитектуре микроконтроллеров. Эти факторы вынуждают производителей и организации по сертификации разрабатывать собственные методики и средства проверки.

Одной из таких компаний является BTSC-SPS-Motorola, которая разработала ряд методик для проверки микроконтроллеров собственного производства. Создание единой эффективной методики было невозможным, так как некоторые методы проверки хорошо подходят для очень больших устройств, но из-за сложности они не эффективны для более простых устройств. В качестве примера приведена методика проверки 8-битного микроконтроллера. При разработке устройства используется принцип повторного использования блоков, реализующих широкий спектр возможностей. К ним относятся таймеры, цифро-аналоговые и аналогово-цифровые преобразователи и так далее. Эти блоки являются интеллектуальной собственностью компании и известны как виртуальные компоненты. Такой подход позволяет ускорить процесс разработки нового микроконтроллера, так как достаточно объединить виртуальные компоненты и ядро с помощью логических связей. Для проведения проверки составляются наборы входных и выходных данных на основе спецификации каждого виртуального компонента. Эти шаблоны переводятся на язык ассемблера. На тестовом стенде создается модель микроконтроллера на языке Verilog, после чего проводится проверка с использованием подготовленных ранее наборов данных. Результаты проверки заносятся в базу данных для каждого виртуального компонента, это упрощает процесс создания тестовых данных в будущих проектах.

Не все производители микроконтроллеров сами выполняют сертификацию своего продукта на соответствие требованиям стандартов. Вместо этого используются услуги организаций, специализирующихся на экспертизах, испытаниях и сертификации (например, компания TUV SUD, которая является одной из ведущих в этой области).

Главная цель проведения проверки – является подтверждение достигнутого уровня безопасности. Проверка на функциональную безопасность представляет собой комплекс мероприятий по подтверждению количественных и качественных показателей функциональной безопасности в соответствии с заявленными разработчиком системы требованиями.

Проведение проверки микроэлектронных устройств с внесением отказов на аппаратном уровне требует значительных затрат материальных и временных ресурсов на имитацию отказов и их устранение. Применение имитационных моделей являются более подходящим вариантом как по затратам, так и по удобству обработки результатов и скорости проведения проверки.

Цель имитационных испытаний на функциональную безопасность – подтвердить, что испытываемое микроэлектронное устройство или система при возникновении заданного класса отказов аппаратных и программных средств и внешних датчиков, а также неправильных действиях оператора не формирует сигналы управления, нарушающие условия безопасности.

Отсутствие универсальных и эффективных методик проведения проверки микроэлектронных устройств на функциональную безопасность, а также большие затраты, при использовании для этой цели самих устройств, стали толчком для разработки программного «Комплекса для проведения имитационных испытаний микропроцессорных систем железнодорожной автоматики на функциональную безопасность» (КИИБ) в лаборатории «Безопасность и электромагнитная совместимость технических средств» Белорусского государственного университета транспорта.

Комплекс программных средств КИИБ предназначен для проведения ускоренных имитационных испытаний на функциональную безопасность в соответствии с приведенными выше стандартами.

К основным возможностям КИИБ можно отнести способность контролировать:

- наличие одиночных и кратных отказов технических средств;
- наличие ошибок программных средств;
- устойчивость функционирования при воздействии электромагнитных помех и при искажениях входных сигналов;
- уровень обнаружения отказов и сбоев заданной кратности средствами контроля и диагностики;
- возможность накопления отказов заданной кратности во внутренней структуре;
- тип искажения вычислительного процесса при наличии отказов технических средств.

Комплекс позволяет выявить на стадии разработки и испытаний программно-технических средств наличие аппаратных и программных компонентов, отказы и сбои которых могут нарушить функциональную безопасность системы.

В настоящее время комплекс имитационных испытаний безопасности частично соответствует требованиям международных стандартов в области функциональной безопасности. Последняя редакция стандарта ГОСТ Р МЭК 61508 содержит новые требования к ошибкам и отказам, которые должны

предполагаться при определении случайных отказов аппаратного обеспечения или которые должны учитываться при определении доли безопасных отказов. Введение данных требований привело к невозможности использования комплекса для проведения испытаний, так как имеющихся функций недостаточно для достижения требуемого уровня диагностического охвата. В связи с этим необходимо провести модернизацию комплекса путем структурного изменения программного обеспечения, в частности, изменения способа дешифрации команд. Целью этих изменений является возобновление использования комплекса для проведения испытаний микроэлектронных устройств на функциональную безопасность.

УДК 656.254.16

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ КООРДИНАТНЫХ СИСТЕМ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ТОЧЕЧНЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ

П. П. РУБАНИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Процесс совершенствования систем интервального регулирования движения поездов (СИРДП) имеет следующие основные цели:

- увеличение скорости движения;
- увеличение пропускной способности линий (обеспечение минимального интервала попутного следования);
- повышение безопасности движения;
- снижение затрат на установку и обслуживание напольной аппаратуры.

Безопасность движения достигается обеспечением расстояния между двумя попутно следующими поездами, достаточного для своевременного торможения и исключения их столкновения. Пропускная способность требует минимально возможного интервала попутного следования. Таким образом, требования безопасности движения и требования пропускной способности касательно интервала попутного следования взаимно противоположны. Исходя из этого задачей СИРДП является обеспечение такого интервала попутного следования, который гарантирует безопасность движения и максимально возможную пропускную способность при наименьших капитальных и эксплуатационных затратах.

Достигнуть вышеперечисленных целей позволяют СИРДП с координатным принципом регулирования, основой которого является информация на сзади идущем поезде о расстоянии до хвоста впереди идущего поезда о характеристиках пути и тормозных параметрах обоих поездов для обеспечения своевременной остановки.

В настоящее время применяются следующие способы координатного регулирования движения:

- на хвост впереди идущего поезда;
- занятую рельсовую цепь.

Регулирование движения на хвост впереди идущего поезда обеспечивает один из наименьших интервалов попутного следования. Данный подход применяется в системах ERTMS/ETCS уровня 3 и ITCS. В идеале минимально возможные расстояния между поездами зависят от скорости, тормозных характеристик сзади идущего поезда, характеристик пути и точности определения координаты хвоста впереди идущего поезда. В реальности трудно определить точный тормозной путь поезда, так как он зависит от множества случайных факторов, и точную координату. Поэтому в системах, которые используются на практике, для обеспечения требований безопасности вводят защитный участок и доверительный интервал для оценки местоположения хвоста поезда. Также критичным при таком способе координатного регулирования является контроль целостности подвижного состава (необходимо оборудовать хвостовой вагон в каждом поезде специальным датчиком).

Регулирование движения поездов на занятую рельсовую цепь является наиболее распространенным и удобным способом, так как рельсовые цепи позволяют контролировать целостность состава и местоположение хвоста с точностью до последней занятой рельсовой цепи. Однако в целях обеспечения безопасности вводится дополнительная защитная рельсовая цепь (защитный участок), а также на перегонах используются достаточно короткие тональные рельсовые цепи без изостыков, которые имеют зону дополнительного шунтирования, что «размывает» точные границы рельсовых цепей. Это вызыва-

ет увеличение допустимого интервала попутного следования до хвоста впереди идущего поезда и, следовательно, уменьшение пропускной способности. Также при таком способе координатного регулирования за счет применения рельсовых цепей увеличиваются капитальные и эксплуатационные затраты.

Таким образом, способ координатного регулирования движения поездов на хвост впереди идущего поезда является более трудно реализуемым с точки зрения безопасности, но более приемлемым по требованиям пропускной способности и экономической эффективности.

Применение точечных приемо-передатчиков (ТПП) на основе RFID-технологий позволит повысить эффективность и безопасность обоих способов координатного регулирования движения поездов за счет следующих факторов.

1 Низкая надежность систем спутниковой навигации и недостаточная точность датчиков пути и скорости определяют необходимость комплексирования данных от нескольких источников информации для получения координат «головы» и «хвоста» подвижного состава. Вместе с этим значение оценки координаты надо корректировать поступающими практически безошибочными данными. В качестве таких данных можно использовать ТПП, расположенные на некотором приемлемом с точки зрения эффективности и экономичности расстоянии.

2 С помощью ТПП можно точно фиксировать границы тональных рельсовых цепей, что позволит повысить эффективность регулирования движения на занятую рельсовую цепь.

3 ТПП могут передавать на локомотив все известные характеристики пути, которые требуются для расчета тормозного пути (в том числе информацию о кривых участках пути, ограничениях скорости и т. д.).

4 Применение ТПП на станционных путях позволит определять на каком именно пути находится подвижной состав в настоящий момент.

5 Создание и применение достаточно простых и недорогих ТПП, которые расположены на пикетах через достаточно короткие расстояния, может позволить обновлять на локомотиве электронную карту во время поездки без применения цифрового радиоканала.

УДК 004.021

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ ОТКАЗОВ НА ОСНОВЕ ДОСТУПНОСТИ АДРЕСНЫХ ДАННЫХ

Б. В. СИВКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современные микропроцессорные устройства железнодорожной автоматики и телемеханики, входящие в состав систем обеспечения безопасности движения поездов (СОБД) относятся к системам, связанным с безопасностью (*safety-critical systems*, ССБ), и к ним предъявляются соответствующие требования. Для обеспечения надлежащего уровня безопасности задействуется множество взаимодополняющих методов и средств, которые должны, в частности, решать проблему обнаружения аппаратных отказов, и данное требование регламентируется стандартом ИЕС 61508.

Одним из способов обнаружения отказов микропроцессорных систем является метод обнаружения отказов на основе доступности адресных данных. При его применении происходит выбор некоторого множества адресов, зависящего от проверяемого множества отказов. Идея метода заключается в том, что при отказе один из адресов становится недоступным и это позволяет системе определить факт отказа, а далее перейти в безопасное состояние или запустить процедуры самовосстановления.

В докладе рассматривается два характерных примера применения данного метода: для обнаружения отказов программного счётчика и адресной шины.

Обнаружение отказов программного счётчика (первый пример) осложнено тем, что их проявление приводит к практически непредсказуемому поведению алгоритма. Более того, некоторые отказы приводят к остановке программы (например, константный отказ младшего бита регистра). Как следствие – проблема не может быть полностью решена только программными методами. В то же время программный счётчик выполняет функцию адресации, так как содержит адрес последующей выполняемой команды, которая хранится во внешней памяти. В докладе рассматривается система

обнаружения отказов для константных отказов всех бит регистра и отказов короткого замыкания для всех смежных бит регистра, что согласуется с требованиями стандартов EN 50129 и IEC 61508.

Также рассматривается выбор пары адресов A_1 и A_2 , по которым помещаются ключевые команды, реализующие переменный сигнал на внешнее устройство. Далее предлагается два варианта интеграции с существующим программным обеспечением, в контексте которых рассматривается применение метода на определённой архитектуре и особенности того или иного выбора.

Второй пример рассматривает обнаружение отказов адресной шины. По своим свойствам микропроцессорная шина отличается от регистра: у неё нет ячеек для хранения информации, но при этом доступны операции чтения и записи. Функционально шина соединяет элементы микропроцессора и служит для передачи данных между ними, и это взаимодействие можно использовать для обнаружения отказов шины. В то же время отказы адресной шины проявляют себя подобно отказам адресных ячеек памяти: если происходит константный отказ нуля младшего бита шины, то это приводит к постоянному чтению нуля с соответствующей цифровой линии. Поэтому из-за отказа будет происходить обращение к другой ячейке памяти.

Проверка адресной шины происходит в два этапа: инициализации и времени выполнения. На первом из них необходимо удостовериться, что адресная шина находится в рабочем состоянии и все адреса правильно отображаются. Например, это можно сделать по рассматриваемому методу согласно следующему алгоритму:

- 1) запись константы 0 во все ячейки заданного адресного диапазона;
- 2) для каждого адреса (т. е., N раз), один раз выполнить чтение значения по адресу и, если прочитан не 0, то адресная шина имеет отказ. Иначе записать единицу по рассматриваемому адресу;
- 3) если предыдущие действия не выявили отказов адресной шины, то она исправна.

Далее на втором этапе выбирается два адреса A_1 и A_2 по аналогичным принципам, как и в примере программного счётчика. Перед запуском основного цикла программы по этим адресам записывается некоторое значение K . В последующем во время основной работы программы данное значение сверяется при чтении по адресам A_1 и A_2 . В докладе дополнительно рассматриваются адаптации описанного метода для более приемлемых для разработчиков решений, так как не всегда программа может позволить не использовать число K , а также не всегда возможно разделить адресное пространство на три части с границами по адресам A_1 и A_2 .

На втором примере показывается, что метод обнаружения отказов на основе доступности адресных данных может использоваться для адресной шины микропроцессора, что метод адаптируем к прикладным потребностям разработчиков и верификаторов, может интегрироваться с другими методами и подходами, и также что он не зависит от микропроцессорной архитектуры.

Таким образом, в докладе рассматриваются характерные микропроцессорные адресные элементы: программный счётчик и адресная шина, отличающиеся от регистров общего назначения микропроцессоров. На их примере показано, что метод обнаружения отказов на основе доступности адресных данных может быть использован для множества устройств адресации совместно с другими методами обнаружения отказов.

Адресные элементы повсеместно входят в состав микропроцессорных систем и для СОБД подлежат обязательной верификации и проверке в реальном времени. Описанный метод и его примеры показывают, что он позволяет решать различные ключевые задачи обеспечения отказоустойчивости и безопасности микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики.

УДК 656.25

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

С. Н. ХАРЛАП

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время системы управления движением поездов активно оснащаются сложными технологическими комплексами и оборудованием с широким использованием информационных технологий. Важнейшей характеристикой таких систем является функциональная безопасность,

т. е. способность надежно и корректно выполнять заданные функции, обеспечивающие безопасное функционирование объектов контроля и управления.

В соответствии с действующими нормативными документами разработчик выполняет комплекс мероприятий по подтверждению количественных и качественных показателей безопасности функционирования в соответствии с заявленным уровнем обеспечения безопасности (по IEC 61508). Результатом выполнения этих мероприятий является документ «Доказательство безопасности», который подлежит обязательной экспертизе в аккредитованной лаборатории.

При анализе качественных и количественных требований безопасности проверяется их обоснованность и корректность декомпозиции структуры технических средств ЖАТ на подсистемы с учетом их влияния на безопасность. Затем выполняется анализ схемных решений и анализ видов и последствий отказов (FMEA – Failure Modes and Effects Analysis). Целью анализа является проверка того, что устройство при возникновении заданного класса отказов аппаратных средств не формирует сигналы управления и сигнализации, нарушающие условия безопасности движения поездов. Для сложных систем анализ проводится в виде моделирования.

Такой подход регламентирован международными (IEC 61508), европейскими (EN 50126, EN 50129), российскими и белорусскими нормативными документами. В данных нормативных документах определен следующий алгоритм анализа соответствия системы требованиям функциональной безопасности.

На первом этапе определяется перечень учитываемых неисправностей элементов, который формируется на основе соответствующих нормативных документов. Каждая неисправность из перечня последовательно вносится в схему, и выполняется анализ поведения системы по следующим критериям:

- нарушение условий безопасности классифицируется как опасный отказ;
- регистрация неисправности и блокировка системы классифицируется как защитный отказ;
- остальные случаи классифицируются как маскируемый отказ, допускающий накопление неисправностей и требующий дальнейшего анализа.

Выполняется расчет вероятности возникновения кратных неисправностей и, в случае, если эта вероятность больше допустимой, имитируются кратные неисправности (на практике двукратные неисправности имитируются всегда, трехкратные – только в случае накопления отказов или при возникновении зависимых отказов). Система соответствует требованиям функциональной безопасности, если в результате анализа не обнаружено ни одного опасного отказа, а вероятность возникновения кратных отказов, приводящих к опасным последствиям, не превышает нормативного значения.

Как видно из алгоритма, при проведении анализа необходимо вносить различные отказы в структуру устройства. Имитация отказов на реальном устройстве (например, переключками) затруднительна, так как этот способ очень затратен ввиду разрушающего характера испытаний. Поэтому одним из основных способов анализа является компьютерное моделирование. Моделирование функционирования аппаратных средств без программируемых элементов выполняется в среде моделирования PSpice.

В стандартном пакете PSpice внесение отказов в схему производится вручную. Большое количество элементов и большое число видов неисправностей для каждого элемента приводит к тому, что анализ занимает длительное время. Значительная часть работы имеет рутинный характер, что приводит к повышению вероятности человеческой ошибки.

В настоящее время в ИЛ БЭМС ТС разработаны средства автоматизации проведения испытаний в пакете PSpice. Данное ПО позволяет загрузить PSpice-модель исследуемой схемы и получить перечень элементов. Затем пользователь может выбрать элементы, отказы которых будут моделироваться, а также выбрать перечень моделируемых отказов для каждого типа элементов. Программное обеспечение поддерживает функции администрирования базы данных отказов. В базе данных хранятся сведения о видах отказах применительно к каждому элементу электронной схемы, а также способ имитации каждого отказа. После запуска на моделирование программное обеспечение вносит отказы в PSpice-модель схемы и запускает COM-сервер PSpice. Результаты моделирования сохраняются в отдельной папке на диске. Разработанное ПО позволяет значительно сократить сроки проведения имитационных испытаний и повысить их достоверность.

Однако PSpice не позволяет вносить неисправности в программируемые элементы, такие как микроконтроллеры, микросхемы памяти, программируемые таймеры, порты ввода-вывода. Существующие средства отладки также не позволяют это выполнить. Поэтому реализация этих требова-

ний возможна только с помощью специализированных систем моделирования, разрабатываемых конкретно под поставленные задачи.

Одним из таких средств является комплекс аппаратно-программных средств для проведения имитационных испытаний на функциональную безопасность микроэлектронных и микропроцессорных систем управления ответственными технологическими процессами (КИИБ), разработанный в научно-исследовательской и испытательной лаборатории «Безопасность и ЭМС технических средств» Белорусского государственного университета транспорта. Комплекс предназначен для проведения имитационных испытаний на функциональную безопасность микропроцессорных систем управления ответственными технологическими процессами.

Комплекс позволяет выявить на стадии разработки и испытаний программно-технических средств на базе микроконтроллеров наличие аппаратных и программных компонентов, отказы и сбои которых могут нарушить функциональную безопасность системы.

Особенностью данного комплекса является имитация отказов в программной модели, полностью реализующей поведение микроконтроллера, и анализ работы неисправного микроконтроллера с загруженным в него программным обеспечением, которое будет использоваться в процессе эксплуатации.

После выполнения анализа FMEA выполняется расчет показателей безопасности, в частности интенсивности опасных отказов. Для расчета в основном применяется метод анализа дерева отказов (FTA – Fault Tree Analysis). Идея метода состоит в разложении событий, связанных с отказами (опасными отказами) системы, на элементарные события, связанные с отказами элементов или подсистем, с учётом причинно-следственных связей между событиями, полученными в результате анализа FMEA. В дальнейшем, на основе дерева отказов с помощью вероятностных методов определяются основные показатели безопасности. Полученные результаты сравниваются с предельными значениями, определяемыми нормативными документами.

Представленные выше методы и средства успешно использовались в научно-исследовательской лаборатории «БЭМС ТС» при проведении оценки устройств и систем, разработанных различными организациями.

Обзор представленных методов и средств оценки безопасности микроэлектронных схем на безопасность позволяет сделать следующие выводы:

- ввиду высокой сложности микроэлектронных схем, значительного объема выполняемых расчетов и моделирования анализ должен проводиться с привлечением различных средств автоматизации;
- из-за большого разнообразия испытываемых систем анализ выполняется по методикам, разрабатываемым для каждого типа систем индивидуально.

Поэтому использование стандартных пакетов программ для анализа на безопасность затруднено. Специфика выполнения работ по экспертизе и испытаниям требует от методов и средств автоматизации высокой гибкости, достоверности полученных результатов, автоматизации рутинных операций, документированности процесса испытаний, воспроизводимости результатов. Все эти требования можно удовлетворить только разработкой собственных специализированных программных средств, таких как КИИБ или аналогичных программных продуктов.

УДК 656.25

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ В PSpice

А. Д. ЧАРУШНИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Устройства железнодорожной автоматики и телемеханики относятся к системам, критичным к безопасности. Одним из обязательных требований при использовании микроконтроллеров в данных системах является анализ их поведения при возникновении отказов.

Отказом называется событие, нарушающее работоспособность системы, когда хотя бы один из параметров, определяющих способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям документации.

Существует следующая классификация отказов:

- по влиянию на безопасность: защитные, опасные, маскируемые (могут быть обнаруживаемые и не обнаруживаемые);
- проявлению: внезапные, постепенные;
- последствиям: критические (могут создать опасность для человека), не критические.
- зависимости: зависимые, независимые, по общей причине;
- значению: константные, с непостоянным значением.

Целью имитационных испытаний на безопасность функционирования является подтверждение того, что испытываемое устройство или система при возникновении заданного класса неисправностей аппаратных и программных средств, отказах внешних датчиков и неправильных действиях человека-оператора не формирует сигналы управления, нарушающие условия безопасности движения поездов. Выполнить такой анализ другими средствами, в том числе во время лабораторных и эксплуатационных испытаний, не представляется возможным из-за значительных материальных и временных затрат на имитацию отказов и их устранение.

Общее количество неисправностей велико и составляет сотни отказов. Такое количество отказов приводит к значительным временным затратам при моделировании различных схем. Поэтому целесообразно разработать программный продукт, который автоматически будет проводить имитационные испытания на функциональную безопасность микросхем.

Имитационные испытания проходят в несколько этапов. Составляется план испытаний, включающий всё множество проверяемых технологических алгоритмов. Для каждого технологического алгоритма определяются исходные технологические ситуации (состояния всех элементов системы и внешних датчиков) и последовательность внешних воздействий (действий операторов и изменений состояний датчиков), позволяющая однозначно проверить правильность выполнения данного алгоритма. Последовательно моделируются технологические ситуации и внешние воздействия.

Первым действием программного обеспечения является считывание файлов конфигурации. Это необходимо для анализа схемы, элементов, используемых в схеме, и их библиотек.

После считывания файлов конфигурации в соответствующем окне программы появляется список всех элементов, используемых в схеме. Из этого списка выбираем элементы, в которых необходимо имитировать отказ.

Следующим шагом является выбор отказов для выбранных элементов. Весь список отказов для этих элементов хранится в базе данных.

В базе данных существует четыре метода отказов: последовательное подключение резистора (имитация обрыва), параллельное подключение резистора (имитация короткого замыкания), параллельно-последовательное, изменение параметров модели. Для четвертого метода отказов (изменение параметров модели) необходимо знать путь к библиотеке элементов, т. е. к файлу *.LIB. В файле *.LIB содержатся все параметры интересующего нас элемента.

Когда все действия выполнены, ПО предусматривает подключение к PSpice через COM-сервер. После моделирования отказа в PSpice результат копируется и сохраняется в файле *.CSD.

Каждый отказ моделируется по определенному заранее методу. Метод моделирования отображается при выборе отказа в графе «Метод моделирования отказа».

Если методом моделирования отказа является «Последовательное включение резистора», то данные отказа заполняются в таблице «Последовательное включение элемента», в которой указаны узел элемента и подключаемый к этому узлу резистор с определенным значением.

Если отказу соответствует метод «Параллельное включение резистора», то данные об отказе заполняются в таблице «Параллельное включение элемента», в которой указываются два узла элемента, к которым подключается резистор с определенным значением.

В методе «Последовательное и параллельное включение резисторов» заполняются обе таблицы по такому же принципу.

Четвертым методом моделирования отказа является «Изменение параметров модели». Если отказ моделируется по этому методу, то данные об отказе находятся в таблице «Параметры модели». В этой таблице указаны параметры элемента и их значение, которые необходимо изменить.

Далее пользователю нужно задать интервал времени, на котором будет производиться поиск отказов по заданным критериям. В выпадающем списке уже имеется ряд интервалов, которые были созданы для данной схемы, но при желании пользователь может создать новый или изменить существующий. Далее задание критериев будет производиться для заданного интервала.

Если пользователь выбрал нужный интервал, он может приступить к заданию критериев отказов на данном интервале. Не имеет значения, критерии какого типа отказов задаются в начале, но очень важно, чтобы пользователь соблюдал последовательность задания критериев отказов для каждого отдельного интервала.

Далее пользователю необходимо выбрать первый сигнал из выпадающего списка, после чего ему станет доступен список условий, которые он может задать для данного сигнала.

Программа в автоматическом режиме сканирует все каталоги с отказами и находит в них файлы с расширением *.csd. После нахождения файла программа начинает парсить, в результате чего создается объект класса Node с парами значений «Время – Значение сигнала в этот момент времени». После этого программа пробегает по всем временным отсчетам в первом из указанных в программе интервалов и сравнивает значения сигнала в данный момент времени со значением переменной, если при задании условия была задана переменная, или со значением второго сигнала в этот же момент времени, если при задании критериев был сигнал в качестве второй переменной. В случае, когда после анализа интервала не было выполнено условие для обнаружения отказа, то берется следующий критерий и анализируется таким же образом. В случае обнаружения отказа проверка данного интервала для заданного интервала останавливается и происходит проверка следующего критерия для данного интервала, если таковой имеется. Если больше не имеется критериев, связанных с заданным по фактору «И», то делается заключение о том, что на заданном интервале обнаружен заданный отказ.

После проверки всех критериев на заданном интервале программа переходит к анализу следующего интервала. Анализ всех последующих интервалов происходит по такому же принципу.

Анализ отказов происходит в определенной последовательности: первыми проверяются критерии опасного отказа, затем защитного отказа и в конце – необнаруживаемого отказа. Таким образом, в случае, если был обнаружен опасный отказ, то проверка в остальных отказах уже не нужна, поскольку система уже не прошла испытания на безопасность на заданном интервале.

После проверки всех критериев на всех интервалах программа создает протокол испытаний, заполняемый всей информацией, для генерации которой не нужно участие пользователя.

УДК 656.2.08

ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

К. Э. ЧЕРКАСОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одной из наиболее важных проблем железнодорожного транспорта является обеспечение безопасности. Из-за нарушений системы безопасности создается угроза или ущерб жизни и здоровью людей, наносится вред окружающей среде, утрачиваются грузы и другие значительные материальные ценности. Статистика транспортных происшествий показывает, что наиболее частой их причиной являются действия человека. Для снижения влияния человеческого фактора можно использовать систему поддержки принятия решений.

Система поддержки принятия решений – это автоматизированная компьютерная система, которая путем сбора и анализа большого количества информации может влиять на процесс принятия решений человеком, и даёт различные рекомендации в сложных ситуациях. Данная технология широко применяется в разных сферах деятельности, таких как машиностроение, транспорт, авиация, военная промышленность, бизнес, медицина, энергетика и многие другие. Использование системы поддержки принятия решений при организации движения поездов позволило бы значительно снизить риск принятия неправильного решения оперативным персоналом в критических ситуациях.

Стандартная система поддержки принятия решений состоит из четырех ключевых компонентов:

- 1) базы данных, которая содержит информацию об объекте;
- 2) базы знаний, которая содержит знания специалистов в соответствующей предметной области;

- 3) модели, которая определяет принципы анализа и обработки данных;
- 4) пользовательского интерфейса, который позволяет человеку взаимодействовать с программой.

С технической точки зрения основной задачей системы поддержки принятия решений является взаимодействие пользователя с информацией, хранящейся в базе данных. В связи с этим важным звеном при построении базы данных является выбор эффективной логической структуры для хранения информации. Неоднозначность выбора структуры хранения информации для системы поддержки принятия решений заключается в том, что методы обработки информации зависят от выбранной модели и могут значительно отличаться в зависимости от выполняемых задач. Для железнодорожного транспорта характерны повышенные требования к безопасности и надежности устройств, из-за чего применение уже существующих технологических решений, используемых в других сферах, не представляется возможным. С учетом данной специфики можно сформулировать следующие принципы реализации баз данных и баз знаний:

- 1) модульное построение – для разделения информации по предметным областям и отдельным компонентам системы;
- 2) быстрое внесение изменений при необходимости – для адаптации базы данных под изменения системы;
- 3) чтение файлов в общепринятых форматах – для упрощения процесса внесения новой информации;
- 4) хранение исторических данных – для анализа работы системы;
- 5) резервное копирование – для восстановления данных в случае их повреждения или разрушения.

Предлагаемая структура и принципы построения баз данных и баз знаний позволят повысить безопасность движения поездов при возникновении нештатных ситуаций и необходимости реагирования на них оперативного персонала с системой поддержки принятия решений.

УДК 656.25

ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

В. И. ШАМАНОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Одной из основных целей проведения работ по оценке электромагнитной обстановки (ЭМО) на электрифицированных железных дорогах является определение причин неустойчивой работы на конкретном участке рельсовых цепей (РЦ) и/или автоматической локомотивной сигнализации (АЛС). Процесс возникновения электромагнитных помех в РЦ и АЛС многофакторный, а причины возникновения многочисленны и часто взаимосвязаны. Поэтому процесс выявления причин повышенной интенсивности отказов АЛС и/или РЦ относительно сложен и трудно формализуем [1].

Наиболее сложна ЭМО на участках с электротягой переменного тока, где уровни гармонических помех от тягового тока на аппаратуру РЦ и АЛС значительно выше, чем на участках с электротягой постоянного тока. Полное описание ЭМО в условиях эксплуатации технического средства невозможно и не требуется, поэтому описание ограничивается некоторыми характеристиками этой обстановки [2, 3]. Часть аспектов окружающей ЭМО при этом игнорируется, если информация о них отсутствует или потому, что принятие их во внимание сделало бы описание слишком сложным для практического использования.

Основной причиной появления асимметрии тягового тока является возникновение асимметрии сопротивлений рельсовых нитей рельсовых линий из-за неодинакового и несимметричного выхода из поля допуска под действием деградиационных процессов величин электрических сопротивлений токопроводящих и/или изолирующих элементов в этих нитях [3].

Величина сопротивления токопроводящих элементов рельсовой линии зависит от величин \dot{I}_T , \dot{I}_B и частот ω_T , ω_B гармоник соответственно тягового тока или тока во влияющих высоковольтных линиях электроснабжения, а также от температуры элементов T . На величину сопротивления электро-

изолирующих элементов действуют температура T и абсолютная влажность f_b . Сопротивления элементов меняются из-за действия деградиционных процессов по мере увеличения времени эксплуатации рельсовой линии после капитального ремонта пути t_3 .

Часть продольного сопротивления элементов рельсовых нитей не зависит от времени её эксплуатации. Например, для однопутной автоблокировки, когда на 1 км рельсовой линии уложено 40 рельсовых звеньев, это сопротивление с учетом влияющих факторов

$$\begin{aligned} \bar{Z}_{\text{рн}}(T, \dot{I}_T, \omega_T) = z_p(T, \dot{I}_T, \omega_T) l_{\text{рц}} + [Z_{\text{н}}(T, \dot{I}_T, \omega_T) + Z_{\text{сц}}(T, \omega)] l_{\text{рц}} / 25 + \\ + [2Z_{\text{дп}}(T, \omega_T) + 0,5Z_{\text{дт}}(T, \omega_T) / l_{\text{рц}}], \end{aligned} \quad (1)$$

где $z_p(T, \dot{I}_T, \omega_T)$ – удельное сопротивление сплошных рельсов, Ом/км; $l_{\text{рц}}$ – длина РЦ, км; $Z_{\text{н}}(T, \dot{I}_T, \omega_T)$, $Z_{\text{сц}}(T, \omega)$ – сопротивления соответственно рельсовых накладок и проводов рельсовых стыковых соединителей, Ом; $Z_{\text{дп}}(T, \omega_T)$ – сопротивления тросов у дроссельных перемычек, Ом; $Z_{\text{дт}}(T, \omega_T)$ – сопротивление основной обмотки ДТ, Ом.

Асимметрия сопротивлений рельсовых нитей k_{AZ} рельсовой линии, приводящая к появлению асимметрии тягового тока k_{AI} и помех в аппаратуре РЦ, в случаях, когда утечками тягового тока из рельсов в землю можно пренебречь, может быть найдена по формуле

$$k_{AZ} = k_{AI} = |Z_{\text{рн1}} - Z_{\text{рн2}}| / (Z_{\text{рн1}} + Z_{\text{рн2}}). \quad (2)$$

При расчетах асимметрии сопротивлений рельсовых нитей необходимо учитывать их взаимную индуктивность [4] и то, что неодинаковость изменения сопротивлений элементов по длине рельсовых нитей может в определенной степени приводить к взаимной компенсации влияния этих изменений на асимметрию сопротивлений рельсовых нитей. Числитель формулы (2) с учетом взаимных индуктивностей и действующих факторов

$$|Z_{\text{рн1}} - Z_{\text{рн2}}| = \left| \frac{\Delta R_{\text{пн}}(f_b, t_3) \pm \Delta R_{\text{псц}}(t_3) \pm \Delta R_{\text{пдп}}(t_3) \pm \Delta R_{\text{ис}}(f_b, t_3) +}{+ \left(\frac{\dot{I}_{1T}}{\dot{I}_{2T}} - \frac{\dot{I}_{2T}}{\dot{I}_{1T}} \right) z_{\text{M12}}(\omega_T) l_{\text{рц}} + \frac{\dot{I}_B z_{\text{M2B}}(\omega_B)}{\dot{I}_{2T}} - \frac{\dot{I}_B z_{\text{M1B}}(\omega_B)}{\dot{I}_{1T}}} \right|, \quad (3)$$

где $\Delta R_{\text{пн}}(f_b, t_3)$, $\Delta R_{\text{псц}}(t_3)$, $\Delta R_{\text{пдп}}(t_3)$, $\Delta R_{\text{ис}}(f_b, t_3)$ – разности переходных сопротивлений соответственно в накладках, в дроссельных перемычках, в рельсовых стыковых соединителях и разность сопротивлений изолирующих стыков, величины которых растут по мере увеличения времени эксплуатации рельсовых нитей t_3 ; $z_{\text{M12}}(\omega_T)$ – удельное сопротивление взаимной индуктивности между рельсовыми нитями; $z_{\text{M1B}}(\omega_B)$, $z_{\text{M2B}}(\omega_B)$ – удельные сопротивления взаимной индуктивности первой и второй рельсовых нитей с высоковольтной линией электроснабжения (ЛЭП); \dot{I}_{1T} , \dot{I}_{2T} – тяговые токи в первой и второй рельсовых нитях; \dot{I}_B – эквивалентный ток в многопроводной ЛЭП.

Знаменатель формулы (2)

$$Z_{\text{рн1}} + Z_{\text{рн2}} = \left| \bar{Z}_{\text{рн1}}(T, \dot{I}_{T1}, \omega_T) + \bar{Z}_{\text{рн2}}(T, \dot{I}_{T2}, \omega_T) + \Delta R_{\text{пн}}(f_b, t_3) + \Delta R_{\text{псц}}(t_3) + \Delta R_{\text{пдп}}(t_3) + \right. \\ \left. + \Delta R_{\text{ис}}(f_b, t_3) + \left(\frac{\dot{I}_{1T}}{\dot{I}_{2T}} + \frac{\dot{I}_{2T}}{\dot{I}_{1T}} \right) z_{\text{M12}}(\omega_T) l_{\text{рц}} + \frac{\dot{I}_B z_{\text{M2B}}(\omega_B)}{\dot{I}_{2T}} + \frac{\dot{I}_B z_{\text{M1B}}(\omega_B)}{\dot{I}_{1T}} \right|. \quad (4)$$

Из формулы (3) видно, что разность сопротивлений рельсовых нитей зависит не только от времени эксплуатации, но и от влажности изолирующих стыков и переходов в рельсовых накладках, а также от соотношения токов в каждой рельсовой нити с токами в другой рельсовой нити и с током во влияющей ЛЭП.

Из формулы (4) видно, что при неизменной разности сопротивлений рельсовых нитей их асимметрия может заметно меняться при изменении температуры рельсов, величины или частоты тягового тока. Их увеличение приводит к уменьшению асимметрии сопротивлений рельсовых нитей и асимметрии тягового тока в них. Поэтому рост тяговых токов при движении тяжеловесных поездов

или в зонах возле тяговых подстанций не приводит к пропорциональному росту интенсивности сбоев в работе РЦ или АЛС. Уменьшение температуры окружающей среды вызывает рост интенсивности этих сбоев. Колебания этой температуры приводят к сезонным изменениям ЭМО.

На двухпутных или многопутных перегонах, а также на станциях величина асимметрии тяговых токов в рельсовых линиях зависит ещё и от величины токов во влияющих электрических линиях – в рельсовых нитях соседних рельсовых линий и их контактных проводах. Этим объясняются перекрытия светофоров на запрещающие показания перед поездом при движении тяжеловесного поезда по соседнему пути или при разгоне грузового поезда на нём [5].

В летнее время переменный тяговый ток интенсивно стекает из рельсов в землю, отчего величина переменного тягового тока по длине рельсовой нити изменяется в зависимости от соотношения продольного и поперечного сопротивлений рельсовой нити в конкретной её точке. В результате меняется влияние взаимной индуктивности на сопротивление рельсовых нитей по их длине.

Деградационные процессы в токопроводящих и изолирующих элементах рельсовых нитей вызывают увеличение интенсивности сбоев РЦ и АЛС по мере роста сроков эксплуатации пути после капитального ремонта. Повышение интенсивности сбоев РЦ и АЛС в летний период может быть связано с ухудшением электроизолирующих свойств искровых промежутков в цепях заземления различных конструкций, подключаемых к рельсам, а также ухудшением состояния электроизолирующих элементов железобетонных шпал.

Таким образом, при электротяге переменного тока ЭМО может быстро и существенно меняться при изменениях величины и частотного состава тяговых токов в своей и в соседних рельсовых линиях, а также при резком изменении температуры окружающей среды. Медленные изменения ЭМО вызываются изменениями влажности окружающей среды и сезонными изменениями её температуры. Постепенное ухудшение ЭМО после капитального ремонта пути вызывается деградационными процессами в токопроводящих и изолирующих элементах рельсовых линий.

Список литературы

- 1 Шаманов, В. И. Электромагнитная совместимость систем железнодорожной автоматики и телемеханики / В. И. Шаманов. – М. : УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. – 244 с.
- 2 Bestem'yanov, P. F. On statistical models of the amplitude and the duration of pulsed electromagnetic interference in automatic-control and telemechanics channels of subway lines / P. F. Bestem'yanov, I. G. Gorlin // Russian Electrical Engineering. – 2016. – Vol. 87. – No. 9. – P. 493–497.
- 3 Шаманов, В. И. Процесс формирования асимметрии тягового тока в рельсовой линии / В. И. Шаманов // Электротехника. – 2014. – № 8. – С. 34–37.
- 4 Shamanov, V. I. Magnetic properties of rails and the noise level in the hardware of railway automation and remote control / V. I. Shamanov // Russian Electrical Engineering. – 2015. – Vol. 86. – No. 8. – P. 509–512.
- 5 Shamanov, V. I. Alternating Traction Current Dynamics in Track Lines on Double-Track Hauls / V. I. Shamanov // Russian Electrical Engineering. – 2016. – Vol. 87. – No. 10. – P. 566–571.

УДК 656.21

РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ЗИП

Д. Н. ШЕВЧЕНКО, Е. В. БУЁНОК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время при эксплуатации СЖАТ намечается переход к управлению надежностью и безопасностью на всех этапах жизненного цикла. На Российских железных дорогах с 2010 года активно внедряется методология управления ресурсами и рисками на основе анализа надежности (УРРАН), которая наряду с традиционным подходом RAMS (безотказность, готовность, ремонтоспригодность, безопасность) учитывает долговечность СЖАТ и экономические факторы. Вместе с тем этап жизненного цикла, связанный с эксплуатацией существующих СЖАТ и расчетом ЗИП, по соотношению «надежность/стоимость» до сих пор не оптимизирован.

Эксплуатационный запас предназначен для обеспечения бесперебойной работы станционных СЖАТ в случае отказа их элементов. Объем эксплуатационного запаса регламентируется двумя отраслевыми стандартами и в основном предусматривает декларативное задание с учетом интуиции и

опыта руководителя. Для микропроцессорных СЖАТ предусматривается необоснованный запас в 10 % от количества аппаратуры в эксплуатации.

Однако методы теории массового обслуживания и теории надежности позволяют определить оптимальное количество аппаратуры каждого типа с учетом: количества эксплуатируемой аппаратуры; интенсивности ее отказов; оперативности восполнения запаса; заданной вероятности отсутствия ЗИП. В частности, для решения поставленной задачи предлагается использовать модель одноканальной марковской системы массового обслуживания с ограниченной очередью $M/M/1/(X-1)$, где «интенсивность входящего потока» $\lambda = \lambda_1 N$ – общая интенсивность отказов совокупности N однотипной эксплуатируемой аппаратуры с интенсивностью отказов λ_1 , «интенсивность обслуживания» μ – интенсивность восполнения запаса, X – искомое минимальное количество запасной аппаратуры, обеспечивающее вероятность «отказа в обслуживании» не выше требуемого значения P_0 .

Поскольку интенсивность отказов аппаратуры λ_1 существующими информационными системами не предоставляется, то ее значение косвенно может определяться на основе периодичности проверки аппаратуры. Вероятность P_0 отсутствия ЗИП каждого типа предлагается устанавливать на таком уровне, чтобы влияние фактора «нехватка ЗИП» на надежность СЖАТ или аппаратуры конкретного типа в составе станционной СЖАТ было пренебрежимо мало (на уровне 5 %) по сравнению с влиянием фактора «отказ аппаратуры».

Инициативная апробация предлагаемой вероятностной методики проводилась для 9 наиболее распространенных типов релейной аппаратуры (НМШ2-4000, НМШ1-1440, АШ2-1440 и др.) на примере Минской дистанции сигнализации и связи (ШЧ-1) Белорусской железной дороги по данным информационной системы АСУ Ш и показала следующие результаты.

Существующее количество ЗИП рассматриваемой аппаратуры на станциях зачастую не оптимально. В редких случаях фактическое количество ЗИП занижено, что существенно снижает коэффициент готовности СЖАТ. В большинстве случаев фактическое количество ЗИП завышено по сравнению с оптимальным значением. Данную аппаратуру можно перераспределять между станциями, а также высвободить из запаса, заменяя ею устройства, которые выработали свой ресурс (вместо вновь закупаемой аппаратуры). В целом по каждому типу аппаратуры в масштабах ШЧ существует возможность сокращения эксплуатационного запаса.

Экономический эффект от сокращения аппаратуры в эксплуатационном запасе железнодорожных станций состоит из единовременной и ежегодной составляющих. Единовременный экономический эффект достигается за счет отказа от закупки новой аппаратуры, а ежегодный – за счет сокращения амортизационных отчислений и сокращения затрат на периодическое обслуживание аппаратуры в РТУ СЦБ.

Внедрение вероятностной методики оптимизации ЗИП только для 9 рассматриваемых типов аппаратуры в масштабах ШЧ-1 даст экономический эффект, превышающий 25 тыс. рублей единовременно и 1,5 тыс. рублей ежегодно. Но главное, что внедрение данной методики позволяет повысить коэффициент готовности СЖАТ за счет нормализации объемов ЗИП на станциях, где он был недостаточным. Предлагаемый вероятностный подход позволяет в целом сократить стоимость жизненного цикла СЖАТ на этапе эксплуатации и рекомендуется к внедрению в отраслевые стандарты и информационную систему управления хозяйством сигнализации и связи АСУ Ш.

УДК 621.396: 621.371: 625.42

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАДИОСИСТЕМ МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В. Г. ШЕВЧУК, В. В. ЛЕВТРИНСКИЙ, И. О. ЖИГАЛИН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Первая линия метрополитена в мире была построена в Лондоне. Идея создания метро принадлежит лондонцу Чарльзу Пирсону [Charles Pearson (04.10.1793–14.09.1862)], который представил свой проект Королевской комиссии железных дорог. Это произошло в 1846 г. Строительство метро началось в Лондоне в 1860 г., тогда на Euston Square был прорыт первый туннель. Открыта первая линия метрополитена была 10 января 1863 г. Длина её составляла 3,6 км [2]. Через пять лет откры-

лась кольцевая линия. Первые вагоны лондонского метро были лишены окон: их конструкторы посчитали, что смотреть под землей все равно не на что. Затем в лондонских метропоездах появились вагоны первого, второго и третьего классов. Первой электрифицированной веткой метрополитена стала City, открытая в Лондонском метро в 1890 г. Использование электричества было не единственным революционным шагом в развитии метрополитена. Еще одним новшеством стало появление в 1911 г. эскалаторов, решивших проблему значительных очередей у входа в метро и заменивших собой менее удобные и с меньшей пропускной способностью лифты.

На сегодня метрополитены есть более чем в 50 странах мира, в которых действуют 167 метрополитенов, из них 3 надземных: в Сиднее, Мельбурне (Австралия) и Мекке (Саудовская Аравия). Строятся 23 метрополитена: Хошимин, Ханой, Тель-Авив, Гонолулу (США), Эль-Рияд (Саудовская Аравия), Челябинск (ввод в 2019 г.), Омск и Красноярск (строительство приостановлено), 6 – в Индии, а также в Индонезии, Катаре, Монголии, ОАЭ, Пакистане, Сирии (строительство приостановлено из-за войны на территории страны) и др. Спроектировано еще 18 метрополитенов: 10 – в Индии, 3 – в Бразилии, 2 – в Саудовской Аравии (Джидда, Медина), Кувейте (Эль-Кувейт), Пакистане (Карачи), Алжире (Орлан) [2].

Ежедневно в мире 155 млн человек пользуются услугами метрополитена. Это в 34 раза превышает количество авиапассажиров [2].

Официальное открытие метро в Минске состоялось 30 июня 1984 г. Минский метрополитен является четвёртым по величине пассажиропотока в СНГ, девятым по хронологии открытия метрополитеном постсоветского пространства и единственным метрополитеном в Беларуси.

По протяженности линий Минский метрополитен в настоящее время занимает 74-е место в мире. По числу линий находится на 66–86-м месте (вместе с метрополитенами Майями, Чэнду, Рио-де-Жанейро, Бангалора, Баку, Шэньяна, Монтеррея, Гвадалахары, Багдада, Филадельфии, Варшавы, Софии, Санто-Доминго, Медельина, Тэгу, Иокогамы, Новосибирска, Нижнего Новгорода, Марселя и Ливерпуля). По количеству станций – на 77–80-м месте (Харьков, Гвадалахара, Инчхон). А по средней загруженности одной станции – на 8-м месте.

Минское метро использует ту же ширину железнодорожной колеи, что и на Белорусской железной дороге – 1520 мм. Для подачи тока используется третий (контактный) рельс; напряжение на нём составляет в среднем 750 В (на шинах подстанций – 825 В). В утренний час пик на обеих линиях работает по 30 пар поездов. Средняя техническая скорость поездов составляет 50,5 км/ч (самая большая среди метрополитенов стран СНГ), средняя эксплуатационная – 40,8 км/ч (2-е место в СНГ) [3]. В 1.30 напряжение с контактного рельса снимается и на линию из депо выходят хозяйственные поезда на мотовозной тяге.

В СССР первые попытки осуществления поездной радиосвязи (ПРС) в метрополитене относятся к 1952 г. Первоначально для связи с поездами использовался токонесущий рельс, к которому подключались стационарные и возимые радиостанции. Рабочая частота связи была примерно равна 100 кГц. Возимые радиостанции подключались при помощи токоприёмника. Такой способ передачи не позволял обеспечить необходимую дальность и требуемое качество связи: большой уровень помех; большое число тяговых подстанций, вносящих затухание; нарушение радиосвязи в аварийных ситуациях, когда необходимо отключение подвижного состава от токонесущего рельса; дальность не превышала 1,5 км. ЦНИИ МПС предложил передавать электромагнитную энергию в канале радиосвязи вдоль туннеля при помощи специально подвешиваемой направляющей линии (волновода). В настоящее время в основном используют однопроводный волновод.

ПРС в метро работает на частоте 2,444 МГц (1 канал) и 2,464 МГц (2 канал). На парковых путях применяется маневровая радиосвязь с машинистами составов (локомотивов). Радиостанции применяются такие же, как на железной дороге (РС-46МЦ). Симплексная система ПРС на этих радиочастотах не позволяет осуществлять передачу данных.

Задачи, которые необходимо решать сегодня системами радиосвязи и передачи данных в метро:

- технологическая радиосвязь (поездная, маневровая, диспетчерская);
- интервальное регулирование движением метropоездов;
- контроль местонахождения метropоездов;
- видеонаблюдение на входах, эскалаторах, станциях и в вагонах метropоездов;
- оповещение персонала и пассажиров метрополитена о ЧС;
- передача тревожной информации;

– обеспечение взаимодействия спасательных и специальных служб в условиях ЧС (аварийные бригады метрополитена, подразделения МЧС, противопожарные службы, милиция, бригады скорой медицинской помощи);

– обеспечение доступа Wi-Fi на станциях и в вагонах метрополитена на перегонах и др.

Помещения в метрополитене находятся на разных уровнях: как на поверхности земли, так и под землей. При строительстве помещений метрополитена применены железобетонные конструкции и изделия, которые оказывают существенное влияние на условия распространения энергии радиоволн и значения напряженности электромагнитного поля в точках приема радиосигнала. Поэтому работа систем радиосвязи в туннелях и других подземных сооружениях метро отличается рядом особенностей: сильные затухания радиоволн в железобетоне и в горных породах, используемых для отделки помещений станций; многолучевое распространение радиосигнала за счет отражений и переотражений от различных граничных поверхностей и др. Использование высоких радиочастот понижает предельное расстояние между передающей и приемной антеннами [1].

При организации современных радиосистем в наиболее развитых в техническом плане метро (Нью-Йорка, Москвы, Санкт-Петербурга) от базовой станции, работающей в стандарте 2G/3G, вдоль туннеля прокладывают триаксиальный излучающий кабель, функционирующий как непрерывная территориально распределенная приемопередающая антенна. При этом осуществляется контролируемое радиочастотное излучение, что обеспечивает покрытие вагонов GSM/UMTS-сигналом на всём протяжении пути. Триаксиальный кабель представляет собой модернизированный щелевой излучатель [4]. По сути, это коаксиальный кабель с рабочими частотами 800–2700 МГц и с отверстиями, на которые накручиваются дипольные антенны (так называемые «гвозди»). Устанавливаемый в вагоне мобильный маршрутизатор преобразует полученный сотовый сигнал (3G/EDGE/GPRS) в стандарт Wi-Fi (802.11b/g) и раздаёт интернет-трафик для абонентских устройств внутри вагонов метропоезда. И обратно зарегистрированные в сети пассажиры передают информацию со своих гаджетов на точку доступа Wi-Fi. С неё происходит передача трафика с помощью 3G-модема в сеть Интернет через мобильную сеть.

Компьютерное моделирование с применением программы MMANA-GAL и программного пакета LabView показало, что, изменяя интервалы установки дипольных антенн вдоль триаксиального кабеля, можно обеспечить бесшовный роуминг для абонентских устройств на всём протяжении пути метропоезда в туннеле.

Совмещенная антенно-фидерная система (TETRA/GSM/UMTS) на основе триаксиального кабеля *pi*-TRACK TRC-1250-FR позволяет организовать работу одновременно нескольких систем подвижной радиосвязи (стандарты TETRA, NMT-450, GSM, UMTS, CDMA2000/EV-DO, LTE, семейства протоколов 802.11/16, а также любых аналоговых систем подвижной радиосвязи).

Список литературы

1 Турупалов, В. В. Исследование процесса распространения радиоволн в телекоммуникационных сетях специального назначения / В. В. Турупалов, И. А. Молоковский, Р. Ш. Абрамов // Наукові праці ДонНТУ. Сер.: обчислювальна техніка та автоматизація. – № 2 (25). – 2013 – С. 144–151.

2 Метрополитен [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ru.science.wikia.com> <https://www.minsk-metro.net>. – Дата доступа : 13.08.2018.

3 Минский метрополитен: интересные цифры, факты, сравнения, будущее [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://metropoliten.by>. – Дата доступа : 13.08.2018.

4 Триаксиальный радиоизлучающий кабель позволяет улучшить связь в подземных туннелях и метро [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.timesmicrowave.com>. – Дата доступа : 21.08.2018.

4 РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 656.2:502.3

РАСЧЕТНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «НДВ-ВЫБРОСЫ» ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

М. В. АНДРЕЙЧИКОВ, О. В. ГОРБАЧЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. А. ЯКОБСОН

Белорусская железная дорога, г. Жлобин

При разработке актов инвентаризации и проектов нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух источниками промышленных предприятий используется большое количество расчетных методик по определению выбросов загрязняющих веществ от различных технологических процессов. Большой объем обрабатываемой информации требует соответствующего технического и программного оснащения. Для автоматизации расчетов и, как следствие, сокращения времени выполнения работ разработан пакет специализированных программ «НДВ-Выбросы», в который входят программы по расчету выбросов от объектов предприятий нефтехимической отрасли, котельных на твердом, жидком и газообразном топливе, участков сварки, наплавки и газовой резки металлов, участков, на которых выполняются работы по нанесению лакокрасочных покрытий, основных специализированных участков железнодорожных предприятий. Данные программы учитывают положения существующих технических нормативных правовых актов по расчету выбросов и реализованы на базе табличного процессора «*Microsoft Excel*».

Остановимся подробно на наиболее крупном расчетном модуле программного комплекса «НДВ-Выбросы». Одним из наиболее трудоемких для расчета выбросов технологическим процессом является расчет выбросов от котельных установок. В настоящее время для данного расчета разработчику акта инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух необходимо воспользоваться сразу несколькими техническими кодексами установившейся практики: по определению выбросов при сжигании топлива в котлах, правилами расчета выбросов тяжелых металлов, правилами расчета выбросов стойких органических загрязнителей (ТКП 17.08-01–2006 или ТКП 17.08-04–2006, ТКП 17.08-14–2011, ТКП 17.08-15–2011). В результате этого существенно возрастает трудоемкость выполнения работ по инвентаризации, что немаловажно в первую очередь для тех железнодорожных предприятий, на которых преобладают источники выбросов данного типа (дистанции пути, дистанции гражданских сооружений, объекты собственного хозяйства). Модуль учитывает положения всех указанных выше технических нормативных правовых актов по определению выбросов. Для расчета выбросов на листе ввода исходных данных вносится информация по номеру источника выбросов, марке котла и его типу (паровой/водогрейный), виду применяемого топлива, мощности, коэффициенту полезного действия на номинальном режиме работы, расходу топлива и фактическому времени работы за отчетный период, объему топочной камеры и относительной тепловой нагрузке, производительности дымососа. Например, при работе котла на жидком топливе (самом «неблагоприятном» варианте по количеству загрязняющих веществ) расчет выбросов выполняется по двадцати одному загрязняющему веществу, результаты расчетов формируются по группам веществ на соответствующих листах книги *Excel*:

- лист исходных данных;
- лист результатов определения выбросов загрязняющих веществ по ТКП 17.08-01–2006 или ТКП 17.08-04–2006;

- лист результата расчета объема дымовых газов, приведенных к нормальным условиям и коэффициенту избытка воздуха $\alpha = 1,4$;
- лист результатов определения выбросов тяжелых металлов;
- лист результатов определения выбросов диоксинов;
- лист результатов определения выбросов полихлорированных бифенилов и гексахлорбензола;
- лист результатов определения выбросов полициклических ароматических углеводородов;
- лист итоговых результатов по всем видам топлива, сжигаемым на каждом источнике выброса, участвующем в расчете.

Выполнив на этапах разработки и обновления данных программного модуля трудоемкие операции по формированию соответствующей справочной базы данных по видам топлива и их характеристикам, коэффициентам удельного выделения загрязняющих веществ, техническим характеристикам наиболее распространенных котельных установок, особых справочных данных на основании рекомендательных писем Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, любой разработчик инвентаризации за считанные минуты имеет возможность определить выбросы расчетным путем при работе данных типов источников выброса.

Главным связующим звеном среди всех расчетных модулей комплекса «НДВ-Выбросы» является программа «Проект НДВ», куда вносятся параметры источников выбросов (наименование, высота, диаметр или сечение устья, скорость и объем выбрасываемой газовой смеси, координаты источника в городской системе координат и т.д.) и результаты расчета выбросов загрязняющих веществ по каждому источнику выделения и каждому источнику выброса. Формирование сводных таблиц «вручную», даже для небольших предприятий с количеством источников выброса до 5, ранее отнимала много времени и требовала от разработчика повышенной внимательности, так как предприятие-заказчик по сформированным таблицам в конечном счете получает разрешение на выброс и, как следствие, формирует сумму экологического налога. Разработанная программа автоматически формирует все сводные таблицы, содержащиеся в акте инвентаризации и проекте нормативов допустимых выбросов, при этом рассчитывается категория объекта воздействия, определяется необходимость выполнения расчета рассеивания загрязняющих веществ, определяются вещества с наибольшим выбросом и формируется наглядная диаграмма, характеризующая распределение выбросов каждого загрязняющего вещества в общей доле выбросов предприятия. Программа «Проект НДВ» позволяет значительно сократить время, необходимое для формирования сводных таблиц. В программе реализована многоступенчатая система проверки результатов формирования сводных таблиц, в ключевых точках ввода данных присутствуют подсказки, интерфейс программы интуитивно понятный. Все это позволяет максимально исключить возможность наличия ошибок в конечном результате. Программа содержит дополнительную справочную информацию для разработчика и ссылки на нормативные документы.

Простота в использовании, доступность в понимании принципов работы как для опытных, так и для начинающих пользователей, позволяют экономить от 30 до 50 % времени на разработку актов инвентаризации и проектов нормативов допустимых выбросов. Справочные данные и руководство пользователя, содержащиеся в соответствующих разделах каждой программы комплекса «НДВ-Выбросы», позволяют производить обучение начинающих разработчиков основам процесса нормирования выбросов, устанавливать зависимости выброса того или иного загрязняющего вещества при изменении характерных исходных данных соответствующего технологического процесса.

На сегодняшний день ресурсы по совершенствованию программного комплекса «НДВ-Выбросы» не исчерпаны. Ведутся работы по автоматизации передачи данных из локальных специализированных программ расчета выбросов в соответствующие ячейки комплексной программы «Проект НДВ», постоянно улучшается интерфейс, информативность специализированных программ расчета выбросов, растет перечень технологических процессов, для которых созданы программы расчета выбросов. Для упрощения работы инженеров-экологов непосредственно на предприятиях, осуществляющих выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, разрабатываются индивидуальные программы по расчету экологического налога, по расчету данных и заполнению соответствующих форм статистической отчетности в соответствии с фактическими значениями расхода материалов и времени работы источников выбросов за любой требуемый период.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МЕРКАПТАНОВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

М. В. АНДРЕЙЧИКОВ, М. А. СВИРИДЕНКО, М. В. ЯСЬКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Меркаптаны являются производными углеводов, в которых атом водорода замещен сульфгидрильной группой – SH (рисунок 1).

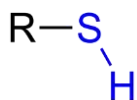


Рисунок 1 – Общая формула меркаптанов

Наибольший интерес имеют низшие представители гомологического ряда (метил- и этилмеркаптаны), в связи с повышенной токсичностью и летучестью. Меркаптаны являются аналогами спиртов, в которых кислород замещен атомом серы. Энергия диссоциации сульфгидрильных связей (S-H) меньше, чем энергия связи гидроксидных групп (O-H), как следствие меркаптаны химически более активны, чем спирты. Меркаптаны обладают слабыми кислотными свойствами и гораздо более летучи, чем соответствующие спирты, так как молекулы меркаптанов почти не ассоциированы. Описываемые сероорганические соединения имеют неприятный специфический запах, ощутимый при ничтожно малых концентрациях в воздухе, плохо растворимы в воде, но легко растворимы в щелочах и органических растворителях. Находятся главным образом в продуктах гниения белков, в природном газе и сернистой нефти.

С повышением уровня развития промышленного производства возрастает уровень загрязнения атмосферного воздуха. Вблизи целлюлозно-бумажных комбинатов, газо- и нефтеперерабатывающих заводов и предприятий нефтехимической промышленности в приземном слое атмосферного воздуха могут присутствовать меркаптаны – группа веществ, являющаяся бесцветным газом, который имеет крайне неприятный запах и в большом количестве опасен для здоровья. Поэтому важным объектом контроля качества атмосферного воздуха являются, в том числе и меркаптаны. Кратковременное воздействие меркаптанов приводит к раздражению глаз, кожи и дыхательных путей, вдыхание газа может вызывать отек легких, вещество также оказывает негативное воздействие на центральную нервную систему, приводя к дыхательной недостаточности. Воздействие в большой дозе вызывает смерть.

Однако на сегодняшний день в Республике Беларусь не имеется методики выполнения измерений, обеспечивающей определение данной группы веществ в атмосферном воздухе. В связи с актуальностью вопроса на основании многочисленных жалоб населения в местах проживания вблизи промышленных объектов вышеуказанной направленности и серьезной опасностью данного вещества целесообразно разработать методику по определению концентраций меркаптанов, выбрасываемых промышленными объектами в атмосферный воздух.

Разрабатываемая методика предназначена для определения метилмеркаптана в атмосферном воздухе и основана на улавливании метилмеркаптана поглотительной трубкой с пленочным сорбентом, элюировании образующихся меркаптида и сульфида кадмия водой, реакции их с солянокислым раствором N, N-диметил-п-фенилендиамина в присутствии хлорного железа и фотометрировании окрашенного раствора при определенной длине волны. При взаимодействии диметил-п-фенилендиамина с сульфидом кадмия образуется метиленовая синь, с меркаптидом кадмия – красный краситель.

Предлагаемая методика позволит определять концентрации метилмеркаптана от 0,009 до 1 мкг в фотометрируемом объеме пробы. Этилмеркаптан реагирует аналогично метилмеркаптану и определяется суммарно с остальными низшими представителями гомологического ряда меркаптанов. Согласно постановлению № 113 от 08.11.2016 г. «Об утверждении и введении в действие нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и ориентировочно безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства здравоохранения Республики Беларусь» предельно допустимая концентрация (ПДК) метилмеркаптана в атмосферном воздухе – $9 \cdot 10^{-6}$ мг/м³, этилмеркаптана $50 \cdot 10^{-6}$ мг/м³. Следовательно, предлагаемая методика с имеющимся диапазоном обнаружения полностью соответствует необходимым требованиям при контроле качества атмосферного воздуха.

Апробация данной методики выполнения измерений была проведена на ОАО «Милкавита» и КПУП «Гомельводоканал» в мае – июле 2018 г. На ОАО «Милкавита» выполнены замеры проб воздуха на очистных сооружениях внутри помещения в наиболее «неблагоприятном» с точки зрения возникновения и наличия меркаптанов месте (приемное отделение), т. е. измерению подвергались потенциально высокие концентрации данных веществ. Замеры проводились по предлагаемой методике и по методике определения меркаптанов в воздухе рабочей зоны (индикаторные трубки). Сравнение и анализ результатов свидетельствуют о приемлемой точности выполнения измерений по предлагаемой методике. Целью проведения инструментальных замеров на КПУП «Гомельводоканал» являлось определение низких концентраций меркаптанов, измерения проводились в точке поступления хозяйственно-бытовых стоков на городские очистные сооружения (приемная камера).

Полученные результаты позволяют судить о приемлемой точности выполнения измерений как низких, так и крайне низких, находящихся на минимальной границе предела обнаружения, концентраций метилмеркаптана. Вследствие необходимости в холодный период года проведения повторных работ по определению концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на городских очистных сооружениях КПУП «Гомельводоканал», также планируется проведение измерений концентрации меркаптанов с целью окончательной апробации предлагаемой методики. После получения и анализа результатов будет сделан вывод о внесении предлагаемой методики в Реестр методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении измерений в области охраны окружающей среды (Реестр МВИ).

УДК 621.186.842-66.042.88

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ В СИСТЕМАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ ТЕПЛОВОЗА

*В. Н. БАЛАБИН, В. Н. ВАСИЛЬЕВ, Г. И. НЕКРАСОВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Задачи по уменьшению расхода дизельного топлива и масла тепловозами, повышения ресурса работы их теплосиловой установки в связи со значительным ростом цен на топливо и затрат на восстановление дизелей, становятся всё более актуальными.

Сегодня наиболее известными способами предпусковой подготовки дизеля тепловоза в холодное время года можно считать:

- прогрев систем дизеля от стационарных источников теплоснабжения (котельных депо);
- прогрев двух секций тепловоза от работающего дизеля одной из них;
- электропрогрев систем дизелей магистральных тепловозов с использованием энергии тяговых генераторов;
- прогрев с помощью дополнительного бортового и стационарного оборудования.

Однако существуют серьёзные препятствия для повсеместной реализации этих способов. Главные из них: значительные тепловые потери в внешних сетях, жёсткая привязка тепловоза к местам отстоя и прогрева, сложности эксплуатации системы. Поэтому по-прежнему основным способом поддержания необходимого температурного режима тепловоза, находящегося в отстое, остается работа дизеля на холостом ходу.

На Камбарском машиностроительном заводе была проведена группа испытаний по перспективной тематике: «Использование тепловых аккумуляторов для сохранения энергии теплоносителей в условиях низких температур».

Работа была предложена в соответствии с Программой сбережения энергоресурсов на транспорте.

Был выполнен первый этап проверки изменения температуры воды внутри теплового аккумулятора (ТА) с течением времени при отрицательной температуре окружающей среды. Тепловой аккумулятор является своеобразным техническим термосом. Была изготовлена термоизолирующая камера в виде двух металлических коробов: наружный – объёмом 0,2709 м³ и внутренний – объёмом 0,1369 м³, или 136,9 л.

Между внутренним и наружным коробами по всему объёму уложен утеплитель, в качестве которого использовалась стекловата. Утеплитель имел волокнистую структуру и укладывался в виде нарезанных плит. Из внутреннего короба был выведен патрубок диаметром в 2,5", использовавшийся для залива воды, установки ТЭНа и термометра. Горловина патрубка изолировалась колпачком из войлока. Крышка наружного короба крепилась болтовым соединением.

ТА был выведен из помещения наружу, где температура окружающего воздуха измерялась днём через 3, 6 и 9 часов и составляла соответственно -11 , -13 и -15 °С. Средняя температура в ночное время по данным наружного термометра -18 °С.

Итоги тестирования: начальное измерение температуры воды $+80$ °С, через 24 часа $+52$ °С, градиент снижения температуры 28 °С.

Перед холодным пуском двигателя насос заполняет систему охлаждения водой из ТА. Поступая в двигатель, вода охлаждается, причем темп охлаждения зависит от массы двигателя, объема, находящейся в нем жидкости и от температуры окружающей среды.

Приблизительный расчёт эффективности ТА воды и масла дизеля тепловоза при предельной температуре окружающей среды минус 25 °С показал, что если в системе охлаждения и в системе смазки дизеля тепловоза находятся по 1 т воды и масла, а слив теплоносителей в ТА из систем производили при температурах воды $+50$ °С и масла $+60$ °С, то после 12-часовой стоянки в резерве получены следующие результаты: теплоёмкости теплоносителей: – масла – 2260 Дж/кг·°С; воды – 4200 Дж/кг·°С; теплоёмкость стали дизеля – 444 Дж/кг·°С; плотности теплоносителей – масла – 860 кг/м³, воды – 1000 кг/м³; плотность стали дизеля – 7800 кг/м³, масса дизеля – 10 т. По окончании заполнения картера маслом температура блока дизеля поднялась до значения плюс $3,7$ °С.

После заполнения картера маслом другой насос направляет воду из соответствующего ТА в систему дизеля (при отключенных секциях холодильника). По окончании заполнения системы водой температура блока дизеля поднялась до значения $31,1$ °С.

Таким образом, заправка дизеля тепловоза после 12-часовой стоянки теплоносителями из ТА без дополнительных затрат энергии привела к повышению температуры дизеля до $+31$ °С.

Другим направлением применения ТА на тепловозе считаем аналогичное сохранение тепла дизельного топлива. При низких температурах топливо застывает, в нем растут кристаллы парафинов, представляющие собой гелеобразную массу (особенно в нижних слоях бака, откуда забирается топливо). В результате топливо не прокачивается через фильтры и трубопроводы, дизель либо вообще не запускается, либо долгое время работает неустойчиво.

Начальный этап пуска дизеля и первые минуты его работы необходимо производить на тёплом топливе, которое находится в отдельном ТА. В этом случае перед остановкой дизеля часть топлива сливается в ТА топлива, объём которого, как и объёмы других ТА, зависит от мощности дизеля.

Пуск дизеля и прогрев выполняют топливом из ТА, при этом слив теплого топлива из дизеля после подпорного клапана производят в главный бак, постепенно повышая температуру небольшого объема в районе всасывающей трубы основного контура. После достаточного прогрева топлива в баке переключают систему на обычное циркуляционное функционирование.

Возможны две схемы размещения ТА: стационарное и бортовое. При стационарном размещении ТА воды, масла и топлива располагают на путях отстоя тепловозов между тракционными путями локомотивного депо. Целесообразно ТА установить под землей и тщательно утеплить. Там же поставить необходимое вспомогательное оборудование: насосы, фильтры, датчики температуры и др. В экстренных случаях стационарные ТА оборудованы внешними подогревателями, электрическими, или парожидкостными.

Слив горячих теплоносителей из систем тепловоза в ТА выполняют самотеком.

При бортовом размещении секционированные ТА размещают в нижней части холодильной камеры, при этом в зимнем варианте модуля системы охлаждения применены укороченные трубки секций. Кроме того, полностью или частично отсутствуют вентиляторы охлаждения, что позволяет выполнить удобную компоновку существующего и нового оборудования.

Слив теплоносителей также производят самотеком или по известным схемам осушения секций холодильника.

Повторную заправку систем дизеля производят вспомогательные бортовые насосы небольшой мощности (от 0,5 до 1,2 кВт каждый). Во избежание возникновения термических напряжений в блоке дизеля темп подачи теплоносителей из ТА не должен превышать 1 л/с. Соответственно для

тепловозов, у которых емкость водяной системы 900–1500 л, а системы смазки – 300–1500 л, время заполнения в среднем составляет 5–25 мин.

Подобные системы начали применять на тепловозе 2ТЭ25А, когда в холодное время года при длительных отстоях тепловоза вода сливается в термоизолированную емкость, что позволяет снизить время работы ДВС на холостом ходу. Однако не предусмотрены такие операции для масла и топлива.

В перспективе существует возможность разработать аналогичные системы защиты аккумуляторных батарей и пусковых конденсаторов. В этом случае ТА будет представлять собой своеобразный сухой «кокон», снаружи которого расположена термозащита.

Таким образом, применение тепловых аккумуляторов в системах обеспечения дизеля тепловоза позволит повысить эффективность использования топлива и не применять дополнительные энергоресурсы в холодное время года.

Список литературы

- 1 Балабин, В. Н. Энергию тепловых аккумуляторов – на прогрев систем тепловоза / В. Н. Балабин / Локомотив. – 2001. – № 1. – С. 31–32.
- 2 Балабин, В. Н. Особенности применения термофорсированного топлива на локомотивных дизелях / В. Н. Балабин, В. Н. Васильев / Современные наукоёмкие технологии. – 2015. – № 4. – С. 107–113.

УДК 504.61

АНАЛИЗ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ШУМОВЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ОТ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В РАЙОНЕ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ ПРИ ПОМОЩИ ШУМОЗАЩИТНОГО ЭКРАНА

К. В. БАРАНОВСКИЙ, И. П. СМОЛЯКОВА, Е. А. ТЕМНИКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. И. ХОЛЯВКО
Белорусская железная дорога, г. Гомель

Сортировочная горка – сооружение на территории железнодорожной станции в виде насыпи, на которой уложены пути, предназначенные для формирования и расформирования составов поездов. Сортировочная горка состоит из трех основных элементов: надвижной части, горба горки и спускной части. Состав на горку надвигается локомотивом по пологому подъему, что облегчает расцепку вагонов или их групп. Спускная часть пути располагается на уклоне, благодаря чему происходит самостоятельное движение (скатывание) вагонов под действием силы тяжести и распределение их по путям сортировочного парка. Самая высокая точка – вершина горки, находится на высоте 3,5–4,5 м. Между скатывающимися вагонами (или отцепами, состоящими из нескольких вагонов одного назначения) образуются интервалы, позволяющие переводить стрелки перед разветвлением путей в соответствии с планом формирования поездов. Для регулирования скоростей скатывания и интервалов между отцепами на сортировочной горке устраивают тормозные позиции, оборудованные вагонными замедлителями.

Основным источником шума в районе сортировочной горки являются вагонные замедлители, расположенные непосредственно на сортировочной горке. Их акустические характеристики получены путем непосредственных измерений, выполненных на расстоянии 2,5 м, при помощи шумомера «Экофизика-110А» № АЭ131098. Из серии последовательно проведенных измерений для расчетов были выбраны данные, характеризующиеся наибольшими величинами уровней шума. Результаты измерений, использовавшихся при расчетах, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Акустическая характеристика источника шума

Объект	Дистанция замера	Уровни звукового давления (эквивалентные, за период роспуска), дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука (эквивалентный, за период роспуска) $L_{a, экв}$	Максимальный уровень звука (за период роспуска) $L_{a, макс}$
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Замедлители	2,5	84,0	86,7	85,6	85,7	89,4	90,0	117,0	112,4	109,1	119,2	131,2

При расчетах использовались параметры звукопоглощения имеющегося шумозащитного экрана.

Частотные характеристики нормальных коэффициентов звукопоглощения $a(f)$ сэндвич-панелей МП СП ПС-А-150 приведены в соответствии с протоколом сертификационных испытаний № 409-002-12 от 30.06.12 (таблица 2).

Таблица 2 – Частотные характеристики нормальных коэффициентов звукопоглощения $a(f)$ образцов панелей толщиной 150 мм

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Нормальные коэффициенты звукопоглощения панелей
125	0,51
250	0,90
500	0,88
1000	0,93
2000	0,91
4000	0,83

В процессе расчётов, выполненных с различными местоположениями звукопоглощающего экрана, было выявлено оптимальное местоположение экрана – непосредственно у пневматических замедлителей на расстоянии 1 м от железнодорожного пути. Рассматривались три величины высоты экрана: 1,5 м; 3,2 м – максимально допустимый габарит по высоте в соответствии с ГОСТ 9238–2013, п. 5.1.9; 4,6 м – оптимальная высота с позиции эффективности шумопоглощения.

Акустический расчет на прилегающей к сортировочной горке селитебной территории осуществлялся при помощи специализированного программного пакета «Эколог-Шум» (версия 2.3.1).

Результаты расчетов эквивалентного и максимального уровней звука приведены на время работы замедлителей при роспуске одного поезда. Однако в течение суток роспуск не происходит непрерывно, поэтому оценка эквивалентного уровня звука проводилась с учетом продолжительности работы замедлителей в дневное и ночное время суток в среднем за год.

В соответствии с письмом от 15.01.2018 № 06-01-08/37/18-10 Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» Министерства здравоохранения Республики Беларусь временными интервалами, за которые должен рассчитываться эквивалентный уровень звука в жилой зоне для последующего сравнения с допустимыми уровнями, являются 16 ч для дневного времени суток (с 7.00 до 23.00) и 8 ч для ночного времени суток (с 23.00 до 7.00).

В соответствии с предоставленной информацией Гомельского отделения Белорусской железной дороги средняя продолжительность роспуска состава на горке составляет 15 мин, количество составов, расформированных на горке за 2017 г., – 7880. При пересчете на 1 сутки в течение 24 ч осуществляется в среднем 21,6 роспуска. С учетом средней продолжительности роспуска, указанной выше, продолжительность звукового воздействия от замедлителей составляет 324 мин в сутки. Так как регламентированное санитарными нормами дневное время составляет 2/3 времени суток, а на ночное время 1/3 времени суток, то среднее время работы замедлителей (шумовое воздействие) составит 217 мин в дневное время и 107 мин – в ночное.

Значения предельнодопустимого уровня (ПДУ) шума на селитебной территории от объектов железнодорожного транспорта приведены в таблице 3. Результаты расчетов сведены в таблицу 4, в которой для наглядности рассмотрены две расчетные точки, расположенные на различных расстояниях от источника шума.

Таблица 3 – Значения ПДУ для шума

Дневное время		Ночное время	
$L_{a экв}$, дБА	$L_{a max}$, дБА	$L_{a экв}$, дБА	$L_{a max}$, дБА
60*	75*	50*	65*

* Поправка +5 дБА к ПДУ в соответствии с п. 24 Санитарных норм и правил «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», утв. пост. М-ва здравоохранения Республики Беларусь от 16.11.2011 г. № 115.

Таблица 4 – Эквивалентные уровни звука без учета шумозащитного экрана с учетом среднего времени работы замедлителей в дневное и ночное время

Расчетные точки	Уровни звука $L_{a, экв}$ с учетом среднего времени роспуска без экрана, дБА		Уровни звука $L_{a, экв}$ с учетом среднего времени роспуска с экраном высотой 1,5 м, дБА		Уровни звука $L_{a, экв}$ с учетом среднего времени роспуска с экраном высотой 3,2 м, дБА		Уровни звука $L_{a, экв}$ с учетом среднего времени роспуска с экраном высотой 4,6 м, дБА	
	дневное время	ночное время	дневное время	ночное время	дневное время	ночное время	дневное время	ночное время
1	83,2	83,2	67,8	67,8	64,1	64,1	63,0	63,0
2	71,8	71,8	56,7	56,7	52,9	52,9	51,6	51,6

Выводы. Расчет показал, что благодаря даже 1,5-метровому шумозащитному экрану уровни шумового воздействия теоретически уменьшились в среднем на 15 дБА для эквивалентного уровня звука. Максимальное значение шумопоглощения для экрана высотой 4,6 м составляет примерно 20 дБА.

Расчет уровней звука для максимально эффективной высоты шумозащитного экрана (4,6 м) с учетом среднего времени роспуска поезда показал, что уровни шума снизятся, однако превышения останутся.

УДК 621.577

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРИВОДОВ КОМПРЕССОРОВ НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Г. Н. БЕЛОУСОВА, А. Н. НОВИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Себестоимость перевозок грузов железнодорожным транспортом представляет собой удельные эксплуатационные расходы железной дороги, приходящиеся на единицу объема перевозок.

Снижение затрат на все виды энергии, используемой при производстве товаров и услуг, – один из важных элементов выживания предприятий в условиях рыночной экономики, и заставляет предприятия активно искать пути снижения потребления электроэнергии.

Очистные сооружения относятся к числу энергоемких предприятий. Именно они первыми начали активно использовать энергосберегающие технологии, например частотное регулирование насосных агрегатов.

Возможность регулирования степени очистки привела к созданию многообразных технологических приемов, критерием эффективности которых являются достигаемая степень очистки, т.е. экологический фактор, и стоимость очистки – экономический фактор. В общем случае, зная принцип метаболизма микроорганизмов, можно добиться любой степени очистки, но ограничением по организации той или иной технологии может являться ее стоимость, которая, прежде всего в период эксплуатации, зависит от энергозатрат.

Выбор метода очистки сточных вод производится на основании степени очистки с учетом состава поступающей на очистную станцию сточной воды. С целью очистки городских сточных вод в проекте строительства предусмотрено две технологические схемы, включающие механическую очистку в решетках, песколовках, отстойниках, полную биологическую очистку в аэротенках с отделением активного ила во вторичных отстойниках и обеззараживание. По технико-экономическому сравнению вариантов очистки сточных вод принимается наиболее эффективная технологическая схема.

В качестве сооружения биологической очистки по технологической схеме применяется аэротенк. Очистка сточных вод в аэротенках происходит с помощью активного ила – биоценоза организмов, развивающихся в аэробных условиях на органических загрязнениях, содержащихся в сточной воде. Так как сточные воды характеризуются высокими концентрациями азота и фосфора общего, то биологическая очистка должна предусматривать удаление биогенных элементов до требований сброса с целью предотвращения эвтрофикаций в водном объекте.

Современные очистные сооружения оснащаются системами аэрации, очищающими сточные воды с помощью их искусственного насыщения воздухом, который окисляет содержащиеся в них органические вещества. Для осуществления данного процесса используется специализированный компрессор, создающий давление до 0,1 МПа, его называют низкобарным или воздуходувкой. Объектом управления в системе аэрации является технологический процесс очистки сточных вод с использованием бактерий, содержащихся в активном иле.

В сточной воде, поступающей на аэротенк, наблюдается превышение концентрации фосфора. Биологическое удаление фосфора может осуществляться с параллельным удалением азота денитрификацией. По принятой схеме предварительной денитрификации определяют общий объем нитрификатора, денитрификатора, объем анаэробной зоны и общий объем сооружений. По расчетным данным принимают типовой проект аэротенка-вытеснителя. Расчетное количество воздуха, подаваемого в аэротенк, составляет $Q_v = 11315,3 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Сточные воды подаются в секции аэротенков, где находится ил с активными бактериями. Для активизации бактерий и перемешивания иловой смеси в секции подается воздух от двух винтовых компрессоров DELTA SCREW Generation VM/VML производительностью $6000 \text{ м}^3/\text{ч}$; мощностью двигателя – 320 кВт. Общая идея заключается в том, чтобы поддерживать необходимое количество воздуха $Q_v = 11315,3 \text{ м}^3/\text{ч}$, в сточных водах за счет регулирования задвижками на всасывающем трубопроводе компрессоров. Повышенный уровень кислорода приводит к неоправданному увеличению количества энергии, потребляемой компрессорами. Пониженный уровень кислорода может привести к существенному ухудшению процесса очистки. Оценка количества кислорода, находящегося в иловой смеси, ведется по датчикам кислорода ДК.

Заданное значение содержания кислорода в иловой смеси может корректироваться с учетом информации, поступающей от датчика температуры окружающей среды, количества поступающих сточных вод, степени их загрязненности и т. д. Кроме того, необходим контроль количества воздуха, поступающего на каждую секцию с учетом требований минимальной подачи воздуха по условиям перемешивания.

Функции устройства управления выполняет программируемый логический контроллер ПЛК, установленный в диспетчерской. Он обрабатывает информацию от всех датчиков объекта управления и выдает управляющие команды.

Программируемый логический контроллер имеет связь с персональным компьютером ПК, на котором установлена SCADA-система, которая обеспечивает: отображение хода технологического процесса; индикацию технологических параметров; предупредительную и аварийную сигнализацию; протоколирование штатных и аварийных режимов; ввод управляющих сигналов от оператора.

Особенности системы управления состоят в том, что объект управления является чрезвычайно сложным с точки зрения требований к алгоритмам управления по следующим причинам:

- содержит биологическую систему – активные бактерии ила, поведение которых неоднозначно и зависит от следующих факторов: количества подаваемого кислорода, температуры окружающей среды, степени загрязненности сточных вод;

- обладает большой инерцией из-за большого количества сточных вод, одновременно находящихся в секциях аэротенков; большой протяженности воздухопроводов; наличия биологической системы;

- на параметры объекта существенное влияние оказывает большое количество случайных факторов, учет влияния которых прогнозировать невозможно. Например, плотность и сжимаемость воздуха существенно зависят от температуры. Это приводит к тому, что контуры регулирования подачи воздуха необходимо перестраивать в зависимости от условий окружающей среды.

Развитие данной системы, связанное с использованием преобразователей частоты для приводов компрессоров, позволяет снизить потребление электроэнергии на 30 %.

Расход электроэнергии с использованием преобразователей частоты, определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}' \cdot 0,7,$$

где \mathcal{E}' – расход электроэнергии компрессором, кВт·ч.

$$\mathcal{E} = 1\,128\,494 \cdot 0,7 = 790\,005,3 \text{ кВт}.$$

Сумма затрат на электроэнергию определяется по формуле

$$790\,005,3 \cdot 0,7604 = 600\,720,03 \text{ руб.}$$

Таблица 1 – Сравнение показателей затрат при работе компрессоров

Наименование потребителя электроэнергии	Использование задвижек		Использование частотных преобразователей	
	Расход электроэнергии, кВт	Сумма затрат, руб.	Расход электроэнергии, кВт	Сумма затрат, руб.
Винтовой компрессор DELTA SCREW generation vm/vml	11 28 494	2 661 124,5	790 005,3	600 720,03

Сравнивая расход электроэнергии при использовании задвижек и частотных преобразователей (таблица 1), можно сделать вывод, что использование преобразователей частоты для приводов компрессоров является энергетически более выгодным, чем регулирование задвижками.

Очистные сооружения будущего должны иметь минимальные размеры, быть экологически безопасными и с минимальными энергозатратами, а качество очищенных сточных вод должно позволять использовать их на технические нужды города.

УДК 504.75:628.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЗНАЧЕНИЙ ПО ЖЕЛЕЗУ ОБЩЕМУ ПРИ РАБОТЕ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОДОЗАБОРОВ

Р. Н. ВОСТРОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Д. В. МАКАРОВ

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Российская Федерация

Республика Беларусь обладает значительными ресурсами подземных вод, однако около 70 % скважин характеризуется содержанием железа общего, превышающего предельно допустимую концентрацию (ПДК) [1]. На территории Полесья превышение ПДК наблюдается на 90 % скважин [2].

Железо является одним из важнейших элементов, участвующих в кроветворении, дыхании, окислительно-восстановительных реакциях и иммунобиологических процессах [3]. Норма потребления железа составляет 20–25 мг в день [4], однако избыточное количество железа отрицательно сказывается на работе печени, может стать причиной зуда, сухости и шелушения кожи, болезней кровеносной системы, диабета, атеросклероза [3].

Нами проведено сравнение эффективности очистки и стабильности значений по железу общему 52 скважин двух инфильтрационных водозаборов (ИВ) за 2001–2016 и 2004–2016 гг., для ИВ-1 и ИВ-2, соответственно. В качестве исходных данных использовано ежеквартально определяемое содержание железа общего в подземных, исходных и питьевых водах.

С целью оценки тенденции изменения значений железа общего в подземных водах временные ряды разбивались на два временных интервала (для ИВ-1: 2001–2008, 2009–2016 гг.; для ИВ-2: 2004–2008, 2008–2016 гг.). Установлено, что содержание железа общего в подземных водах находится в пределах 3,1–18 и 9–13 ПДК на ИВ-1 и ИВ-2, соответственно (ПДК составляет 0,3 мг/дм³ [1]). Средние значения на ИВ-1, в целом, на 29 % больше, чем на ИВ-2 (3,2 мг/дм³ для ИВ-1 и 2,5 мг/дм³ для ИВ-2). Выявлено, что первые временные интервалы характеризуются ростом значений исследуемого показателя (на 0,5 мг/дм³ для ИВ-1 и 0,9 мг/дм³ для ИВ-2). На вторых временных интервалах отмечается незначительное изменение содержания исследуемого показателя (увеличение на 0,1 мг/дм³ для ИВ-1 и уменьшение на 0,2 мг/дм³ для ИВ-2). По всей видимости, долговременная эксплуатация ИВ привела к стабилизации скорости прироста значений железа общего. Таким образом, несмотря на довольно высокие значения исследуемого показателя, дальнейшее его увеличение не ожидается.

Средние многолетние значения железа в исходной и питьевой воде на первых временных интервалах составили 2,8 и 0,1 мг/дм³ и 2,7 и 0,2 мг/дм³, а на вторых временных интервалах – 3 и 0,2 мг/дм³ и 3,5 и 0,2 мг/дм³, на ИВ-1 и ИВ-2, соответственно.

Эффективность очистки на первом временном интервале на ИВ-1 варьируется в пределах от 81,2 до 100 % и в среднем составляет 94,0 %, а на втором временном – от 78,5 до 97 % и в среднем

составляет 92,8 %. Эффективность очистки по железу общему на первом временном интервале на ИВ-2 составляет 75,9–97,2 % и в среднем – 92,6 %, а на втором временном интервале составляет 90,1–97,1 % и в среднем – 93,6 %. Таким образом, среднее значение эффективности очистки по железу общему на первом временном интервале по сравнению со вторым временным интервалом снизилось на 1,2 % на ИВ-1 и увеличилось на 1 % на ИВ-2.

Проведением сезонной декомпозиции временных рядов значений железа общего в исходных и питьевых водах выявлен вклад тренд-циклической, сезонной и случайной компонент. Определено, что в питьевой воде происходит увеличение доли случайной компоненты (73,02 и 93,18 % для ИВ-1 и ИВ-2 соответственно) по сравнению с исходной (47,11 и 53,78 % для ИВ-1 и ИВ-2 соответственно). В то же время отмечается снижение доли тренд-циклической компоненты в питьевой воде (25,74 и 0,33 % для ИВ-1 и ИВ-2 соответственно) по сравнению с исходной (51,96 и 43,29 % для ИВ-1 и ИВ-2 соответственно). Вклад сезонной компоненты не превышает 6,5 % как в питьевой, так и в исходной воде на обоих ИВ.

54 % скважин ИВ-1 и 63 % скважин ИВ-2 по *X*-карте характеризуются нестабильностью процесса формирования концентрации железа общего, а по *R*-карте – 38 и 27 % скважин соответственно (рисунок 1). Исходя из *X*-, *R*-карт на 23 % скважин ИВ-1 и 27 % скважин ИВ-2 формирование исследуемого показателя нестабильно как по средним значениям, так и по размахам.

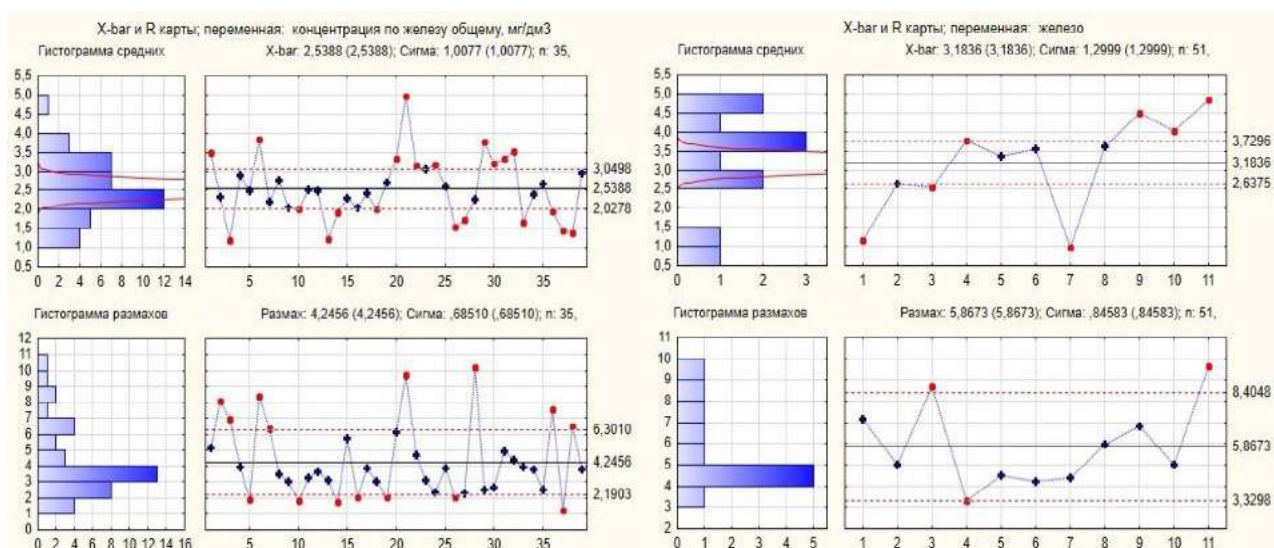


Рисунок 1 – *X*-, *R*-карты Шухарта содержания железа общего в скважинах ИВ-1 за 2001–2016 гг. и ИВ-2 за 2004–2016 гг.

По результатам анализа уравнений линий линейных трендов определены тенденции в изменении содержания железа общего в исходных и питьевых водах, эффективности очистки по исследуемому показателю обоих ИВ. Установлено, что несмотря на довольно высокие значения концентрации железа общего в подземных водах и тенденцию к увеличению, скорость прироста значений при этом за последние восемь лет снизилась на обоих ИВ. Вероятно, это связано со стабилизацией работы грунтов при долгосрочной эксплуатации рассматриваемых в работе водозаборов.

Декомпозицией временных рядов значений железа общего в питьевых водах установлено превалирование вклада случайной компоненты, что скорее всего связано с нестабильностью процесса обезжелезивания. Несмотря на это, эффективность процесса обезжелезивания достаточно высока.

Формирование значений железа общего по *X*- *R*-картам Шухарта на 23 % скважин ИВ-1 и 27 % скважин ИВ-2 нестабильно как по средним значениям, так и по размахам.

Список литературы

- 1 СанПиН 10-124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Минск : Минздрав Респ. Беларусь, 1999. – 48 с.
- 2 Карпук, В. В. Состояние подземных вод и система мониторинга в Республике Беларусь // Международное сотрудничество в решении водно-экологических проблем : тез. докл. Междунар. конф. (Минск, 12–13 окт. 2010 г.). – Минск, 2008. – С. 36.
- 3 Оценка эффективности очистки по железу общему подземных вод инфильтрационных водозаборов юго-востока Беларуси / Д. В. Макаров [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 3. – С. 101–106.

УДК 504.75:628.5

СРАВНЕНИЕ АRИМА-МЕТОДА И НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ПО МУТНОСТИ ИСХОДНЫХ ВОД ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ВОДОЗАБОРА ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

Р. Н. ВОСТРОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Д. В. МАКАРОВ

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Российская Федерация

Модель авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего Бокса-Дженкинса (ARIMA) нашла широкое применение для прогнозирования в области экологического мониторинга [1–3]. В последние десятилетия происходит активное развитие систем искусственного интеллекта, базирующегося на применении искусственных нейронных сетей (ИНС) [4, 5]. Нами методами ИНС и ARIMA-модели проведено прогнозирование значений мутности исходных вод.

В качестве исходных данных использованы значения мутности исходной воды инфильтрационного водозабора (ИВ) юго-восточной части Республики Беларусь с 2009 по 2017 гг. Измерение исследуемого показателя проводилось два раза в сутки; исходный временной ряд включал 5215 значений. Реализация ARIMA-модели проведена аналогично работе [6], а ИНС-метода аналогично работе [7]. Количество скрытых нейронов при ИНС моделировании варьировалось от 1 до 10. ARIMA-моделирование проводилось в программном комплексе Statistica 6.0, а ИНС – в Matlab R2017a.

Среднее многолетнее значение мутности исходных вод ИВ составляет $2,86 \text{ мг/дм}^3$ (рисунок 1). Линия тренда концентрации по мутности за рассматриваемый временной интервал характеризуются увеличением значений на $5,24 \text{ мг/дм}^3$.

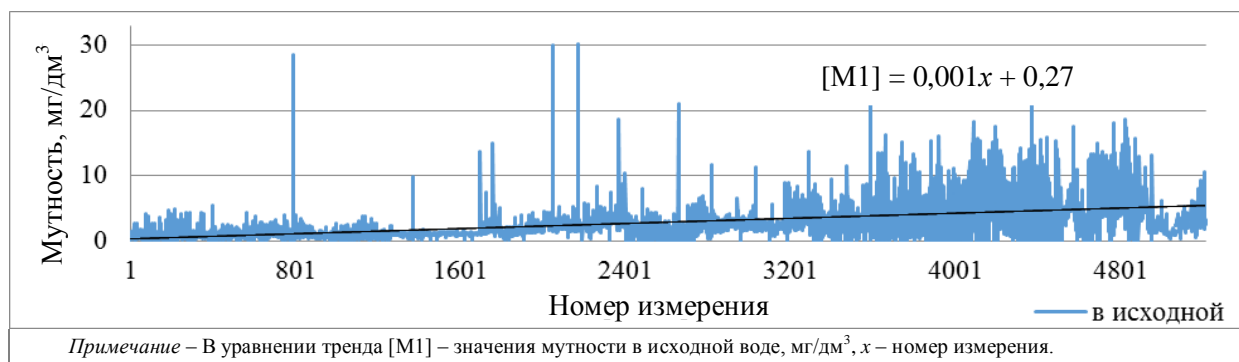


Рисунок 1 – Исходный временной ряд значений мутности в исходной воде

По результатам проверки на стационарность, включающей анализ автокорреляционной и частной автокорреляционной функций, расширенный тест Дики-Фуллера, исходного временного ряда, установлено, что временной ряд нестационарен. Для приведения исходного временного ряда к стационарному виду взята разность первого порядка. По результатам сравнения среднеквадратических отклонений выбрана модель ARIMA (2; 1; 2) с остатком 4,12.

По результатам сравнения ИНС выявлено, что наиболее близкие к реальным значениям мутности в исходных водах обеспечивает ИНС с алгоритмом обучения Левенберга-Марквардта и тремя скрытыми нейронами.

Результаты ИНС-моделирования практически совпадают с фактическими значениями мутности исходных вод ИВ (рисунок 2).

Абсолютные ошибки составили 2,93; 2,23, а относительные – 1,16; 0,99 для ARIMA-метода и ИНС, соответственно. Таким образом, ИНС позволяет осуществлять несколько более точное прогнозирование значений мутности в исходных водах ИВ.

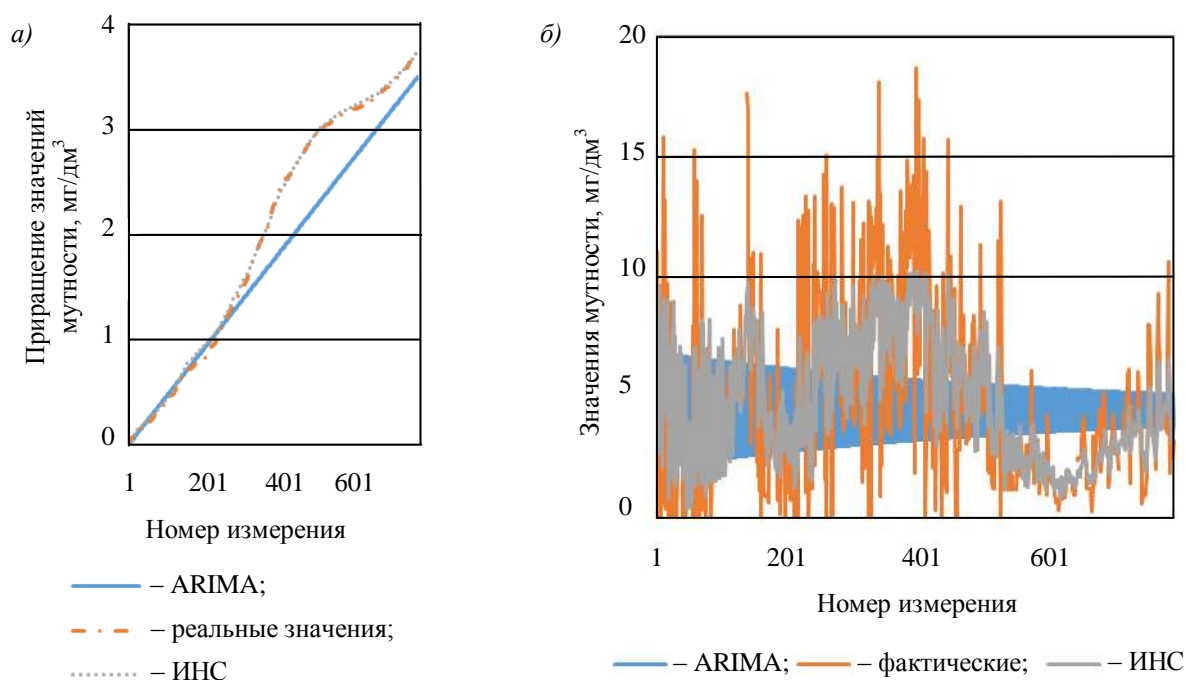


Рисунок 2 – Сравнение моделируемых и фактических значений мутности в исходных водах ИВ по графику с накоплением (а) и сравнения (б)

Список литературы

- 1 **Ahmet Kurunça**. Performance of two stochastic approaches for forecasting water quality and streamflow data from Yeşilirmak River / Ahmet Kurunça, Kadri Yürekli, Osman Çevik // *Environmental Modelling & Software*. – 2005. – № 9. – P. 1195–1200.
- 2 Arima as a forecasting tool for water quality time series measured with UV-Vis spectrometers in a constructed wetland / Hernández Nathalie [et. al.] // *Tecnología y Ciencias del Agua*. – 2017. – № 5, vol. VIII. – P. 127–139.
- 3 **Sang-Hyuk, Park**. Sedimentation Process Modeling using Transfer Function ARIMA for Water Quality Diagnosis and Prediction / Sang-Hyuk Park, Jayong Koo // *Advanced Science and Technology Letters*. – 2015. – № 99. – P. 97–100.
- 4 **Потылицына, Е. Н.** Использование искусственных нейронных сетей для решения прикладных экологических задач / Е. Н. Потылицына, Л. В. Липинский, Е. В. Сугак // *Современные проблемы науки и образования*. – 2013. – № 4. – С. 1–8.
- 5 **Archana Sarkara**. River Water Quality Modelling using Artificial Neural Network Technique / Archana Sarkara, Prashant Pandey // *Aquatic Procedia*. – 2015. – № 4. – P. 1070–1077.
- 6 **Крюков, Ю. А.** ARIMA-модель прогнозирования значений трафика / Ю. А. Крюков, Д. В. Чернягин // *Информационные технологии и вычислительные системы*. – 2011. – № 2. – С. 41–49.
- 7 **Крючин, О. В.** Прогнозирование временных рядов с помощью искусственных нейронных сетей и регрессионных моделей на примере прогнозирования котировок валютных пар / О. В. Крючин, А. С. Козадаев, В. П. Дудаков // *Исследовано в России*. – 2010. – № 30. – С. 354–362.

УДК 628.83:697.921.22

ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ КЛАПАНОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК НА ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Н. И. ДВОРАК

ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод», Республика Беларусь

В. Г. СОЛОВЕЙКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для того чтобы системы вентиляции обеспечивали проектные расходы воздуха, устойчиво работали на выполнение санитарно-гигиенических и метеорологических условий в обслуживаемых помещениях, перед сдачей в эксплуатацию они подвергаются аэродинамическим испытаниям, регулировке и наладке. С этой целью вентиляционные установки оснащаются различными регулиру-

ющими и запорными устройствами: регулируемые решетки, клапаны, задвижки, шиберами, обратными клапанами и др.

В процессе проектирования при гидравлических расчетах сетей систем вентиляции принято, что клапан полностью открыт и фактического сопротивления в сети не оказывает. При полностью закрытом клапане считается, что воздух через него не проходит.

Однако в процессе эксплуатации выясняется, что полностью «открытых» или «закрытых» клапанов не наблюдается, т.е. рабочий орган находится в промежуточном положении. Происходит это из-за температурных перепадов, выпадения конденсата, попадания пыли. Исключение составляют лишь обратные огнезадерживающие клапаны, где рабочий орган довольно массивный и закрывается надежно, но это лишь в случае пожара, при экстренной ситуации.

Если рассматривать системы, оборудованные одним вентилятором, то это лишь дополнительное сопротивление, которое оказывает влияние на общий расход воздуха, т.е. уменьшает его (рисунок 1, а).

Другое дело, когда одна вентиляционная система оборудована резервным вентилятором, в дополнение к основному рабочему. В этом случае ситуация усугубляется еще больше, так как помимо уменьшения расхода в сети, еще увеличивается общее потребление электроэнергии. Дело в том, что из-за нарушения плотности створок клапанов теряется его герметичность, и воздух частично начинает перетекать через якобы закрытый клапан обратным ходом (пунктиром показан частичный переток воздуха на рисунке 1, б). Это увеличивает общий расход воздуха через рабочий вентилятор и в то же время уменьшается подача воздуха в саму сеть, так как падает давление вентилятора (рисунок 2, а и 2, б). Как следствие, увеличивается потребляемая мощность (рисунок 2, в).

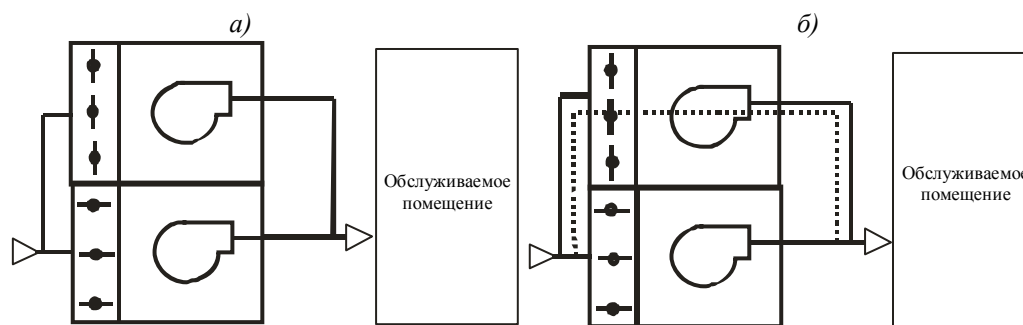


Рисунок 1 – Вентсистема с двумя вентиляторами

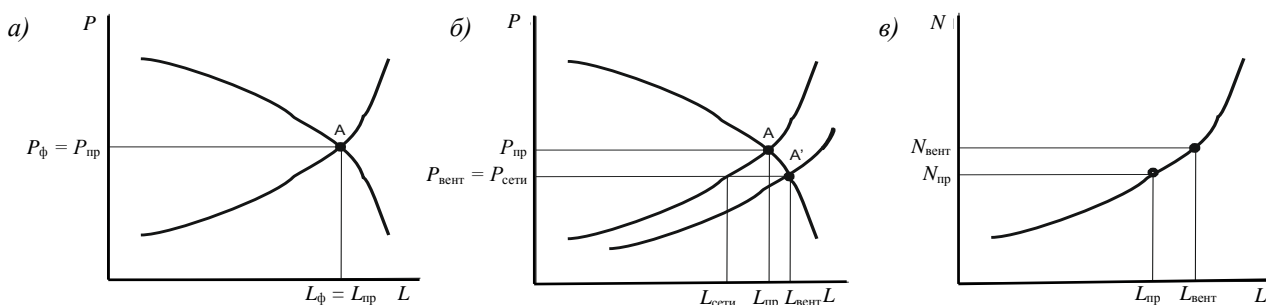


Рисунок 2 – Работа вентилятора на сеть

В свою очередь это оказывает влияние на состояние санитарно-гигиенических условий в помещении, так как фактический воздухообмен меньше расчетного или требуемого. При этом может повышаться температура, относительная влажность, а также концентрация вредных веществ выше уровня ПДК. Кроме этого возникают различные перетоки воздуха из одних помещений в другие, возможно попадание необработанного воздуха из атмосферы. В результате не выполняются нормы по охране труда, что сказывается на самочувствии сотрудников, работающих в таких условиях.

Также это сказывается на обслуживании и ремонте самих вентиляционных установок. Приходится отключать оба вентилятора, чтобы произвести необходимый ремонт или замену неисправного оборудования.

В процессе проведения аэродинамических испытаний вентиляционных установок на ОАО «Мозырский НПЗ», ОАО «Нафтан» установлено, что величина перетекаемого воздуха может достигать 10–40 % от заданной производительности, в зависимости от степени неплотности прилегания лопаток клапана.

Если учесть, что потребляемая мощность прямо пропорциональна объемной производительности вентилятора, то можно сделать вывод, что энергозатраты также возрастут на эту же величину. В некоторых случаях это приводит к перегреву электродвигателей и выходу их из строя, так как фактическая мощность превышает установочную.

Для осуществления контроля можно использовать датчики статического давления, аналогичные тем, которые используются для определения степени загрязненности фильтра. Сами же вентиляционные установки оборудовать двухпозиционными клапанами с электромагнитным приводом, причем можно использовать одно устройство, на одну спаренную вентиляционную установку. Для тех вентиляционных установок, где недопустимы значительные отклонения фактического расхода воздуха от проектного (взрывоопасные производства), это также будет способствовать повышению безопасности эксплуатации этих объектов.

На рисунках 3, а и 3, б приведена схема установки двухпозиционного электромагнитного клапана.

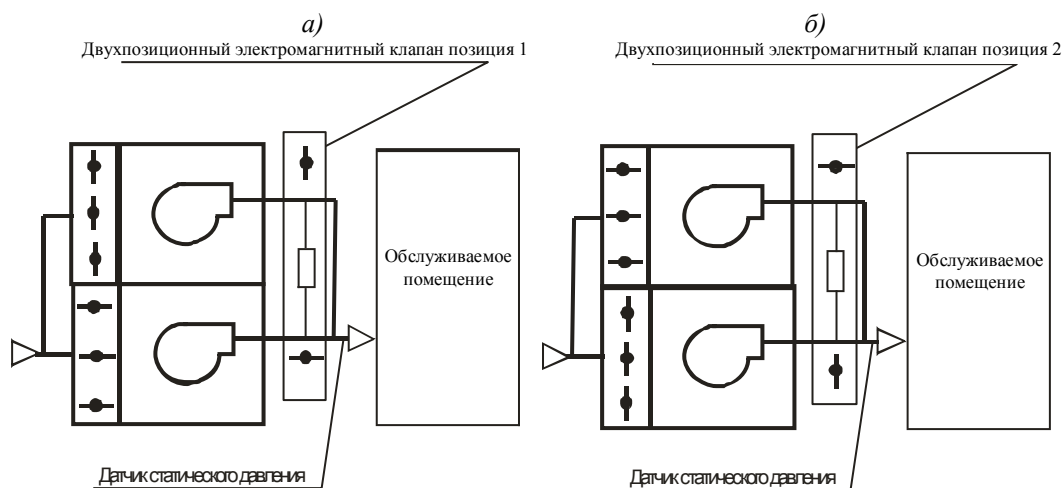


Рисунок 3 – Схема установки двухпозиционного электромагнитного клапана

На данной схеме электромагнитный клапан является дублирующим и может использоваться при неисправности основных клапанов, а значит, ремонт и замену можно производить, не отключая вентиляционных установок. На вытяжных вентиляционных установках электромагнитные клапаны могут использоваться как основные.

УДК 37.016:5023

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В. С. ДЕЦУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Д. П. КАРПЕНКО

ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод», Республика Беларусь

Среди всех существующих ресурсов наиболее важными являются человеческие ресурсы. Сбережение человеческих ресурсов на современном этапе развития Беларуси выступает одним из приоритетов социальной политики государства. Это объективно обусловлено двумя факторами. Во-первых, сокращением численности населения, в том числе в трудоспособном возрасте. Во-вторых, сложившимися негативными тенденциями в состоянии здоровья, которое является исходным компонентом в формировании качества трудовых ресурсов.

Разумеется, на состояние здоровья влияет огромное количество факторов, однако не последнюю роль играют поступающие в организм микроэлементы, в частности фтор. Польза фтора для организма человека неоспорима: выводит радионуклиды и соли тяжелых металлов; повышает стойкость

к радиации; участвует в формировании эмали и скелета; отвечает за нормальный рост волос и ногтей; участвует в разных биохимических реакциях; стимулирует работу кровеносной системы; укрепляет иммунитет; обеспечивает профилактику остеопороза; предупреждает появление кариеса и пародонтоза; замедляют работу кислотообразующих бактерий.

В Беларуси содержание фтора в питьевой воде занижено: в Гомельской области – 0,32, Минской – 0,23, Витебской – 0,27, Брестской – 0,26, Гродненской – 0,22, Могилевской – 0,16 мг/л при рекомендованном содержании 0,7–1,5 мг/л.

Для решения этой проблемы в Беларуси фторируют соль. Фторированная пищевая соль с концентрацией ионов $F = 250$ мг/кг имеется в свободной продаже, однако использование фторированной соли проблему не решает. Более оптимальным является фторирование воды. Первый раз фторирование воды использовалось в 1945 г. в США. Сегодня вода фторируется в 39 странах мира. Фторирование питьевой воды поддержано многими медицинскими организациями.

Производство фторированной воды можно организовать как в системе централизованного водоснабжения, так и на отдельных предприятиях, в том числе транспортных.

Цель исследований – проектирование сатуратора для производства фторированной воды на предприятии.

Для фторирования воды на предприятии наиболее оптимальным является применение установки сатураторного типа (рисунок 1).

Доза реагента D_{ϕ} , мг/л, определяется по формуле

$$D_{\phi} = \left(na - (F^-) \right) \frac{100}{K} \frac{100}{C_{\phi}}, \quad (1)$$

где n – коэффициент, принимаемый при вводе фтора перед скорыми фильтрами 1,1; a – содержание фтора в обработанной воде, принимаемое равным зимой 1,0 и летом 0,8 мг/дм³; F^- – содержание фтора в исходной воде в мг/л, = 0,1 мг/дм³; K – содержание чистого фтора в веществе, равное 45 %; C_{ϕ} – содержание чистого вещества в техническом продукте, равное 94 %.

Доза реагента в зимний период составит

$$D_{\phi} = (1,1 - 0,1) \frac{100}{45} \frac{100}{94} = 2,4 \text{ мг/дм}^3.$$

Расход насыщенного раствора реагента

$$Q_n = \left(na - (F^-) \right) \frac{100}{K_n} \frac{100}{K}, \quad (2)$$

где K_n – концентрация насыщенного раствора в сатураторе, г/дм³, $K_n = 6,3$ г/дм³.

Для установки производительностью 9 м³/ч расход раствора

$$Q = (1,1 - 0,1) \frac{9}{6,3} \frac{100}{45} = 3,2 \text{ л/ч.}$$

В этом случае согласно расчетам на 2 месяца требуется 35 кг (1 мешок реагента), следовательно, не требуется отдельное складское помещение. Реагент может храниться в одном помещении с сатуратором. Рассчитанные габариты сатуратора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные габариты спроектированного сатуратора

Диаметр сатуратора, м	Высота цилиндрической части	Высота конической части
0,3	0,9	0,15

В качестве дополнительного оборудования потребуются насос-дозатор номинальной производительностью 10 л/ч мощностью 0,3 кВт.

Результаты расчета показали, что сатуратор даже для производства практически промышленного производства фторированной воды имеет компактные габариты.

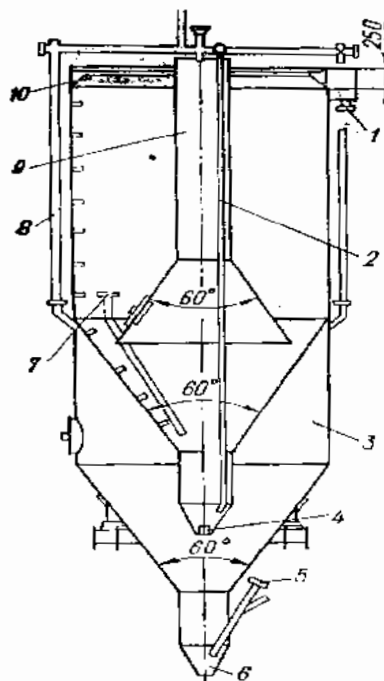


Рисунок 1 – Схема сатуратора:

1 – отводной патрубок; 2, 8 – трубы для отвода фторированного раствора; 3 – нижнее отделение; 4, 6 – клапаны; 5 – труба для подвода воды; 7 – труба для подвода фторированного раствора; 9 – трубы для отвода воздуха; 10 – сборный желоб

Таким образом, снабжение фторированной водой как сотрудников предприятия, так и пассажиров поездов может быть решено с помощью одной установки и не требует строительства дополнительных зданий. Вода также может продаваться населению в бутилированном виде или на розлив, как, например, квас.

УДК 621.311:697.1/.8

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ОТОПЛЕНИИ И ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

С. Г. ДОДОЛЕВ, Г. Р. ГОНЧАРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При определении тепловой нагрузки системы отопления учитываются особенности теплового режима помещений. В помещениях с постоянным тепловым режимом, к которым относятся промышленные здания с непрерывным технологическим процессом, сельскохозяйственные помещения и общественные здания, тепловая нагрузка системы отопления определяется из теплового баланса помещения. Тепловой баланс устанавливает равновесие между тепловыми потерями здания и теплопритоком, откуда расход тепла на отопление будет

$$Q_o = Q_t + Q_m - Q_{вн},$$

где Q_o – расход теплоты на отопление, кВт; Q_t – тепловые потери здания теплопередачей через наружные ограждающие конструкции и инфильтрацией из-за поступления в помещение холодного воздуха через неплотности, кВт; Q_m – расход теплоты на обогрев материалов, поступающих в помещение, кВт; $Q_{вн}$ – внутренние тепловыделения, кВт.

Внутренние тепловыделения промышленных предприятий довольно устойчивы и составляют существенную долю расчетной отопительной нагрузки, поэтому их необходимо учитывать при разработке режима теплоснабжения. Источниками внутренних тепловыделений в производственных помещениях являются: механическое и электрическое оборудование, нагретые поверхности аппаратов, установок и трубопроводов, поверхности нагретых ванн, электроосвещение, работающие люди, остывающие материалы и продукты сгорания и т. д.

В цехах, не относящихся к горячим, одним из основных видов внутренних тепловыделений, будет теплота от технологического оборудования, снабженного электроприводом, от электродвигателей механического оборудования и приводимых ими в действие машин. При этом основные потери тепла происходят через ограждающие конструкции строения: на долю стен приходится 35 % теплотеря, на крышу – 25 %, через подвальное перекрытие и всевозможные щели – по 15 %, через окна – 10 %. Определенная часть тепла может выноситься из помещения вентиляционная система.

Тепло передается между двумя соприкасающимися физическими телами – от твердого к твердому, от твердого – газообразному, жидкому. Например, от стен помещения – земле, от стен – наружному воздуху... Тепловая энергия переносится воздухом при его конвекции. Нагретый воздух поднимется вверх, движется к потолку, вентиляционному отверстию, к холодным стеклам или от стекла к стеклу... Энергия теряется при обмене воздуха. Помещение вентилируется естественной тягой или работает принудительная вентиляция. А бывает, что имеются сквозняки через неплотные окна-двери, и тепло улетучивается в щели. Температура теряется при излучении (излучение в инфракрасном диапазоне). Чем больше температура, тем больше утечка тепла за счет излучения.

Чем интенсивнее идет теплообмен между зданием и окружающей средой, тем быстрее «уходит» тепло и тем интенсивнее должен работать источник тепловой энергии, компенсирующий потери. Понятно, что интенсивная работа системы отопления сопряжена с большим расходом отдаваемого тепла, что ведет к росту расходов на отопление.

Теплопотери через стены – основные потери тепла. Для определения потерь производят расчет теплосопrotivления ограждающих конструкций. Утепляют до достижения нормативного показателя R и на этом заканчивают работу по утеплению здания. Конечно, теплопотери через стены максимальны, так как стены обладают наибольшей площадью из всех ограждающих конструкций здания. Но они – не единственный путь для тепла наружу. Необходимо обследовать крышу и подвал.

При этом надо заметить, что утеплять здание надо не изнутри, а снаружи. Если сделать это со стороны помещения, то между стеной и внутренней теплоизоляцией будет скапливаться конденсат, что не только ухудшит теплоизоляцию помещения, но и приведет к повреждению отделки и размножению плесени. Для внешней теплоизоляции подходит такой материал, как экструдированный пенополистирол; хорошо себя зарекомендовало устройство вентилируемого фасада и т.д.

Для теплоизоляции крыш, как правило, используют каменную или минеральную вату, которые реализуются в виде плит. При этом нельзя забывать о пароизоляции (желательно, чтобы ее сторона, обращенная внутрь, была покрыта алюминиевой фольгой, что предотвратит потери тепла от излучения).

Что совершенно невозможно утеплить, так это окна. Какими бы ни были стеклопакеты (двухкамерными, трехкамерными), теплопотери окон все равно будут большими.

Как сократить теплопотери через окна? Во-первых, стоит сократить площадь остекления в цехах. Как показали обследования, часто одна стена цеха – это сплошное остекление. При этом на рабочих местах все равно используется местное освещение. А стеклопакеты установлены в металлическом каркасе, удерживающем вес стекла, что является явным мостиком холода.

В зависимости от типа остекления зданий коэффициент теплопередачи может иметь следующие значения, Вт/(м²·К): однослойное остекление – 4,5; двухслойное остекление: с деревянными спаренными оконными переплетами – 2,9, с металлическими спаренными переплетами – 3,25, с деревянными раздельными переплетами – 2,67, с металлическими раздельными переплетами – 3,02.

Установить, через какие ограждающие конструкции строения уходит больше тепла, поможет специальная экспертиза, которая называется тепловизионной диагностикой. Проведенное обследование выявит конкретные места утечек тепла через стены и окна; качество, дефекты и повреждения теплоизоляции чердачного и подвального перекрытий и труб; мостики холода; состояние радиаторов.

Утепление здания – это целый комплекс мероприятий, направленных на удержание тепла внутри помещения и недопускание попадания холода извне.

Если здание еще только в проекте, то необходимо заранее подумать о том, как уменьшить периметр внешних холодных стен (чем больше квадратура наружных стен, тем значительнее потери тепла). Здание, украшенное многочисленными выступающими элементами, теряет много тепла. Не надо допускать образования мостиков холода.

Расход тепла на отопление значительно уменьшается, если работы по герметизации помещения проведены качественно. Любое современное отопительное оборудование можно регулировать, контролируя поступление теплых масс воздуха в помещение. Мощность нагревательных приборов возрастает по мере уменьшения поступлений холодного воздуха.

Пользователю здания нужно изучить конструкции, определить утечки тепла и методы их устранения, выбрать наиболее экономичные варианты. В итоге это принесет наибольшую материальную выгоду.

Чтобы перекрыть каналы по утечке тепла из здания необходимо:

1 Уменьшить скорость теплопередачи от объекта к объекту. Для этого отгораживаем здание со всех сторон от внешнего холода теплоизоляционными материалами.

2 Сводим на нет конвекционные потери. Утепляем потолочное перекрытие, меняем старые рамы современными стеклопакетами – сводим на нет конвекционные потери.

3 Устраняем сквозняки – устанавливаем современные окна и двойные двери. Обеспечиваем штукатуркой воздухопроницаемость стен низкого уровня, если это необходимо.

4 На окнах применить стекла с напылением. Потому что именно через окна уходит больше всего лучевой энергии.

УДК 625.143.46

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ В ПУТЕВЫЕ ПРОКЛАДКИ

В. И. ИНЮТИН, С. С. КОЖЕДУБ, А. Ф. ХАРЬКОВ, А. А. КИРЬЯНОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Использование вторичного сырья позволяет решить задачу обеспечения железнодорожного пути путевыми прокладками. Применяемые в рельсовых скреплениях путевые прокладки способ-

ствуют снижению динамического взаимодействия пути и подвижного состава, защищают путь от ударных нагрузок и вибрации, увеличивают сопротивление угону. В существующих условиях эксплуатации, осевых нагрузок и скоростей движения такие прокладки достаточно устойчиво обеспечивают оптимальные характеристики вертикальной упругости пути, а также снижают механический износ деревянных шпал и брусьев стрелочных переводов под металлическими подкладками, способствуют продлению срока их службы.

Технология переработки вторичного сырья образующегося на предприятиях обувной промышленности, в композиционный материал включает следующие операции: сбор исходного сырья; измельчение исходных компонентов до требуемой фракции; смешивание компонентов в определенной пропорции в смесителе; дозирование полученной пресс-массы в пресс-формы; горячее прессование при определенной температуре и давлении; охлаждение отпрессованных деталей в пресс-форме под давлением; обработку изготовленных прокладок от облоя; повторное использование облоя в технологическом цикле, начиная с операции дозировки композиции перед прессованием.

Недостатком применяемой технологии является то, что после смешивания измельченных отходов кожи хромовой, юфти, резиновой крошки и вторичного полиэтилена высокого давления получается пресс-масса, имеющая малый удельный вес, что затрудняет ее загрузку в пресс-формы. Поэтому ее необходимо предварительно гранулировать на специально разработанной установке.

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, и 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 упругого материала (резины), имеющего волнообразную форму. Упругий материал во впадине зуба укреплен 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. Зубья расположены кольцевыми рядами, и зубья одного ряда смещены на половину шага относительно зубьев смежного ряда. Установленные таким образом по оси валка создают над каждым формовочным отверстием прессующую камеру. Роль поршня при этом выполняют зубья, а между зубьями во впадинах жестко укреплен слой резины, имеющей волнообразную форму. 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. Молекулы каучука (резины) находятся не в растянутом, а в свернутом состоянии. При приложении к резине сжимающей силы молекулы каучука (резины) 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 гранул пресс-массы.

На основании разработанной технологии получен композиционный материал. Методом центрального композиционного ротатбельного планирования экспериментов исследовали влияние добавок измельченных отходов кожи хромовой (X_1, C_1), юфти (X_2, C_2) и резиновой крошки (X_3, C_3) на ударную вязкость (a , кДж/м²) и интенсивность изнашивания (I) композиционного материала на основе отходов вторичного полиэтилена. Композит, соответствующий основному уровню варьирования, содержал $C_1 = 10 \pm 5$ мас. ч. кожи хромовой, $C_2 = 60 \pm 25$ мас. ч. юфти, $C_3 = 50 \pm 25$ мас. ч. резиновой крошки на 100 мас. ч. вторичного полиэтилена. Ударную вязкость образцов исследовали по ГОСТ 4647. Изнашивание образцов осуществляли при нагрузке 1,0 МПа и скорости относительного скольжения 0,5 м/с при трении без смазочного материала.

После реализации плана эксперимента и обработки данных на ПЭВМ были получены уравнения, отражающие влияние концентрации компонентов на ударную вязкость (1) и интенсивности изнашивания (2) композита:

$$a \cdot 10 = 232,4 + 1,164X_1 - 49,03X_2 - 6,919X_3 + 0,666X_1X_2 - 1,372X_1X_3 - 3,646X_2X_3 - 4,371X_1^2 + 10,43X_2^2 - 2,376X_3^2; \quad (1)$$

$$I \cdot 10^9 = 1,620 + 0,073X_1 + 0,134X_2 + 0,275X_3 - 0,013X_1X_2 + 0,016X_1X_3 + 0,06X_2X_3 - 0,242 - 3X_1^2 + 0,037X_2^2 - 0,011X_3^2 + 0,071X_3^2. \quad (2)$$

Экспериментальные значения критерия Фишера и доверительные интервалы коэффициентов уравнений регрессии составляют:

– для уравнения (1) –

$$F_3 = 5,176; \Delta b_i = 3,149; \Delta b_{ii} = 3,068; \Delta b_{ij} = 4,117;$$

– для уравнения (2) –

$$F_3 = 2,154; \Delta b_i = 0,02034; \Delta b_{ii} = 0,01982; \Delta b_{ij} = 0,02659.$$

Из сравнения экспериментальных и табличных значений критериев Фишера видно, что уравнение (1) является близким к адекватному, а уравнение (2) адекватно математическим моделям ударной вязкости и износостойкости композиционного материала на основе вторичного полиэтилена.

С учётом значимости коэффициентов и после перехода к натуральным переменным уравнения (1)–(2) принимают вид

$$a \cdot 10 = 374,9 + 3,959C_1 - 3,726C_2 + 0,563C_3 + 0,533 \cdot 10^{-2}C_1C_2 - 0,011C_1C_3 - 0,583C_2C_3 - 0,017C_1^2 + 0,017C_2^2 - 0,38 \cdot 10^{-2}C_3^2; \quad (3)$$

$$I \cdot 10^9 = 1,390 + 0,014C_1 - 0,557 \cdot 10^{-2}C_2 - 0,747 \cdot 10^{-2}C_3 - 0,11 \cdot 10^{-3}C_1C_2 + 0,13 \cdot 10^{-1}C_1C_3 + 0,967 \cdot 10^{-4}C_2C_3 - 0,969 \cdot 10^{-5}C_1^2 + 0,6 \cdot 10^{-4}C_2^2 + 0,113 \cdot 10^{-3}C_3^2. \quad (2)$$

В процессе эксплуатации путевые прокладки подвергаются в основном износу, однако изготовление композита по оптимальному составу (4) при минимизации интенсивности изнашивания I приводит к снижению ударной прочности материала. Поэтому необходимо решить компромиссную задачу повышения ударной прочности при незначительном снижении интенсивности изнашивания материала. Решив совместно два уравнения (3) и (4), получим новый состав композиционного материала.

По разработанной технологии переработки отходов обувной промышленности выпущены комплекты прокладок для защиты деревянных стрелочных брусьев от механического износа, которые уложены на 2300 стрелочных переводов типа Р65 марки 1/11 во всех дистанциях пути Белорусской железной дороги.

УДК 621.311:628.1/2

ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ОТ ЗАМЕНЫ ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ ОБОГРЕВА СКВАЖИН В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖКХ НА САМОРЕГУЛИРУЮЩИЕСЯ ГРЕЮЩИЕСЯ КАБЕЛИ

А. А. КАПАНСКИЙ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Участки водопроводной сети, находящиеся в скважинах, нуждаются в подогреве. В противном случае при низкой нагрузке насосных агрегатов станций первого подъема воды возникает риск промерзания водоводов в период сильных холодов и прекращения водоснабжения. Для обогрева трубопроводов, находящихся в скважинах, на водоканалах, как правило, используются нерегулируемые трубчатые электронагреватели (ТЭН). В работе рассмотрен способ оценки потенциала энергосбережения от замены ТЭНов на саморегулирующийся греющийся кабель.

Для определения необходимой мощности греющего кабеля, Вт, производится расчет потерь тепловой энергии через теплоизоляцию водовода [1]:

$$P_{\text{тр}} = 2\pi\lambda L_{\text{тр}}(t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}}^{\circ})k / \ln\left(\frac{D}{d}\right), \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности теплоизоляции, принимается 0,05 Вт/(м·°С); $L_{\text{тр}}$ – длина участка трубы, м; $t_{\text{вн}}$ – температура жидкости внутри трубы, °С (для воды принимается значение +5 °С); $t_{\text{нв}}^{\circ}$ – минимальная температура окружающей среды, определяется по данным строительной климатологии и составляет для наиболее холодной пятидневки минус 24 °С; k – коэффициент запаса, принимается 1,3; D – наружный диаметр трубы с теплоизоляцией, м; d – наружный диаметр трубы, м.

Требуемая длина кабеля рассчитывается по формуле

$$L_{\text{к}} = P_{\text{тр}} / p_{\text{уд}}, \quad (2)$$

где $p_{\text{уд}}$ – удельная мощность кабеля, составляет 17 Вт/м.

На рисунке 1 приведена схема трубы с изоляцией, используемая при расчете теплотерь.

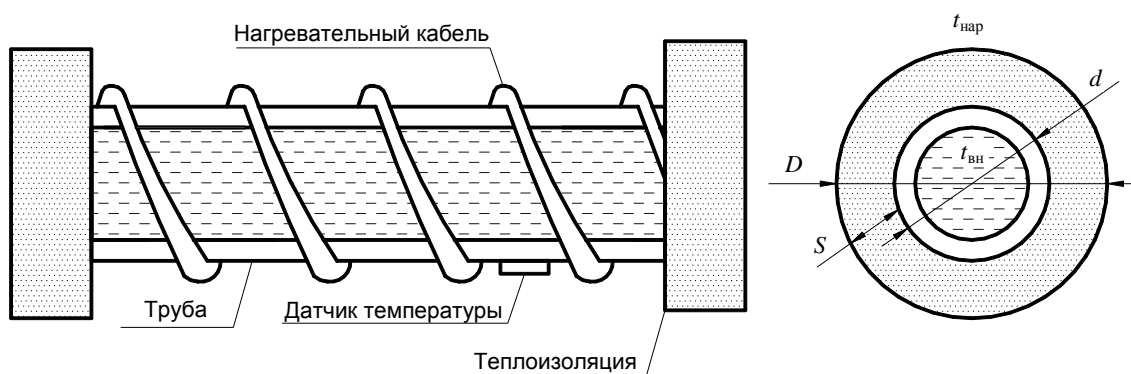


Рисунок 1 – Схема участка водовода с теплоизоляцией

Потребление электроэнергии, кВт·ч, при работе в существующем режиме обогрева электронагревателями определяется по формуле

$$W_1 = P_{\text{уст}} k_3 T_{\text{год}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{уст}}$ – установленная мощность электронагревателей, кВт; k_3 – коэффициент загрузки; $T_{\text{год}}$ – продолжительность работы электронагревателей за расчетный период, ч.

Расчетное время работы электронагревателей определяется по фактическому годовому количеству дней с отрицательной температурой наружного воздуха на основании статистических наблюдений Гидрометцентра Республики Беларусь. На рисунке 2 приведена динамика изменения температуры наружного воздуха за 2014 г. на примере г. Гомеля.

Расчетное время работы, ч, при эксплуатации трубчатых электронагревателей

$$T_{\text{год}} = k_{\text{п}} N T_{\text{сут}}, \quad (4)$$

где $k_{\text{п}}$ – коэффициент определяющий погрешность, связанную с инертностью отключения ТЭНов в области положительных температур наружного воздуха; N – количество дней с отрицательной температурой наружного воздуха; $T_{\text{сут}}$ – количество часов работы в сутках, ч.

Расчет фактической мощности $P_{\text{ф}}$ при работе греющего кабеля с установленным температурным датчиком определяется по формуле (1), используя среднюю температуру наружного воздуха в области отрицательных температур вместо минимальной температуры окружающей среды $t_{\text{нв}}^{\circ}$.



Рисунок 2 – Динамика изменения температуры наружного воздуха г. Гомеля

Расчет электрической энергии при работе саморегулирующегося греющего кабеля производится по формуле

$$W_2 = P_{\phi} T'_{\text{год}}, \quad (5)$$

где $T'_{\text{год}}$ – годовое время работы в зоне отрицательных температур, ч, определяется по формуле (4) без учета погрешности отключение кабеля в теплый период $k_{\text{н}}$, что связано с установкой температурного датчика на трубопроводе.

Экономический эффект в топливном выражении

$$\Delta B = (W_1 - W_2) \left(1 + \frac{k_{\text{пот}}}{100} \right) b_3, \quad (6)$$

где $k_{\text{пот}}$ – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях; b_3 – топливный эквивалент, выражающий количество условного топлива, необходимого для отпуска потребителю единицы электрической энергии от источника энергоснабжения, т у.т./тыс. кВт·ч.

Годовой потенциал энергосбережения при внедрении греющего кабеля с установкой датчика температуры в среднем оценивается в размере 2 тыс. кВт·ч на скважину [2].

Список литературы

- 1 Ермуратский, В. В. Расчёт внутреннего теплового сопротивления рабочих тел аккумуляторов явного и скрытого тепла / В. В. Ермуратский, М. А. Грицай // Проблемы региональной энергетики. – 2013. – № 3 (23).
- 2 Грунтович, Н. В. Оценка текущего состояния энергоэффективности технологических систем водоснабжения и водоотведения / Н. В. Грунтович, А. А. Капанский // Энергоэффективность. – 2016. – № 8. – С. 20–24.

УДК 697.7

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЙ ОТ ИНСОЛЯЦИИ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЯХ

С. Н. КОЛДАЕВА, В. В. ПРОНСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время теплофизические свойства таких элементов ограждающих конструкций, как стены и окна, существенно различаются. Теплотери через светопрозрачные элементы более чем в 5 раз превышают теплотери через стены [1]. С другой стороны, основное назначение светопрозрачных конструкций – пропускание естественного света в помещения, – в настоящее время теряет свое приоритетное значение. Появление нового поколения светильников и расширение их спектрального диапазона позволяет снизить потребность в естественном освещении. Сейчас при проектировании энергоэффективных зданий основной акцент делается на максимальное сбережение теп-

ла. Норма остекления фасадов при этом составляет 1 м² окна на 8–10 м² пола. Однако при правильной ориентации светопрозрачные элементы обеспечивают поступления тепловой энергии от инсоляции. Цель настоящего исследования – определить, в каких случаях возможно снижение потребления тепловой энергии на отопление здания путем утилизации тепlopоступлений от инсоляции. Исходными данными для расчёта являются среднемесячные тепlopоступления от инсоляции на вертикальные поверхности различной ориентации при средних условиях облачности в течение отопительного сезона (таблица 1) [2].

Таблица 1 – Месячные поступления суммарной солнечной радиации на вертикальные поверхности различной ориентации при средних условиях облачности

В мегаджоулях на метр квадратный

Ориентация поверхности	Январь	Февраль	Март	Апрель	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
С	0	0	0	3	0	0	0
СВ	0,2	2	12	34	5	0,5	0
В	17	26	64	92	39	12	8
ЮВ	61	75	119	130	92	40	31
Ю	93	108	158	135	129	57	45
ЮЗ	67	83	134	121	99	42	33
З	21	32	72	84	45	16	9
СЗ	0,5	3	16	31	6	0,7	0

Согласно требованиям ТКП 45-2.04-196–2010 (02250) «Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики», термическое сопротивление вертикальных ограждающих конструкций при новом строительстве должно составлять не менее 3,2 м²·°С/Вт, для светопрозрачных конструкций – не менее 1 м²·°С/Вт. Однако промышленное производство двухкамерных стеклопакетов на сегодняшний день обеспечивает эту характеристику в пределах 0,6 м²·°С/Вт. Рассчитанные с учетом указанной разницы в теплофизических свойствах элементов конструкций среднемесячные значения избыточных тепlopотерь через окна сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Избыточные тепlopотери через светопрозрачные конструкции

В мегаджоулях на метр квадратный

Ориентация поверхности	Январь	Февраль	Март	Апрель	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
С	30,3	29,3	24,1	15,0	15,0	21,7	27,1
СВ	30,3	29,3	24,1	15,0	15,0	21,7	27,1
В	30,3	29,3	24,1	15,0	15,0	21,7	27,1
ЮВ	28,9	28,0	23,0	14,4	14,4	20,7	25,8
Ю	27,6	26,6	21,9	13,7	13,7	19,7	24,6
ЮЗ	27,6	26,6	21,9	13,7	13,7	19,7	24,6
З	28,9	28,0	23,0	14,4	14,4	20,7	25,8
СЗ	30,3	29,3	24,1	15,0	15,0	21,7	27,1

В таблице 3 представлен расчетный баланс между избыточными тепlopотерями через поверхности с меньшим термическим сопротивлением и поступлениями тепла от инсоляции через те же поверхности. Цветом выделена область положительного баланса.

Таблица 3 – Среднемесячный баланс между избыточными тепlopотерями и тепlopоступлениями от инсоляции

В мегаджоулях на метр квадратный

Ориентация поверхности	Январь	Февраль	Март	Апрель	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
С	-30,3	-29,3	-24,1	-12,0	-15,0	-21,7	-27,1
СВ	-30,1	-27,3	-12,1	19,0	-10,0	-21,2	-27,1
В	-13,3	-3,3	39,9	77,0	24,0	-9,7	-19,1
ЮВ	32,1	47,0	96,0	115,6	77,6	19,3	5,2
Ю	65,4	81,4	136,1	121,3	115,3	37,3	20,4
ЮЗ	39,4	56,4	112,1	107,3	85,3	22,3	8,4
З	-7,9	4,0	49,0	69,6	30,6	-4,7	-16,8
СЗ	-29,8	-26,3	-8,1	16,0	-9,0	-21,0	-27,1

Вклад инсоляции в общий тепловой баланс здания определяется относительной площадью остекления фасадов, их ориентацией, назначением здания и т.д. При принятом для учреждений образования относительной площади остекления в 40–50 % для помещений, расположенных на юго-восточных, южных и юго-западных фасадах, возможно снижение потребности в обогреве от 3 до 50 %, в зависимости от продолжительности солнцестояния. Наименьшие теплопоступления на протяжении отопительного сезона характерны для декабря, наибольшие – для апреля (рисунок 1).

Следует отметить, что экономия тепловой энергии для обогрева здания с учетом инсоляции возможна только при наличии погодозависимой автоматики и пофасадного регулирования отопления. Дифференцированная система подвода тепла к «солнечной» и «теневой» сторонам здания позволит даже в рамках существующей схемы остекления фасадов снизить общее теплопотребление здания на 10–12 % и обеспечить тепловой комфорт во всех помещениях.

Не рассматриваемые в рамках настоящего исследования месяцы теплого периода, естественно, характеризуются избыточным перегревом по южным направлениям и требуют дополнительных корректирующих мер для обеспечения теплового комфорта. Поскольку речь идет об энергоэффективных зданиях, наиболее приемлемыми являются конструктивные решения – интеграция в оболочку здания горизонтальных (на южных фасадах) и вертикальных (на западных и восточных фасадах) светозащитных элементов.

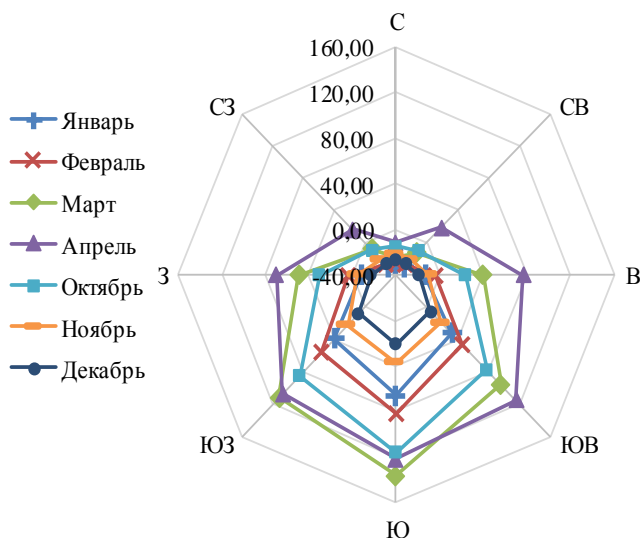


Рисунок 1 – Баланс избыточных теплопотерь и теплопоступлений от инсоляции по румбам

Список литературы

- 1 ТКП 45-2.04-196–2010. Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики. Правила определения.
- 2 СНБ 2.04.02–2007. Строительная климатология.

УДК 621.311:628.16

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

П. А. ЛУТЧЕНКО

ООО «Гефлис», г. Гомель, Республика Беларусь

Энергосбережение является одной из самых серьезных задач XXI века. От результатов решения этой проблемы зависит место нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран и уровень жизни граждан.

Очистка сточных вод до нормативов сброса в водные объекты является достаточно энергозатратным и, следовательно, дорогостоящим мероприятием. На городские очистные сооружения поступают бытовые и производственные сточные воды. На большинстве очистных сооружениях сточные воды проходят предварительную очистку в решетках, механическую – в песколовках и отстойниках, биологическую – в аэротенках и вторичных отстойниках, обеззараживание и при необходимости доочистку.

Область биологической очистки наиболее затратна в плане расходования энергоресурсов. На аэрацию иловой смеси приходится от 65 % и более электроэнергии.

Для обеспечения энергосбережения при разработке проектов реконструкции очистных сооружений биологической очистки сточных вод необходимо:

- 1) обоснованно выбрать процесс биологической очистки сточных вод с внедрением аэробных, аноксикидных и анаэробных зон;

- 2) произвести расчет объемов необходимых зон в аэротанке с учетом требуемой дозы ила;
- 3) заложить в проект аэраторы управляемого типа, совместно с их раскладкой по длине и ширине коридора, произвести расчет их количества;
- 4) в бескислородных зонах предусмотреть перемешивание с подбором оборудования;
- 5) выбрать тип энергосберегающего воздуходувного оборудования;
- 6) предусмотреть внедрение системы автоматизации с использованием датчиков;
- 7) укомплектовать проект управляемым насосным оборудованием с высоким КПД.

Установка новых воздуходувных агрегатов с регулируемой производительностью, которые позволяют максимально экономить электроэнергию, является наиболее дорогостоящим этапом реконструкции. Замена воздуходувного оборудования позволяет снизить потребление электроэнергии на 20–25 %, а в некоторых случаях – до 35 %. Выбранное оборудование должно удовлетворять следующим условиям:

- 1) иметь высокий КПД;
- 2) иметь широкий диапазон управления подачей воздуха;
- 3) КПД в диапазоне подач воздуха должен сохранять высокие величины.

Регулирование объема подачи воздуха позволяет регулировать интенсивность аэрации в соответствии с необходимостью процесса биологической очистки.

При внедрении автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) повышается общая эффективность работы систем очистки (до 10 %). Кроме того, автоматизация понижает трудовые ресурсы и оптимизирует процесс. Чтобы обеспечить срочный энергосберегающий эффект от воздуходувок с регулируемой производительностью проект АСУТП может быть реализован достаточно быстро с сохранением порядка 90 % эффективности по упрощенной схеме: выбирается контрольный аэротенк (или ряд аэротенков) с усредненным технологическим оснащением и средневзвешенными показателями параметров очистки, в нем размещаются контрольные датчики. После обработки сигналов с датчиков АСУТП в соответствии с заложенной логикой воздействует на электропривод главной задвижки воздуховода (или ряд заданных задвижек). Регулирование воздуходувок произойдет в автоматическом режиме по измерению давления в воздуховоде.

Современные процессы биологической очистки основываются на выделении аноксидных зон для обеспечения денитрификации (удаления азота нитридного и азота нитратного), что обеспечивает возврат кислорода через связанные формы азота (NO_2 , NO_3). В зависимости от продолжительности денитрификации, можно восстановить до 63 % кислорода из 100 % потребленного кислорода для окисления исходного аммония.

Процессы биологического удаления фосфора не включают в себя какой-либо дополнительной потребности в кислороде, а также не обеспечивают возврата каких-либо «кислородных избытков» в процесс.

Некоторая часть кислорода, потраченная на нитрификацию, может быть восстановлена путем внедрения в схему очистки аноксидной зоны в голове аэротенка для цели денитрификации возвратного активного ила (ВИ). Дополнительный возврат кислородного эквивалента денитрификацией обеспечивается проектированием процесса для достижения полного удаления азота, где используется внутренний рецикл иловой смеси (ВР).

Реализация схем с ВИ и ВР позволяет сократить потребление электроэнергии на 20 %.

Раскладка систем аэрации с понижением количества диффузоров по длине аэротенка-вытеснителя – это главный шаг, который перераспределяет кислород воздуха без увеличения давления в системе воздуходувок, что влечет за собой увеличение затрат на аэрацию. Требуется повышенная внимательность и осторожность при проектировании раскладки систем аэрации, поскольку конечные зоны аэротенков-вытеснителей следует проверять не только на достижение потребной концентрации растворенного кислорода КРК, но и на поддержание условий перемешивания иловой смеси.

Энергосберегающей раскладкой является также распределение аэраторов по принципу полного покрытия ширины дна аэрационного коридора. Устройство мелкопузырчатых систем аэрации по принципу полного покрытия дна усугубляет гидродинамическую характеристику реактора как вытеснителя, что способствует улучшению качества очистки от растворенных загрязнений.

Проектирование систем аэрации с учетом правильной раскладки по длине и ширине аэротенка-вытеснителя позволяет:

- 1) повысить КПД системы аэрации и общий КПД процесса очистки в целом;

2) снизить общее количество воздуха и общие энергозатраты станции аэрации ориентировочно на 15 %;

3) упростить систему автоматизации сокращением количества исполнительных механизмов (заводжек с электроприводами).

Таким образом, при реконструкции очистных сооружений можно сократить энергозатраты:

– до 20 % при внедрении современных процессов удаления биогенных элементов с выделением в аэротенке аэробных, анноксидных и аэробных зон;

– до 35 % при установке воздуходувок с регулируемой производительностью с высоким КПД;

– до 15 % при внедрении современных пневматических систем мелкопузырчатой аэрации с раскладкой по принципу 100%-го охвата ширины коридора и распределение количества аэраторов по «убывающему» принципу.

УДК 502.3

МОНИТОРИНГ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ОТ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. В. МАКЕЕВ, Е. Н. МЕЛЬНИКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. А. СУХОЦКАЯ

ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод», Республика Беларусь

Белорусский государственный университет транспорта (БелГУТ) располагает специализированной лабораторией, аккредитованной на соответствие ISO 17025, которая оказывает услуги в области охраны окружающей среды с 1991 г. Перед лабораторией была поставлена **задача** разработать план-график проведения мониторинга выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для нефтеперерабатывающего предприятия. Валовый выброс в атмосферу от нефтеперерабатывающего предприятия Гомельского региона Республики Беларусь составляет около 35 % всех выбросов.

Разработка плана-графика проводилась в три этапа: 1) формирование перечня загрязняющих веществ, подлежащих контролю; 2) формирование перечня источников выбросов, подлежащих контролю; 3) определение периодичности проведения контроля.

Перечень загрязняющих веществ, подлежащих мониторингу, составлялся с учетом результатов категорирования загрязняющих веществ. В перечень веществ, подлежащих контролю, были включены вещества I категории опасности и наиболее распространенные вещества II категории опасности.

В **перечень источников выбросов** загрязняющих веществ, подлежащих контролю, были включены те источники, которые вносят значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха. К таким источникам относятся технологические печи и печи термического обезвреживания побочных продуктов, факельные установки для сжигания углеводородных смесей, очистные сооружения сточных вод, градирни оборотного водоснабжения, аппаратные двory, эстакады слива-налива, парки емкостей хранения газов и резервуары хранения жидкостей.

Периодичность. Выбросы от технологических печей и печей термического обезвреживания побочных продуктов в обязательном порядке подлежат непрерывным измерениям на основе применения автоматизированных систем контроля. Выбросы от факельных установок для сжигания углеводородных смесей предложено контролировать расчетным методом с периодичностью один раз в месяц.

Периодичность проведения мониторинга выбросов от очистных сооружений сточных вод, градирен оборотного водоснабжения, аппаратных двory, эстакад слива-налива, парков емкостей хранения газов и резервуаров хранения жидкостей определялась в зависимости от уровня потенциального риска причинения вреда окружающей среде. По результатам расчетов был установлен режим периодичности проведения контроля – от одного раза в месяц до одного раза в квартал. Мониторинг выбросов должен проводиться инструментально-расчетным методом.

Разработанный план-график мониторинга выбросов в атмосферный воздух реализован на одном из нефтеперерабатывающих предприятий Республики Беларусь.

В технологических процессах нефтепереработки присутствуют специфические загрязняющие вещества, поступление которых возможно в окружающую среду. БелГУТ разработал для нефтеперерабатывающего предприятия методики выполнения измерений моноэтаноламина и метил-трет-амилового эфира.

Вывод. Была разработана схема мониторинга выбросов от источников нефтеперерабатывающего предприятия, основанная на вероятностном подходе оценки уровня потенциального риска причинения вреда окружающей среде. Предложена схема, позволяющая эффективно и своевременно принимать решения по снижению экологической нагрузки на атмосферный воздух при работе нефтеперерабатывающего предприятия.

УДК 621.311

ИНТЕНСИВНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ИСПАРИТЕЛЕЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ И ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМЕСЕВЫХ ОЗОНОБЕЗОПАСНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ

Е. Н. МАКЕЕВА

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Испарители являются одним из основных элементов холодильных и теплонасосных установок. Испаритель в тепловых насосах и холодильных установках служит для того, чтобы при низкой температуре отбирать теплоту из окружающей среды или от теплоносителя; при этом хладагент переходит из жидкой фазы в парообразную. В связи со значительным различием коэффициентов теплоотдачи потока газов и жидкостей применяются и различные конструкции испарителей. Специфика работы данных испарителей обуславливает относительно низкую интенсивность теплообмена и, как следствие, неблагоприятные энергетические, массогабаритные и стоимостные показатели испарителей. Интенсивность процесса теплопередачи определяется конструкцией испарителя, видом и компоновкой теплообменной поверхности, свойствами хладагента и хладоносителя, режимными параметрами и условиями эксплуатации. При определении путей совершенствования кожухотрубных испарителей необходим учет всех перечисленных факторов. Улучшение основных показателей испарителей во всех случаях связано с повышением интенсивности теплообмена как со стороны кипящего хладагента, так и со стороны хладоносителя.

Одним из путей интенсификации теплообмена со стороны кипящего хладагента является создание благоприятных поверхностных условий. Состояние поверхности нагрева влияет на условия зарождения, роста и отрыва паровых пузырей, плотность центров парообразования и т. д. Для интенсивного парообразования необходимо создание условий, облегчающих зарождение паровых пузырей, увеличение числа активных центров парообразования, а также обеспечение наибольшей площади поверхности соприкосновения парового пузыря в процессе его роста с теплоотдающей поверхностью. Изменение поверхностных условий может быть достигнуто различными способами: применением оребрения с определенными геометрическими параметрами, нанесением на поверхность различного рода покрытий, структурированием поверхности и др. Изучению влияния типа поверхности на интенсивность теплообмена при кипении смесевых озонобезопасных хладагентов и посвящена данная работа.

В качестве экспериментальных поверхностей были выбраны: гладкая стальная труба диаметром 25 мм; поперечно-оребрённая труба диаметром 50 мм с трапециевидальным профилем ребра; медная труба со спечённым капиллярно-пористым покрытием диаметром 30 мм.

В холодильных и теплонасосных установках получили распространение ребристо-трубные испарители, изготавливаемые из труб, оребренных различными способами. Оребрение труб часто применяют для увеличения наружной теплопередающей поверхности.

При кипении жидкостей на ребристых поверхностях, вследствие термического сопротивления теплопроводности, в ребрах возникают градиенты температуры, величина которых зависит от геометрических размеров ребра, коэффициента теплопроводности материала ребра, теплофизических свойств жидкости и условий охлаждения. Таким образом, применение ребер при отводе теплоты кипящей на них жидкостью приводит к тому, что даже при температурах в основании, соответствующих пленочному режиму кипения, за счет передачи ребром теплоты теплопроводностью и,

как следствие, падения температурного напора по высоте ребра, на поверхности ребра существует развитый пузырьковый и переходный режимы кипения. В сочетании с эффектом развития поверхности теплообмена через основание ребра могут быть переданы тепловые потоки плотностью, в несколько раз превышающей критическую при умеренных температурных напорах.

Наиболее эффективным и надежным способом интенсификации теплообмена при кипении является применение пористых металлических покрытий, при этом пористая структура образуется нанесением на поверхность трубы металлического порошка определенной зернистости. При этом образуется пористый слой с разветвленной системой сообщающихся между собой капиллярных каналов, через которые происходит эвакуация пара и подпитка пористой структуры жидкостью, подтекающей сюда под действием сил поверхностного натяжения. Кипение происходит как внутри пористого покрытия, так и на его поверхности. Высокая интенсивность теплообмена свидетельствует о том, что пористая структура создает весьма благоприятные условия для зарождения и роста паровых пузырей.

На рисунке 1 приведено сравнение интенсивности теплообмена при кипении фреонов R407c, R404a и R410a на различных типах поверхностей. Используются данные при кипении на оребренной поверхности с трапецевидным профилем ребра и пористой поверхности с толщиной 1 мм и средним диаметром частиц 100 мкм.

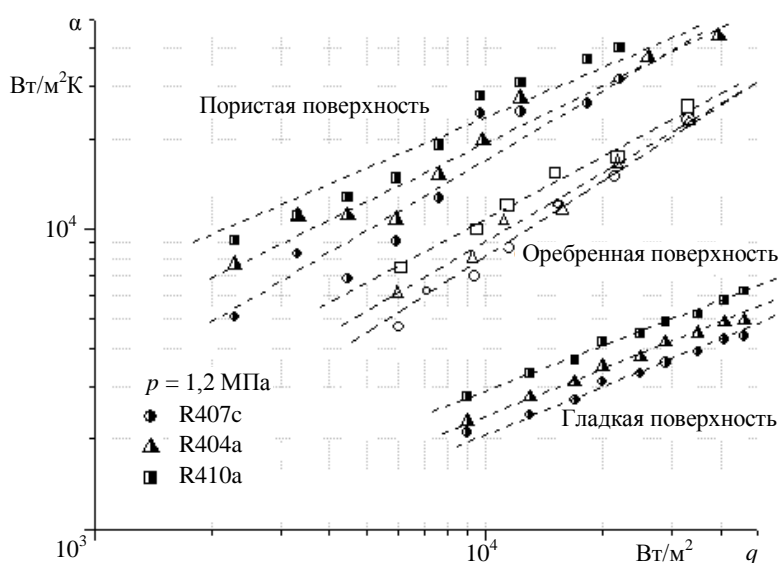


Рисунок 1 – Экспериментальные зависимости $\alpha = f(q)$ для различных типов поверхности

В качестве примера произвели расчет работы теплообменного аппарата по методике для горизонтального кожухотрубного испарителя затопленного типа. Хладагент – R410a (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты расчета показателей работы теплообменного аппарата

Параметр	Поверхность из труб		
	гладких	оребранных	с пористым покрытием
Плотность теплового потока в аппарате	1949	3957	6223
Разность температур кипения и стенки трубы	5,5	4,1	2,5
Площадь внутренней теплопередающей поверхности	31	15,26	9,96
Число труб, размещаемых по диагонали внешнего шестиугольника	19	13	11
Диаметр кожуха	0,48	0,51	0,36
Число ходов в аппарате	6	4	2
Общее число труб в аппарате	192	96	64
Площадь теплопередающей поверхности	31	15,48	10,36
Гидравлическое сопротивление	7717	4112	2632

Результаты расчета показали, что наиболее эффективными являются испарители для охлаждения жидкостей с теплопередающей поверхностью с пористым покрытием.

РЕАЛИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ»

М. П. МАЛАШЕНКО

Департамент по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь, г. Минск

В соответствии с Директивой Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства» в сфере энергосбережения поставлены задачи:

– по сдерживанию роста валового потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и сближения энергоемкости валового внутреннего продукта Республики Беларусь по паритету покупательной способности со среднемировым значением этого показателя;

– максимально возможному вовлечению в топливный баланс страны собственных топливно-энергетических ресурсов, в том числе возобновляемых источников энергии, достижению в 2020 г. доли местных ТЭР в валовом потреблении ТЭР не менее 16 % и доли ВИЭ в валовом потреблении ТЭР не менее 6 %.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 марта 2016 г. № 248 «Об утверждении Государственной программы «Энергосбережение» на 2016–2020 гг.» (далее – Государственная программа) установлены следующие показатели.

1 Снижение энергоемкости ВВП. На 2017 г. был установлен показатель по снижению энергоемкости ВВП на 0,5 % при темпах роста ВВП 101,7 %.

Рост ВВП (на 2,4 %) сопровождался незначительным ростом потребления ТЭР (на 1,3 %) в регулируемом государством секторе потребления энергоресурсов (расход топлива и электроэнергии без учета потребления светлых нефтепродуктов и топлива-сырья).

Рост нерегулируемых Госстандартом составляющих валового потребления ТЭР (6,7 % по потреблению бензина и дизельного топлива населением и около 10 % по топливу-сырью) обусловил увеличение валового потребления ТЭР на 2,9 % к уровню 2016 г., что не позволило выполнить показатель по снижению энергоемкости ВВП. При задании в размере минус 0,5 %, по предварительным данным Белстата, за 2017 г. выполнение данного показателя составило плюс 0,5 %.

За последние 20 лет (1997–2017) в результате работы по энергосбережению при росте ВВП за этот период в 2,5 раза валовое потребление ТЭР практически не изменилось (рисунок 1).

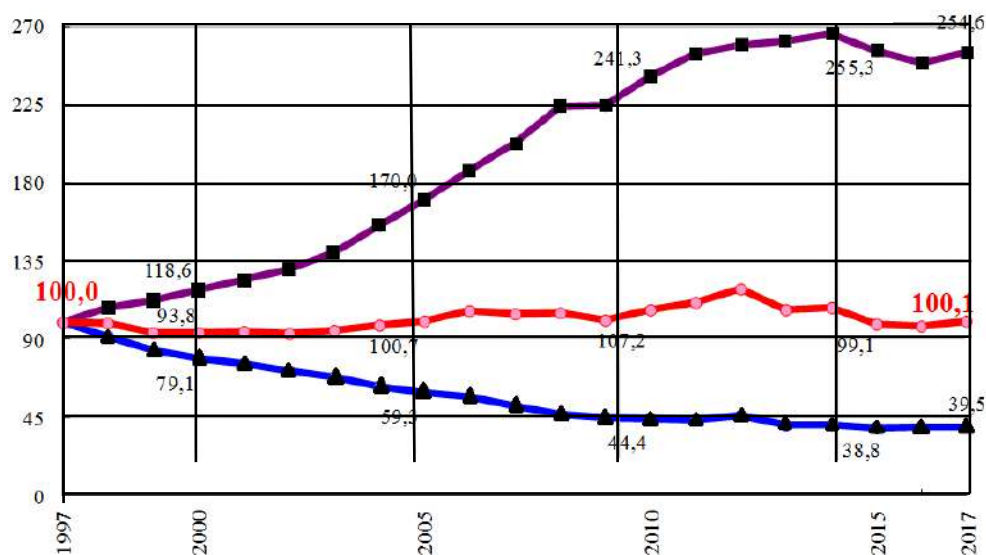


Рисунок 1 – Изменение ВВП, валового потребления ТЭР и энергоемкости ВВП к уровню 1997 г.:

■ – энергоемкость ВВП; ■ – ВВП; ● – валовое потребление ТЭР

2 Экономия энергоресурсов. На 2017 г. была поставлена задача по экономии ТЭР в объеме 1000 тыс. т у.т. В соответствии с государственной статистической отчетностью экономия ТЭР по итогам 2017 г. за счет мероприятий по энергосбережению составила 1033,6 тыс. т у.т.

Наибольший объем экономии ТЭР получен за счет внедрения в производство современных энергоэффективных и повышение энергоэффективности действующих технологий, процессов, оборудования и материалов в производстве – 277 тыс. т у.т., или около 30 %.

3 Целевые показатели энергосбережения. Большинство республиканских органов государственного управления, иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, облисполкомов и Минским горисполкомом, выполнены установленные на 2017 г. целевые показатели энергосбережения. Незначительное недовыполнение целевого показателя энергосбережения отмечается по Минздраву: фактический целевой показатель составил минус 4,6 % при задании минус 4,7 % (недостающий объем экономии составляет 30 т у.т.).

Не выполнены целевые показатели энергосбережения концернами «Беллепром» и «Беллесбумпром», Брестским и Гомельским облисполкомами.

Фактический целевой показатель концерна «Беллепром» составил минус 9,5 % при задании минус 10 %, концерна «Беллесбумпром» – минус 3,5 % при задании минус 18,8 %.

Фактический целевой показатель Брестского облисполкома составил минус 4,0 % при задании минус 4,2 %, Гомельского облисполкома – минус 4,4 % при задании 5,4 %.

Невыполнение задания концерном «Беллесбумпром» и Гомельским облисполкомом объясняется ненадлежащим исполнением китайской компанией САМСУ взятых на себя обязательств по контракту (строительные и пусконаладочные работы) на объекте «Строительство завода по производству сульфатной беленой целлюлозы на базе ОАО «Светлогорский ЦКК», что привело к срыву ввода данного объекта и недополучению экономии ТЭР в объеме 55 тыс. т у.т.

Причина невыполнения задания по концерну «Беллепром» и Брестскому облисполкому – недостаточные объемы экономии ТЭР (85 и 96,8 % от годового задания соответственно). Мероприятия плана деятельности по выполнению целевых показателей на 2017 г. концерном «Беллепром» выполнены только на 44,6 %, а Брестским облисполкомом – на 64,7 %.

4 Показатели по экономии светлых нефтепродуктов (СНП). Согласно отчетам о ходе выполнения запланированных на 2017 г. организационно-технических мероприятий по экономии СНП всеми органами госуправления, облисполкомами и Минским горисполкомом обеспечено выполнение установленных на 2017 г. показателей по экономии СНП.

Реализация организационно-технических мероприятий по экономии СНП обеспечила получение экономии СНП в объеме 112,9 тыс. т у.т. по итогам 2017 г.

5 Использование местных ТЭР, в том числе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). На 2017 г. установлен показатель по доле местных ТЭР в валовом потреблении ТЭР – 14,5 %. По итогам 2017 г. доля местных ТЭР в валовом потреблении ТЭР составила 15,6 % и увеличена к уровню соответствующего периода 2016 г. на 0,8 %.

По итогам года показатели по доле местных ТЭР в котельно-печное топливо (КПТ) большинством республиканских органов государственного управления, иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, облисполкомов и Минским горисполкомом выполнены. Незначительное недовыполнение задания отмечается в концерне «Беллесбумпром» и Брестской области (рисунки 2, 3).

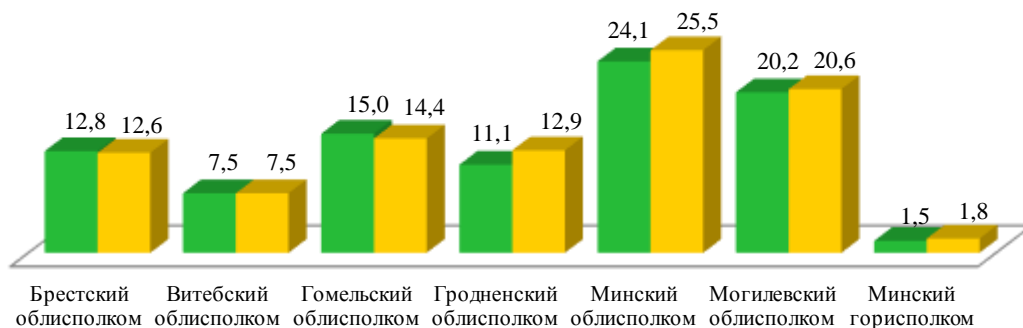


Рисунок 2 – Доля местных топливно-энергетических ресурсов в КПТ по регионам:

■ – задание на 2017 год, %; ■ – факт за 2017 год, %

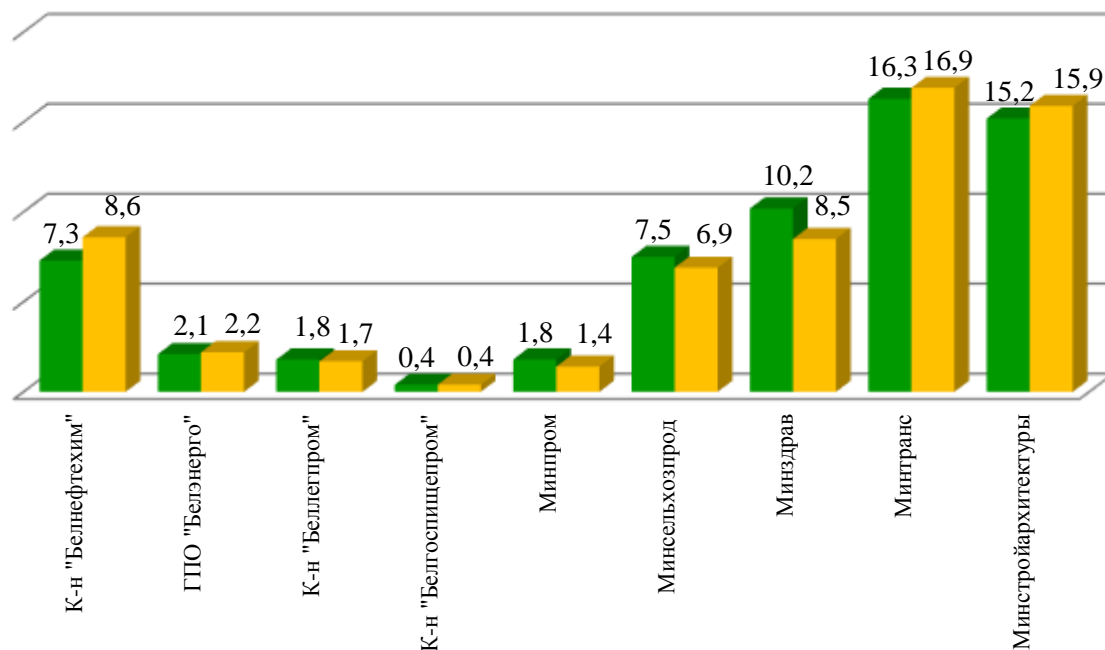


Рисунок 3 – Доля местных топливно-энергетических ресурсов в КПП:

■ – задание на 2017 г., %; ■ – факт за 2017 г., %

Существенное невыполнение показателей отмечается в Минздраве, Минпроме, Минсельхозпрод, концерне «Беллепром» и Гомельском облисполкоме.

По итогам 2017 г., по предварительным данным Белстата, доля ВИЭ в валовом потреблении ТЭР в целом по республике составила 6,2 % при задании на 2017 г. 5,9 %.

По прогнозам на 2020 г. в валовом потреблении ТЭР, который составит 40,3 млн т у.т., доля ВИЭ должна быть равна 6 %.

6 Ввод энергоисточников, работающих на местных видах топлива (МВТ). В 2017 г. (с учетом объектов незавершенного строительства 2016 г.) в соответствии с подпрограммой «Развитие местных топливно-энергетических ресурсов, в том числе возобновляемых источников энергии» Государственной программы запланировано к вводу в эксплуатацию 27 энергоисточников суммарной тепловой мощностью 100,24 МВт.

По итогам работы за 2017 г. введено в эксплуатацию 29 энергоисточников, работающих на местных ТЭР, суммарной тепловой мощностью 109,84 МВт.

Кроме того, в рамках реализации планов деятельности по выполнению целевых показателей на 2017 г. дополнительно введены в эксплуатацию 5 энергоисточников на местных ТЭР суммарной тепловой мощностью 5,4 МВт, не предусмотренные к строительству Государственной программой.

Также в 2017 г. введены в эксплуатацию возобновляемые источники энергии общей установленной электрической мощностью 165,075 МВт, в том числе:

- 8 ветроэнергетических установок суммарной электрической мощностью 13,2 МВт;
- 6 фотоэлектрических станций суммарной электрической мощностью 101,3 МВт;
- 3 гидроэлектростанции суммарной электрической мощностью 61,8 МВт;
- 3 биогазовые установки суммарной электрической мощностью 1,975 МВт.

7 Финансирование мероприятий Государственной программы. В структуре финансирования (рисунок 4) основным по весомости источником являлись собственные средства организаций (64,8 % в общем объеме) – использованы на 91,0 % от плана, кредитные ресурсы банков (12,0 %) использованы на 27 % от плана и местные бюджеты (13 %) – использованы на 54 % от плана.

Доля участия средств республиканского бюджета, выделенных на финансирование Государственной программы «Энергосбережение», в общем объеме финансирования ее мероприятий составила 0,9 %, уровень освоения средств – 98,0 %.

Недостаточность привлечения для финансирования мероприятий кредитных ресурсов банков связана с высокой закредитованностью предприятий и достаточно медленным повышением при-

влекательности кредитования. Недостаточный объем вложения средств местных бюджетов обусловлен запоздалой корректировкой Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда», предусматривающей исключение из нее мероприятий по строительству энергоисточников на местных ТЭР, входящих в Государственную программу «Энергосбережение» и соответствующих объемов их финансирования за счет средств, передаваемых из республиканского бюджета в местные.

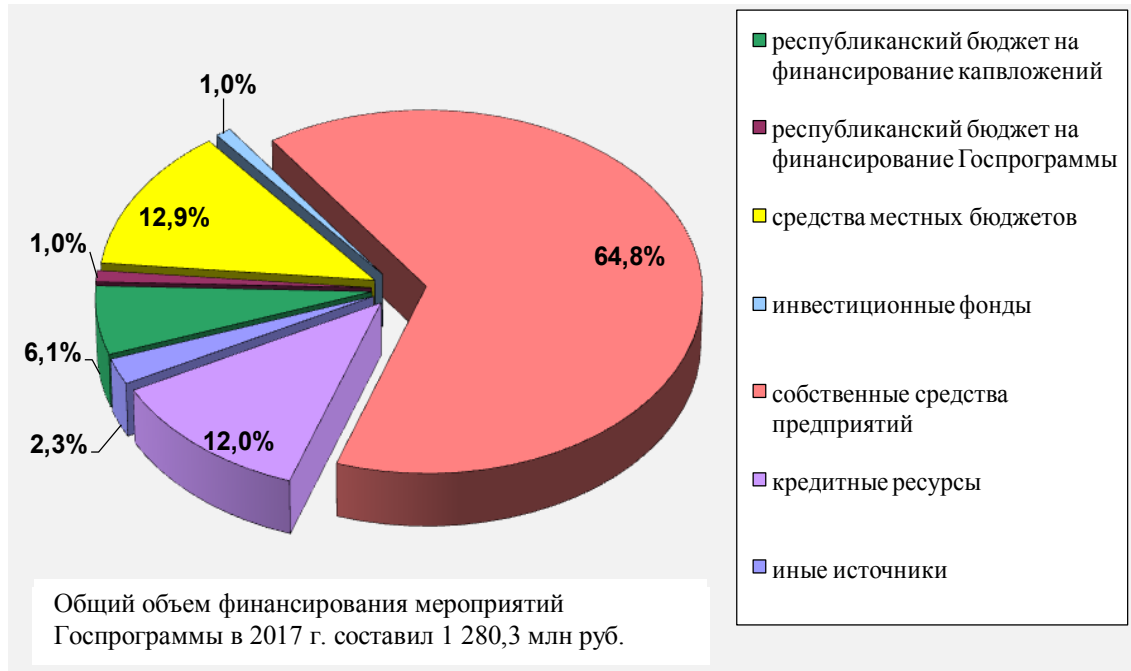


Рисунок 4 – Удельный вес источников финансирования мероприятий Госпрограммы в 2017 г.

8 Надзор за рациональным использованием ТЭР. По итогам работы за 2017 г. в рамках осуществления надзора за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 16 октября 2009 г. № 510 «О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь» и Указом Президента Республики Беларусь от 16 октября 2017 г. № 376 «О мерах по совершенствованию контрольной (надзорной) деятельности управлениями по надзору за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов по областям и г. Минску» проведено 467 проверок и 915 мониторингов.

Выявленное нерациональное использование и резерв экономии топливно-энергетических ресурсов составили 89,51 тыс. т у.т., или 17902 тыс. дол. США.

Выдано 351 предписание и 531 рекомендация на устранение нерационального расходования топлива, электрической, тепловой энергии и других нарушений действующего законодательства в сфере энергосбережения.

За нарушение законодательства Республики Беларусь в сфере энергосбережения составлено 579 протоколов об административном правонарушении.

По состоянию на 20.01.2018 в полном объеме выполнено 90 энергоаудитов из 121, включенных в график обязательных энергетических обследований на 2017 г., и 36 энергоаудитов, не включенных в график. Всего за 2017 г. в полном объеме выполнено 126 энергетических обследований. По 24 энергетическим обследованиям, включенным в график на 2017 г., работы находятся в стадии завершения (согласование результатов).

По результатам энергетических обследований выявлен резерв экономии ТЭР в объеме 163,74 тыс. т у.т., или 36022,8 тыс. дол. США.

9 Международное сотрудничество. Немаловажное значение в общей работе по повышению энергоэффективности и развитию использования местных ТЭР имеет сотрудничество с международными организациями, благодаря которому республика получает иностранные инвестиции, пере-

довые технологии и опыт для реализации совместных проектов по повышению энергоэффективности и использованию возобновляемых источников энергии.

В 2017 г. завершилась реализация совместного с Международным банком реконструкции и развития проекта «Повышение энергоэффективности в Республике Беларусь» (основной и дополнительные займы на общую сумму 215 млн дол. США. В рамках осуществлена реконструкция с преобразованием в мини-ТЭЦ шести котельных и модернизация двух ТЭЦ.

Всего в рамках проекта по состоянию на 31 декабря 2017 г. освоено 208,5 млн дол. США заемных средств МБРР (остаток неиспользованных средств МБРР в размере 5,9 млн дол. США возвращен во Всемирный банк).

Продолжается реализация совместного проекта Республики Беларусь и Международного банка реконструкции и развития «Использование древесной биомассы для централизованного теплоснабжения» (объем кредитных средств – 90 млн дол. США, период реализации – 2014–2019 гг.), в рамках которого предусмотрено выполнение работ по реконструкции (строительству) 10 котельных и 3 мини-ТЭЦ в организациях жилищно-коммунального хозяйства с обеспечением использования на них древесного топлива. Кроме того, в рамках указанного проекта за счет сэкономленных средств займа в размере 25,6 млн дол. США планируется строительство (реконструкция) 7 дополнительных объектов.

Всего в рамках проекта по состоянию на 31 декабря 2017 г. освоено 49,9 млн дол. США заемных средств МБРР, в том числе 25,7 млн дол. США в 2017 г.

В апреле 2017 г. завершена реализация Программы развития ООН «Разработка интегрированного подхода к расширению программы по энергосбережению» (срок реализации – 2013–2017 гг.) на сумму 2,0 млн евро. Мероприятия по повышению энергоэффективности на объектах учреждений образования выполнены в предусмотренном объеме.

Успешно реализуется Программа развития ООН/Глобального экологического фонда «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь» (срок реализации – 2012–2018 гг.) на сумму 4,9 млн дол. США. В рамках проекта введены в эксплуатацию демонстрационные энергоэффективные жилые дома в городах Минске, Могилеве и Гродно.

10 Оценка эффективности реализации Государственной программы. Оценка эффективности Государственной программы базируется на сравнении фактически достигнутых (по данным официальной статистической информации) значений показателей, указанных в таблице, характеризующих задачи Государственной программы, с их утвержденными значениями, с учетом степени соответствия фактически освоенных объемов финансирования их запланированному уровню:

Наименование показателя	План	Факт	Степень достижения планового значения
1 Снижение энергоемкости ВВП ($\Delta E_{\text{ВВП}}$), %	-0,5 (99,5)	+0,5 (100,5)	-1,01*
2 Годовая экономия ТЭР за счет внедрения мероприятий по энергосбережению ($\Delta_{\text{ТЭР}}$), тыс. т у.т.	1000	1033,6	1,034
3 Доля МТЭР в ВПТЭР ($D_{\text{МТЭР}}$), %	14,5	15,6	1,076
4 Доля ВИЭ в ВПТЭР ($D_{\text{ВИЭ}}$), %	5,9	6,2	1,051
5 Финансирование (Ф), тыс. руб.	2030300,0	1280278,86	0,631

* Так как результатом выполнения показателя является снижение его значения относительно имеющегося уровня, в случае недостижения планового значения показателя степень выполнения указывается со знаком минус («-»).

Степень достижения цели Государственной программы и решения задач ее подпрограмм в 2017 г. составила

$$CP = (-1,01 + 1,034 + 1,076 + 1,051) / 4 = 0,5376.$$

Эффективность реализации Государственной программы по итогам работы за 2017 г. составила

$$\mathcal{E}P = 0,5376 / 0,631 = 0,85.$$

Таким образом, по результатам оценки эффективность реализации Государственной программы средняя.

Выводы и предложения по дальнейшей реализации Государственной программы. Анализ текущего состояния и результатов, достигнутых в 2017 г., показывают, что Государственная программа выполнена со средней эффективностью. При этом следует отметить наличие у Государственной программы определенной специфики, которая заключается в том, что в большинстве случаев затраты на внедрение мероприятий и полученная в результате экономия топливно-энергетических ресурсов относятся к разным отчетным годам. Финансирование мероприятий в отчетном году приводит к экономии топливно-энергетических ресурсов как в отчетном, так и в последующем году.

Постоянной межведомственной комиссией по государственным программам сделан вывод о продолжении дальнейшей реализации Государственной программы. На 2018 г. запланировано:

- обеспечение экономии топливно-энергетических ресурсов в объеме 1,0 млн т у.т.;
- снижение энергоемкости ВВП на 0,8 % к уровню 2017 г.;
- достижение доли местных ТЭР в валовом потреблении ТЭР не менее 14,7 %;
- достижение доли ВИЭ в валовом потреблении ТЭР не менее 6 %.

В 2018 г. наибольший объем экономии ТЭР планируется получить за счет внедрения в производство современных энергоэффективных и повышение энергоэффективности действующих технологий, процессов, оборудования и материалов в производстве.

Немаловажным направлением экономии ТЭР в оставшиеся годы реализации программы является обеспечение планируемого использования экономии топливно-энергетических ресурсов за счет ввода энергоустановок, работающих на возобновляемых источниках энергии.

Электрическая энергия на таких установках производится без каких-либо топливных затрат, прямая экономия топлива от внедрения таких установок за 5 лет должна составить не менее 260 тыс. т у.т. При этом на 2018–2020 гг. приходится большая часть этой экономии (за 2016–2017 гг. прирост выработки электрической энергии энергоисточниками, работающими на ВИЭ, составил 647 млн кВт.ч, или третью часть от планируемой в 2020 г.).

Влияние успешной реализации данного направления энергосбережения на выполнение показателя снижения энергоемкости ВВП немалое – 0,6 процентных пункта задания.

УДК 656.222

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ НА ПРОВОЗНУЮ СПОСОБНОСТЬ УЧАСТКОВ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

М. А. МАСЛОВСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Электрификация железной дороги – одно из важных реконструктивных мероприятий. Она не только существенно повышает пропускную и провозную способность линии, но одновременно увеличивает производительность труда и дает большую экономию энергетических ресурсов. Электрификация в 4–5 раз дешевле, чем строительство второго главного пути [5]. Организационно-технические мероприятия, требующие меньших капиталовложений, обычно предшествуют реконструкции эксплуатируемой дороги. В ряде случаев организационно-технические мероприятия сочетаются с реконструктивными. Так, при увеличении массы поезда за счет тех или иных организационных мероприятий может потребоваться удлинение приёмо-отправочных путей на отдельных пунктах.

В Европе пассажирское движение преобладает над грузовым. Именно пассажирское движение обусловило лидирующую роль электрифицированных железных дорог, так как электротяга даёт возможность реализовать высокие скорости, большие ускорения и более благоприятна в отношении экологических воздействий железной дороги на окружающую среду, что немаловажно для Европы.

На электрифицированных ходах основные эксплуатационные показатели, определяющие эффективность перевозочного процесса (средний вес грузового поезда, средняя участковая скорость, среднесуточный пробег локомотива), на 20–30 % выше, чем на линиях с тепловозной тягой. Элек-

трическая тяга имеет более высокую энергетическую эффективность по экономии топливно-энергетических ресурсов: удельный расход условного топлива на измеритель ниже в 1,6 раза.

На зарубежных дорогах в последние 10–15 лет наблюдается интенсификация прироста электрифицированных линий, что вызвано конкурентной привлекательностью скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения, низкой себестоимостью перевозок по сравнению с автомобильным и авиационным транспортом, усилением требований экологической безопасности.

В промышленно развитых странах мира, имеющих устойчивую потребность в грузо- и пассажироперевозках, преимущественно применяется электрическая тяга; грузонапряжённость электрифицированных линий в 2–3 раза превышает грузонапряжённость тепловозных ходов.

Электрификация железных дорог позволяет на 20–30 % поднять нормы массы и скорости движения поездов, пробег локомотивов, снизить на столько же потребность в локомотивах и локомотивных бригадах, уменьшить в 2–3 раза ремонтно-эксплуатационные расходы на содержание локомотивов. Совокупность этих факторов обеспечивает в 1,5–2 раза меньшую себестоимость перевозок на электрической тяге, чем при тепловозной тяге.

Одним из важных критериев оценки эффективности реализации инфраструктурных проектов по электрификации участков железной дороги и выбора наиболее оптимальной последовательности реализации очередей проекта является изменение эксплуатационных затрат, т.е. сопоставление их величины по рассматриваемым участкам при существующей инфраструктуре и при электрификации.

Эксплуатационные расходы на электрифицируемых участках железной дороги включают в себя: стоимость расходуемого топлива и электроэнергии; расходы по ремонту и реновации подвижного состава, содержанию локомотивных бригад, на устройство и содержание тяговых подстанций, контактной сети, устройства электроснабжения, связи и СЦБ.

Расчёт эксплуатационных затрат 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:

- 1) все расходы, зависящие от работы подвижного состава, разбиваются на части по своему назначению причём каждая такая часть зависит от одного какого-либо измерителя работы;
- 2) устанавливается расходная ставка на каждый измеритель работы, которая показывает расходы, зависящие от этого измерителя;
- 3) для конкретных условий рассчитывается количество измерителей работы каждого вида;
- 4) умножением расходной ставки на соответствующее число измерителей работы получается величина расходов, зависящих от этого измерителя;
- 5) суммированием всех расходов, зависящих от измерителей, определяется величина эксплуатационных расходов.

Большое влияние на величину эксплуатационных расходов оказывает грузооборот на существующем участке дороги. Рассмотрим участок Витебск – Орша Белорусской железной дороги длиной 83 км для установления размеров перевозок, при которых целесообразен переход на электротягу. Согласно разработанной методике были выполнены тяговые расчеты для определения измерителей эксплуатационных расходов (времени хода грузового поезда, механической работы локомотива, расхода топлива и электроэнергии) при существующей инфраструктуре (тепловозная тяга, локомотивы 2ТЭ10М и ТЭП70) и для электрической тяги (электровозы ВЛ80 и ЧС4, обращающиеся на главном ходу Красное – Брест). Эксплуатационные расходы, зависящие от размеров движения, определены методом расходных ставок. К ним добавлены эксплуатационные расходы постоянных устройств дороги и расходы на остановки поездов.

Определены суммарные приведенные расходы (П), учитывающие стоимость электрификации участка дороги (К) и эксплуатационные расходы (С), зависящие от размеров перевозок и других факторов [6]. Построен график зависимости суммарных приведенных расходов от размеров перевозок на существующем участке дороги в зависимости от существующей и нескольких вариантов перспективной стоимости дизельного топлива и электроэнергии.

Электрификация железных дорог связана с необходимостью создания мощной инфраструктуры: системы тягового электроснабжения, тяговых подстанций, контактной сети, предприятий обслуживания и ремонта устройств энергоснабжения. Поэтому решение о переходе на электрическую тягу сводится к определению грузооборота, при котором себестоимость перевозок

становится ниже, чем при тепловозной тяге. Выполнив аналогичные расчеты и построения для других участков Белорусской железной дороги, установлена область значений экономически целесообразного грузооборота и перехода на электрическую тягу, ниже которых (при малых размерах перевозок) стоимость инфраструктуры является избыточной, а выше (при больших объемах перевозок) компенсируется более высокими технико-эксплуатационными показателями электрической тяги.

Список литературы

- 1 Электрификация Белорусской железной дороги [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forum.railwayz.info/viewtopic.php>. – Дата доступа: 9.06.2018.
- 2 Железнодорожный транспорт в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biofile.ru/geo/4836.html>. – Дата доступа: 9.06.2018.
- 3 Информационное агентство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.interfax.by/article/1143564>. – Дата доступа: 10.06.2018.
- 4 Железнодорожник Белоруссии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xpress.by/2017/08/09/na-dostignutome-ostanavlivatsya-2>. – Дата доступа: 10.06.2018.
- 5 Довгелюк, Н. В. Реконструкция железных дорог: пособие / Н. В. Довгелюк, Г. В. Ахраменко, В. А. Вербило. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 339 с.
- 6 Довгелюк, Н. В. Изыскания и проектирование железных дорог: учеб. пособие / Н. В. Довгелюк, Г. В. Ахраменко, И. М. Царенкова. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 333 с.

УДК 656.2:502.1

ОБ АНАЛИТИЧЕСКОМ (ЛАБОРАТОРНОМ) КОНТРОЛЕ И ЛОКАЛЬНОМ МОНИТОРИНГЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Е. Н. МЕЛЬНИКОВА, П. В. САФОНОВ, М. А. СВИРИДЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Крупными источниками загрязнения окружающей среды являются объекты Белорусской железной дороги. Для обеспечения экологической безопасности на предприятиях Белорусской железной дороги должно быть организовано проведение аналитического контроля окружающей среды, который предполагает определение качественного и количественного химического состава выбросов и сравнение его с установленными нормативами.

Требования к проведению аналитического (лабораторного) контроля и локального мониторинга окружающей среды регламентированы в следующих документах:

1) Инструкция о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды юридическими лицами, осуществляющими эксплуатацию источников вредного воздействия на окружающую среду [утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 01.02.2007 № 9 (в редакции постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 11.01.2017 № 4)];

2) Количество и местонахождение пунктов наблюдений локального мониторинга окружающей среды, перечень параметров, периодичность наблюдений и перечень юридических лиц, осуществляющих хозяйственную и иную деятельность, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, в том числе экологически опасную деятельность, осуществляющих проведение локального мониторинга окружающей среды (утверждено постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 11.01.2017 № 5);

3) ЭкоНиП 17.01.06-001–2017. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности;

4) ТКП 17.13-14–2014 (02120). Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Общие принципы.

Измерения в области охраны окружающей среды должны проводиться аккредитованными в Национальной системе аккредитации Республики Беларусь испытательными лабораториями с соответствующей областью аккредитации и по методикам, включенным в реестр технических нормативных правовых актов и методик выполнения измерений в области охраны окружающей среды в

соответствии с ЭкоНиП 17.01.06-001–2017 от 01.10.2017 г. «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности».

При проведении аналитического (лабораторного) контроля и локального мониторинга природопользователи в зависимости от вида оказываемого вредного воздействия на окружающую среду осуществляют наблюдения за следующими объектами: выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками; выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух на границе зоны воздействия; сточными водами, сбрасываемыми в поверхностные водные объекты или систему канализации населенных пунктов; поверхностными водами в фоновых створах, расположенных выше по течению мест сброса сточных вод, и контрольных створах, расположенных ниже по течению мест сброса сточных вод; подземными водами в районе расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения; землями в районе расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения.

Стационарные источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух должны быть оборудованы пробоотборными площадками. Измерительные сечения должны быть расположены так, чтобы обеспечить однородные условия течения газовых потоков, располагаться на максимальном удалении от возможных помех (изгибы дымохода), препятствующих однородному течению газовых масс. Требования к выбору измерительных участков, мест отбора проб и проведения измерений выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух описаны в ЭкоНиП 17.01.06-001–2017.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками контролируются непрерывно или с периодичностью до 1 раза в год. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на границе зоны воздействия контролируются с периодичностью от 1 раза в месяц до 1 раза в квартал. Сточные воды, сбрасываемые в поверхностные водные объекты или систему канализации населенных пунктов, и поверхностные воды в фоновых створах, расположенных выше по течению мест сброса сточных вод, и контрольных створах, расположенных ниже по течению мест сброса сточных вод, контролируются с периодичностью от 4 раз в месяц до 1 раза в год. Подземные воды в районе расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения контролируются с периодичностью от 1 раза в квартал до 1 раза в год. Земли в районе расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения контролируются с частотой 1 раз в 3 года, для объектов по транспортировке и хранению нефтепродуктов установлена периодичность контроля 1 раз в 2 года.

Используемые методы аналитического (лабораторного) контроля подразделяют на пять основных групп:

1 Методы прямых измерений, которые в свою очередь подразделяются:

а) на методы непрерывного отбора и измерения. Выделяют прямое считывание на источнике, при этом измерительная система монтируется непосредственно в канале трубы; непрерывный отбор проб, при этом приборы осуществляют непрерывный отбор проб и передают данные измерительному устройству, осуществляющему их непрерывный анализ;

б) методы периодического отбора проб и измерения. Выделяют прямой отбор проб и проведение измерений, при котором переносное измерительное оборудование устанавливается в точке измерения; лабораторный анализ проб, взятых стационарными пробоотборными устройствами; лабораторный анализ единичных проб.

2 Методы определения косвенных параметров. Включает измерение или вычисление величин, косвенно используемых для определения величин прямых параметров. Различают количественные, качественные и индикаторные косвенные параметры.

3 Методы материального баланса. Предусматривают учет входного потока веществ, его накопление в процессе, выходного потока веществ и их образование или разложение в ходе технологического процесса.

4 Расчетные методы. Применяются для количественной оценки выбросов при использовании теоретически разработанной формулы или модели источника загрязнения.

5 Метод определения коэффициентов выбросов. Метод основан на применении множительного коэффициента, отражающего увеличение уровня производительности технологического процесса и пропускную способность источника выбросов.

При проведении экологических работ используется оборудование для отбора проб (электроаспиратор, секундомер, термометр, барометр, дифференциальный манометр, термоанемометр и др.),

оборудование, обеспечивающее экспресс-анализ количественного содержания загрязняющих веществ (газоанализаторы фирм «Testo», «Полар» и др.), лабораторное аналитическое оборудование (хроматограф, спектрофотометр, атомно-абсорбционный спектрометр, флюорат, иономер и др.), а также вспомогательное оборудование (пробоотборная трубка, пробоотборник для отбора воды, бур почвенный и др.). Применяемые средства измерений должны быть включены в Государственный реестр средств измерений Республики Беларусь и своевременно проходить поверку и аттестацию.

Основными источниками выбросов загрязняющих веществ на предприятиях Белорусской железной дороги являются котельные, пескосушилки, печи СОБУ, деревообрабатывающие участки, столярные участки, посты покраски, химчистки и др. От вышеперечисленных источников осуществляется выброс следующих загрязняющих веществ: твердых частиц (не дифференцированная по составу пыль/аэрозоль) суммарно, древесной пыли, азота оксидов, серы диоксида, углерода оксида, перхлорэтилена, углеводородов предельных алифатического ряда C₁-C₁₀, ксилолов, толуола, бензола, ацетона и др. Результаты физико-химических измерений выбросов загрязняющих веществ на предприятиях Белорусской железной дороги указывают на соответствие выбросов установленным нормативам.

УДК 628.29

ПОДХОД К РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД

А. Б. НЕВЗОРОВА, О. К. НОВИКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Снижение загрязнения водных объектов является одним из основополагающих направлений в системе защиты окружающей среды. В данной области наметились новые задачи, направленные на решение проблем, существование которых ранее не принималось во внимание.

Одной из основных причин ухудшения качества вод поверхностных источников является эвтрофикация – процесс роста биологической растительности, который происходит вследствие нарушения баланса питательных веществ. Он сопровождается чрезмерным развитием водорослей, особенно зеленых, сине-зелёных и диатомовых, преобладанием нежелательных видов планктона, нарушением жизнедеятельности рыб. Увеличение интенсивности эвтрофикации вызвано повышенными концентрациями азота и фосфора в составе сточных вод, поступающих в водные объекты. Традиционная очистка не обеспечивает достаточной глубины удаления биогенных элементов. Так, при механической очистке содержание азота и фосфора снижается на 9–11 %, а при биологической – на 27–33 %. Снижение концентраций азота и фосфора на выпуске очистных сооружений может быть обеспечено за счет: 1) разработки и внедрения мероприятий, направленных на сокращение биогенных элементов в составе городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения; 2) реконструкции существующих очистных сооружений с применением интенсификации биологической очистки за счет внедрения технологии глубокого удаления азота и фосфора.

Цель работы – разработать предложения по комплексному подходу к реконструкции городских очистных сооружений с учетом закономерностей формирования качества сточных вод.

Качественный состав городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения, зависит от состава бытовых и производственных сточных вод, отводимых в городские сети водоотведения. Концентрация загрязняющего вещества в составе городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения, определяется по формуле

$$C_{г.с.в} = \frac{C_{п}Q_{п} + C_{б}Q_{б}}{Q_{п} + Q_{б}},$$

где $C_{п}$, $C_{б}$ – концентрация загрязняющего вещества в суммарном составе производственных сточных вод и в бытовых сточных водах соответственно, мг/дм³; $Q_{п}$, $Q_{б}$ – суммарный расход производственных сточных вод и бытовых сточных вод соответственно, м³/сут;

Предлагаемая методика нормирования представлена на рисунке 1.

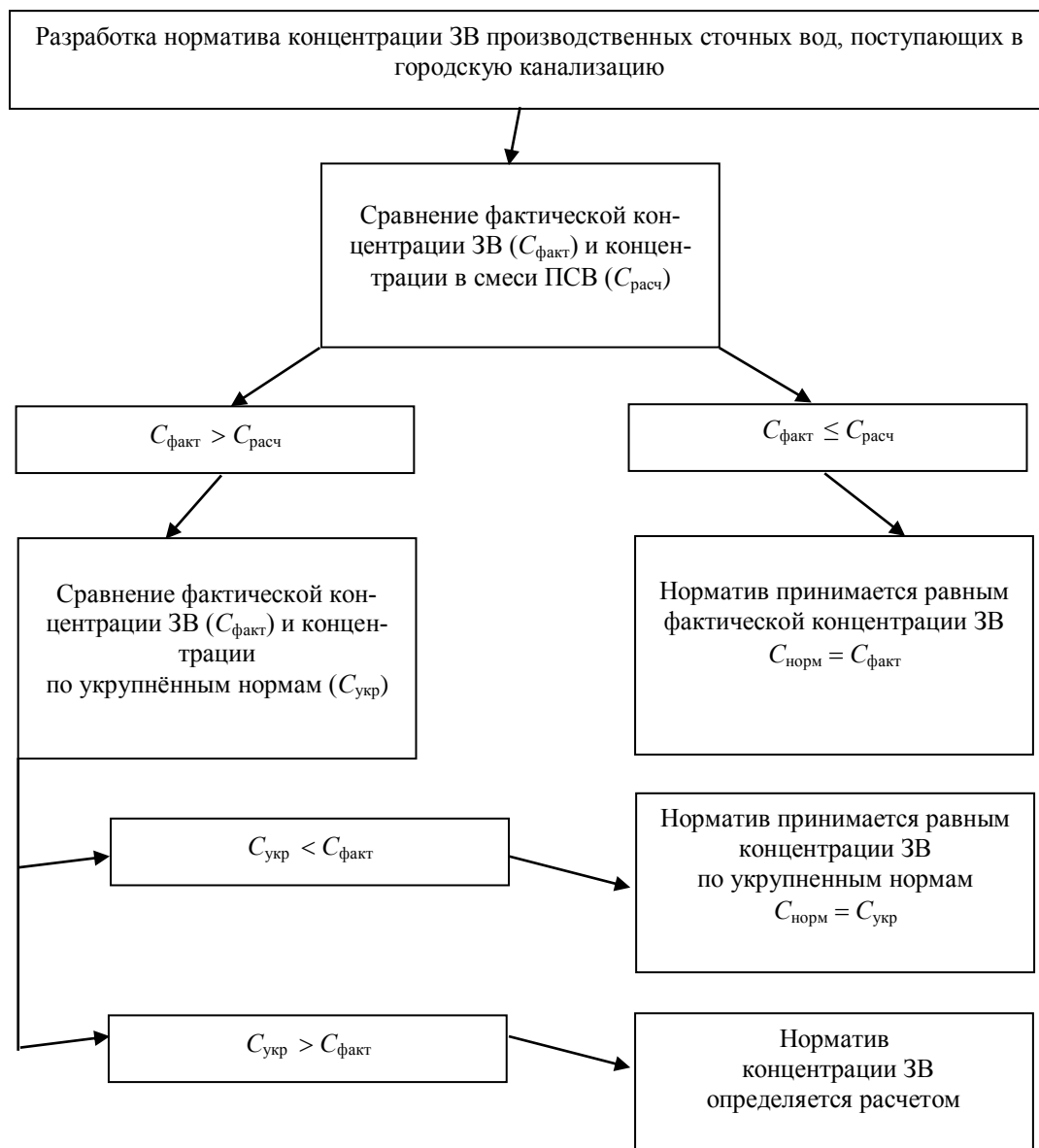


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма расчета норматива

Концентрации азота и фосфора в составе городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения, могут быть снижены за счет снижения концентрации в бытовых и в суммарном расходе производственных сточных вод.

Концентрации бытовых сточных вод в практике проектирования определяются в зависимости от нормы загрязнения на человека в сутки по ТКП 45-4.01-202–2010. Снижение концентраций биогенных элементов в бытовых сточных водах может быть достигнуто только при изменении быта населения путем отказа от фосфатсодержащих моющих средств бытовой химии.

В соответствии с требованиями «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» для промышленных предприятий могут быть установлены единые значения концентраций загрязняющих веществ на выпуске в городские сети водоотведения. При ужесточении требований к сбросу сточных вод промышленных предприятий в городские сети водоотведения и установлении единого норматива для различных предприятий города ряду предприятий потребуется установка высокоэффективных локальных очистных сооружений, требующая финансовых вложений, превышающих затраты на развитие основного производства. Поэтому целесообразным является разработка нормативов допустимых концентраций в составе производственных сточных вод, отводимых в городские сети водоотведения, с учетом технологических особенностей каждого производства, что позволит в некоторых случаях снизить норматив, в других – увеличить. Данное решение помо-

жет снизить затраты на строительство локальных очистных сооружений и позволит перераспределить затраты на реконструкцию очистных сооружений города.

При разработке нормативов предлагается каждую отрасль промышленности и каждый вид промышленного предприятия рассматривать отдельно и разрабатывать нормы конкретно для каждого случая, учитывая технологические особенности и расходы предприятия, а также по каждому предприятию устанавливать показатели и их значения исходя из укрупненных норм водопотребления и водоотведения, фактические максимальные концентрации.

Таким образом, реконструкция городских очистных сооружений должна базироваться на анализе качественного состава поступающих сточных вод, внедрения технологии глубокого удаления азота и фосфора путем выделения в аэротенках анаэробной, аноксидной и аэробной зон и установкой соответствующего оборудования. Такой комплексный подход позволит снизить концентрации азота и фосфора на выпуске в водные объекты и уменьшить существующее воздействие антропогенное агрессивное воздействие на системы водоотведения.

Список литературы

- 1 Водоотведение и очистка сточных вод / С.В. Яковлев [и др.]. – М. : Стройиздат, 1996. – 591 с.
- 2 **Жмур, Н. С.** Управление процессом и контроль результата очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н. С. Жмур. – М. : Луч, 1997. – 172 с.
- 3 **Невзорова, А. Б.** Водоснабжение и водоотведение селитебных территорий : [моногр.] / А. Б. Невзорова, О. К. Новикова, Г. Н. Белоусова. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 263 с.
- 4 Мониторинг техногенной нагрузки от поверхностных сточных вод на городскую дождевую канализацию / А. Б. Невзорова [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2011. – № 2. – С. 64–66.

УДК 628.543.3/9

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

О. К. НОВИКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. И. ШАБАЛИНА

ЧСУП «ТЭП Инжиниринг», г. Гомель, Республика Беларусь

В настоящее время функционирование животноводческих комплексов существенно влияет на экологическую безопасность окружающей среды из-за отсутствия систем сбора и очистки органических отходов. Установлено, что основными факторами, оказывающие влияния на загрязнение окружающей среды, являются: вид, численность, рост, пол и масса животных; качество и количество кормов; способ содержания животных и способ удаления навоза.

Жидкий навоз содержит значительное количество патогенных микроорганизмов. В процессе анаэробного сбраживания навозных стоков образуются газы (сероводород, аммиак и другие), жирные кислоты, амины и другие соединения с неприятным запахом. В зоне животноводческих комплексов атмосферный воздух загрязнен микроорганизмами, пылью, аммиаком и другими продуктами жизнедеятельности животных, часто обладающими неприятными запахами (свыше 45 различных веществ).

Размещение животноводческих комплексов вблизи водных объектов приводит к их загрязнению. Сброс даже небольшого количества неочищенных навозосодержащих сточных вод вызывает массовые заморы рыбы и выводит водоемы из хозяйственного пользования. В воде резко возрастает количество аммиака и уменьшается содержание кислорода.

Для предотвращения загрязнения почв, воздуха, растительности, водных объектов необходимо соблюдать технологии переработки отходов животноводства, которые также могут удовлетворить энергетические потребности населения и способствовать ресурсосбережению.

На основании анализа методов очистки сточных вод животноводческих комплексов, с целью получения органического удобрения и биогаза, разработана технологическая схема (рисунок 1), включающая гидролизную установку, биореактор, газонакопитель, шнековый сепаратор, лагуны и гранулирование.

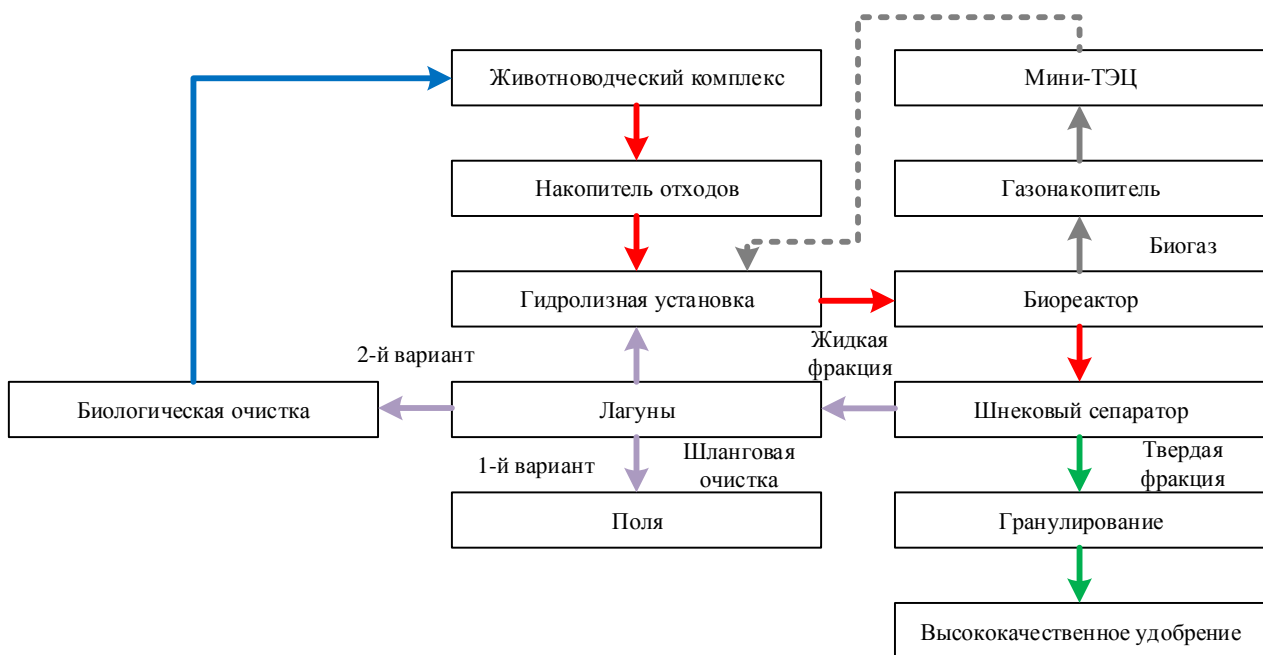


Рисунок 1 – Оптимальная технологическая схема переработки отходов животноводческого комплекса

Отходы животноводческого комплекса направляются в накопитель, далее в гидролизную установку, в которой происходит процесс окисления под действием гидролизных бактерий с образованием жирных кислот. Затем сбраживаемая масса поступает в биогазовую установку, где происходит процесс переработки жирных кислот метанобразующими бактериями, уничтожаются болезнетворные бактерии и яйца гельминтов, выделяется биогаз.

Поскольку гидролизные бактерии являются стойкими колониями микроорганизмов, которые быстро размножаются в питательной среде, то в течение нескольких часов их количество удваивается. Анаэробные бактерии размножаются гораздо медленнее. Если гидролизные бактерии получают большое количество питательного вещества, то они вырабатывают такое количество жирных кислот, которое анаэробные бактерии не успевают переработать, что приводит к переокислению содержимого биореактора, падению pH и в критической ситуации к срыву всего процесса. Следовательно, биогазовая установка разделяется на два блока: гидролизную установку и биореактор.

Выделенный биогаз из биогазовой установки направляется в газонакопитель, далее в мини-ТЭЦ. Полученная тепловая и электрическая энергия используются для работы биогазовой установки, на отопление и освещение животноводческих помещений, жилых домов и т.д. либо могут быть реализованы сторонними потребителями.

После биогазовой установки навозная масса поступает в шнековый сепаратор, в котором разделение и последующий отжим твердой фракции производится при помощи шнека и сита, что позволяет выдавливать не только всю свободную жидкость, но и большинство связанной влаги из твердых составляющих. В итоге образуются твердая фракция с влажностью до 70 % и жидкая фракция, не содержащая взвешенных веществ. Твердая фракция поступает в гранулятор, где получают спрессованные гранулы, в которых макро- и микроэлементы содержатся в оптимальном количестве и нормальной влажности (10–12 %). Этот вид органического удобрения может быть эффективно использован для любого вида растения и типа почвы. Жидкая фракция направляется на хранение в лагуны. Часть навоза из лагун подается для смешивания со свежим субстратом на стадии гидролиза.

Одним из вариантов использования жидкой фракции после сепаратора является повторное использование после очистки на мытье кормушек в комплексе. Блок очистки включает решетку, песколовку, модуль биологической очистки и установку УФ-обеззараживания. Второй вариант – использование в качестве удобрения: жидкая фракция из лагун с помощью шланговой системы перекачивается на поля.

Разработанная технологическая схема переработки отходов животноводческого комплекса может быть использована на животноводческих комплексах с получением новых ресурсов и энергии из отходов и снижения их антропогенной нагрузки на окружающую среду.

**ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРОВ-ЭНЕРГОМЕНЕДЖЕРОВ
ДЛЯ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ***В. М. ОВЧИННИКОВ**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Проблема энергосбережения и энергоэффективности, как известно, является одной из центральных проблем нашего государства. Транспорт в Республике Беларусь находится в числе наиболее энергопотребляющих отраслей. Железнодорожный транспорт является самым экономичным видом транспорта (водный транспорт в Беларуси мало используется), однако резервов для повышения энергоэффективности на Белорусской железной дороге немало. БелГУТ совместно с Белорусской железной дорогой всегда решал многие проблемы железнодорожного транспорта, хотя организации относились к разным ведомствам. Но 20.10.2014 БелГУТ передан в подчинение Министерству транспорта и коммуникаций, в ведении которого находится и Белорусская железная дорога. Следовательно, БелГУТ и Белорусская железная дорога являются организациями одного ведомства. Это, кстати, указано белорусским государственным институтом метрологии в сертификате соответствия, выданном БелГУТу на оказание услуг по энергетическому обследованию организаций с потреблением ТЭР до 50 тыс. т условного топлива в год и предприятий Белорусской железной дороги. По согласованию с Управлением Белорусской железной дороги и с разрешения Минтранса в БелГУТе была открыта подготовка специалистов по специализации 1-43 01 06 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент на транспорте» с получением квалификации «инженер-энергомеджер», выпуск которых состоится в июле 2020 г.

Подготовленный в БелГУТе инженер-энергомеджер будет проводить системный энергоанализ предприятия, регулярно следить за достижениями в области энергосбережения и энергоэффективных технологий, разрабатывать новое энергоэффективное оборудование и технологические процессы на железнодорожном транспорте, организовывать контроль и учет потребления ТЭР, следить за экологической безопасностью при работе энергооборудования предприятия, обучать и повышать квалификацию персонала по проблеме энергосбережения и энергоэффективности на предприятии. Некомпетентный или недостаточно подготовленный в области энергосбережения сотрудник может привести к значительным убыткам предприятия и отрасли в целом.

На Белорусской железной дороге более 100 довольно крупных энергопотребляющих предприятий. К ним можно отнести 17 локомотивных (ГЧ) и 12 вагонных (ВЧД) депо, дистанции пути (ПЧ) – 20, электроснабжения (ЭЧ) – 7, погрузочно-разгрузочных работ (МЧ) – 4, гражданских сооружений (НГЧ) – 7, железнодорожные станции (ДС) – 21 и др. (ПМС-7, ЛВЧ-6, ПЧЛ-6, РП, МПР, Дорвод, ДорЭЦПК). Следовательно, поле деятельности для инженера-энергомеджера большое.

Проблеме управления энергетическими ресурсами, их эффективного потребления в БелГУТе начали уделять внимание в 1980-х гг. и особенно после распада СССР. Был создан научно-исследовательский центр экологической безопасности и энергосбережения на транспорте, сотрудники которого составили основу штата новой кафедры «Энергоэффективные технологии на транспорте» (2011 г.). После присоединения кафедры экологического направления «Экология и рациональное использование водных ресурсов» (энергопотребление тесно связано с охраной окружающей среды) была образована (01.01.2016), действующая в настоящее время кафедра «Экология и энергоэффективность в техносфере».

БелГУТ обладает достаточным количеством приборов и оборудования для выполнения работ по энергообследованию транспортных предприятий, нормированию расхода углеводородного топлива при эксплуатации техники на железнодорожном ходу, нормированию расхода ТЭР при различных технологических процессах предприятий железнодорожного транспорта, выполнению всех видов экологических работ (нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты, образование отходов производства, водопотребления и водоотведения для транспортных предприятий), разработке энергетических и экологических паспортов транспортных (в основном железнодорожных) предприятий.

В результате БелГУТ в настоящее время располагает достаточным профессорско-преподавательским составом, который имеет знания, умения и опыт практической работы в области энергоэффективности и энергосбережения на железнодорожном транспорте.

Предметы, которые входят в учебный план по специализации 1-43 01 06 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент на транспорте», имеющие специфику железнодорожного транспорта, читают преподаватели фундаментальных кафедр железнодорожного профиля факультетов УПП, механического и строительного.

Преподавать специальные дисциплины для будущих инженеров-энергомеджеров будут сотрудники кафедры, которые имеют многолетний опыт работы по энергосбережению на предприятиях Белорусской железной дороги и промышленности Республики Беларусь. Кто лучше может рассказать на учебных занятиях о дисциплине, основы которой данный преподаватель неоднократно внедрял на предприятиях Белорусской железной дороги? Кто лучше может рассказать о тенденциях в энергосбережении и энергоэффективности и стоящих задачах при решении этой проблемы, как не практикующий преподаватель-исследователь? В учебном процессе участвуют эксперты-энергоаудиторы и технические эксперты по железнодорожному транспорту, ученые, исследования которых непосредственно связаны с читаемой дисциплиной. Отсюда, естественно, высокое качество преподаваемой дисциплины.

К дисциплинам специализации подготовленных инженеров-энергомеджеров для Белорусской железной дороги относятся: «Энергосберегающее осветительное оборудование на транспорте», «Теория и практика использования на транспорте смесового углеводородного топлива», «Местные виды топлива и их использование на практике», «Учет, контроль и регулирование энергоресурсов», «Вторичные энергетические ресурсы», «Энергетический аудит и менеджмент», «Энергоэффективный расход светлых нефтепродуктов транспортными средствами», «Повышение энергетической эффективности производственных и административных зданий на транспорте», «Современные энергосберегающие технологии на транспорте», «Энергетическое планирование и финансы в сфере энергосбережения».

В заключение следует отметить, что между БелГУТом и предприятиями Белорусской железной дороги существует тесное сотрудничество и подготовка специалистов по специализации 1-43 01 06 06 «Энергоэффективные технологии на транспорте» будет способствовать дальнейшему укреплению связи между нашим вузом и транспортными предприятиями. В результате эффективность работы предприятий Белорусской железной дороги возрастет.

УДК 656.2.06:502.1

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В. М. ОВЧИННИКОВ, М. В. АНДРЕЙЧИКОВ, А. П. ДЕДИНКИН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Н. В. ЛУКЬЯНОВА
Белорусская железная дорога, г. Минск

На большинстве промышленных и транспортных предприятий Республики Беларусь систематически образуется значительное количество углеводородсодержащих отходов. В настоящее время мероприятия по использованию отходов, в том числе и углеводородсодержащих, регламентируются законом «Об обращении с отходами» 2007 г. В соответствии со статьей IV данного закона использование отходов при условии соблюдения требований законодательства об охране окружающей среды и с учетом экономической эффективности является приоритетным по отношению к их обезвреживанию или захоронению. Требования международных стандартов к экологической политике предприятий предусматривают среди обязательных целей уменьшение загрязнения окружающей среды, а также сокращение количества образующихся отходов производства и их рациональное использование без вредного воздействия на окружающую среду.

На территории Республики Беларусь действует ТКП 17.11-05-2012 (02120), в соответствии с которыми углеводородсодержащие отходы разрешается использовать в виде добавки к основному топливу (мазуту, печному топливу, дизельному топливу) или в виде самостоятельно сжигаемого топлива только при условии разработки соответствующих технических нормативных правовых актов (технических условий), что обеспечивает перевод отходов в разряд товара (топливо), либо в виде источников получения энергии при условии разработки технологических регламентов. Одним из

путей повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов при безусловном обеспечении экологической безопасности является применение смесевых топлив.

Отделом экологической безопасности и энергосбережения на транспорте испытательного центра железнодорожного транспорта «СЕКО» Белорусского государственного университета транспорта (ИЦ ЖТ «СЕКО» БелГУТа) в течение последних 15 лет разрабатываются технологии приготовления мазутных смесевых топлив с использованием углеводородсодержащих отходов, образующихся на промышленных и транспортных предприятиях Республики Беларусь. В 2016–2018 гг. данная работа выполнена для линейных подразделений УП «Минское отделение Белорусской железной дороги».

На предприятиях УП «Минское отделение Белорусской железной дороги» (локомотивные депо Молодечно, Орша, Минск, моторвагонное депо Минск, дистанции пути Молодечно, Минск, Орша) в технологических процессах ежегодно образуется значительное количество углеводородсодержащих отходов групп ММО и СНО (по ГОСТ 21046–2015 либо ТР ТС 030/2012), которые могут быть повторно использованы в производственном процессе, а именно для получения тепловой энергии.

Разработана технология приготовления и применения смесевого топлива (СТН) с использованием указанных групп отходов. Для приготовления СТН используются следующие виды отработанных нефтепродуктов 3-го класса опасности:

- масла индустриальные отработанные (код 5410205);
- остатки индустриальных масел, потерявших потребительские свойства (код 5410705);
- масла трансмиссионные отработанные (код 5410206);
- масла трансформаторные и теплонесущие, не содержащие галогены, полихлорированные дифенилы и терфенилы, отработанные (код 5410207);
- остатки трансформаторных масел, не содержащих галогены, полихлорированные дифенилы и терфинилы и потерявших потребительские свойства (код 5410707);
- масла гидравлические отработанные, не содержащие галогены (код 5410214);
- остатки гидравлических масел, не содержащих галогены и потерявших потребительские свойства (код 5410713);
- смазочно-охлаждающие масла для механической обработки, отработанные (код 5410216);
- остатки смазочно-охлаждающих масел для механической обработки, потерявших потребительские свойства (код 5410715);
- смесь нефтепродуктов отработанных (код 5412300);
- масла моторные отработанные (код 5410202);
- остатки моторных масел, потерявших потребительские свойства (код 5410702);
- остатки дизельных масел, потерявших потребительские свойства (код 5410703).

Не допускается включение в смесь галогенов, полихлорированных дифенилов и терфенилов, засоренных компонентов, нефтепродуктов с содержанием дополнительных присадок, а также пластичных смазок, органических растворителей, жиров, лаков, красок, эмульсий, химических веществ и загрязнений. Кроме того, запрещено смешивание компонентов СТН с нефтью, бензином, керосином, дизельным топливом, мазутом.

Процесс приготовления включает очистку отходов от воды, механических примесей и загрязнений. Очистка осуществляется после отстаивания нефтепродуктов в течение не менее 48 ч. Перед использованием СТН подвергается первичному подогреву, фильтрации, кавитационному смешиванию и доведению до рабочего давления.

В результате выполненных исследований установлен элементный состав топлива, приведенный в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Состав рабочей массы топлива СТН

В процентах

Значение	W^r	A^r	$S_{ок}^r$	C^r	H^r	N^r	O^r
Среднее	0,60	0,64	0,73	84,98	12,43	–	0,62
Максимальное	2,00	0,69	0,77	85,13	12,63	–	2,92

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в топливе СТН

В миллиграммах на килограмм

Значение	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Среднее	0,02	0,026	1,23	2,33	0,05	0,95	2,04	10,26
Максимальное	0,02	0,027	1,23	2,45	0,05	0,98	2,08	10,30

Определяющими при разработке технологии использования СТН являются показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при его сжигании. В результате выполненных расчетов и инструментальных замеров установлено, что показатели выделяющихся вредных веществ полностью соответствуют требованиям ЭкоНП 17.01.06-001–2017. Кроме того, для существующих условий определены показатели взрыво- и пожароопасности компонентов топлива. По степени воздействия на организм человека СТН является малоопасным продуктом и относится к IV классу опасности по ГОСТ 12.1.007.

На основании проведенных исследований разработаны технические условия «Топливо нефтяное смесевое СТН ТУ ВУ 400057727.005–2017». Данные технические условия прошли процедуру экспертизы и согласования в Научно-практическом центре Гомельского областного управления МЧС и государственном учреждении образования «Республиканский центр государственной экологической экспертизы и повышения квалификации руководящих работников и специалистов» Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь». Технические условия распространяются на топливо нефтяное смесевое СТН, предназначенное для сжигания в котельных установках с мощностью от 0,3 до 25,0 МВт и теплогенераторах с мощностью до 0,1 МВт, в условиях предприятий УП «Минское отделение Белорусской железной дороги».

Таким образом, использование разработанной технологии и соответствующей нормативной документации позволяет вовлечь в энергетический баланс промышленных и транспортных предприятий значительное количество углеводородсодержащих отходов и тем самым, без ущерба для окружающей среды, повысить эффективность использования топливно-энергетических ресурсов. В настоящее время работа в данном направлении продолжается, в том числе и с Белорусской железной дорогой.

УДК 621.311:629.41

ПОТЕНЦИАЛ СОКРАЩЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЭР В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ЛОКОМОТИВНОГО ХОЗЯЙСТВА

В. М. ОВЧИННИКОВ, П. А. РАКУТЬ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. А. ОЛЬШЕВСКИЙ

Белорусская железная дорога, г. Минск

Энергосбережение в локомотивном хозяйстве осуществляется по двум принципиально важным и самостоятельным направлениям: экономия топливно-энергетических ресурсов при ремонте и техническом обслуживании локомотивов и мотор-вагонного состава; уменьшение расхода электроэнергии и дизельного топлива на тягу поездов.

Первое направление предусматривает повышение топливно-энергетической эффективности ремонта путем снижения прямых удельных затрат на производство ремонта, уменьшение доли вспомогательных производственных затрат, затрат на транспортирование материалов и комплектующих, сокращения непроизводительного расхода ТЭР, связанного с устранением последствий брака в работе, содержанием избыточных запасов, логистическими потерями и т.д. Второе направление связано с надежной эксплуатацией и эффективным использованием подвижного состава.

Рассмотрим первое направление повышения эффективности, которое связано с качеством ремонта и технического обслуживания и обеспечивает надежную эксплуатацию подвижного состава. Основными видами ТЭР, потребляемыми при ремонте локомотивов, являются: электроэнергия, дизельное и котельно-печное топливо, сжатый воздух, техническая вода, водяной пар и горючие газы. Наиболее потребляемой является электрическая энергия: при грузоподъемных и транспортных операциях, разборке, сборке и ремонте оборудования, станочной обработке, электросварке и наплавке, сушке изоляции, техническом нагреве деталей. В ремонтном производстве широко используется также сжатый воздух: применение пневмоинструмента, обдувка, пневмообразивная очистка, покраска оборудования и кузовов, ремонт и испытания тормозного оборудования, водяной пар, полученный в котельной применяется при горячей прессовой обработке, пропарке воздушных резервуа-

ров. Котельная потребляет котельно-печное топливо. При ремонте используется газовая сварка и резка, для которой необходимы горючие газы.

Ремонт начинается с мойки оборудования и локомотива, и при этом используется техническая вода. На финишной стадии ремонта тепловозов осуществляются реостатные испытания, для проведения которых необходимо дизельное топливо.

Электрическая энергия – основной вид энергии, на долю которого приходится около 80 % затрат ТЭР на технологические процессы ремонта. Затраты ТЭР на ремонт и техническое обслуживание локомотивов включают условно-постоянную составляющую энергозатрат на отопление, освещение, вентиляцию и переменную составляющую энергозатрат для выполнения данного вида ремонта или ТО. Причем фактический объем технологического потребления ТЭР состоит из полезных затрат и потерь при осуществлении данного вида ремонта или ТО при принятой в депо технологии. В действительности энергозатраты всегда превышают вышеуказанный уровень из-за наличия непроизводственных технологических операций, нерационального планирования, материально-технического снабжения, неудовлетворительной логистики, несоблюдения наиболее эффективных режимов работы оборудования. Указанные потери, как показывает практика, могут быть соизмеримы с производительными затратами. Внедрение принципов энергосбережения и энергоэффективности в локомотивных депо позволит увеличить норму операционной прибыли за счет сокращения объема незавершенного производства и условно-постоянных расходов, сократить затраты на производственную инфраструктуру, высвободить дополнительные производственные площади.

Любой ремонтный процесс начинается с очистки узлов и деталей от загрязнений. Традиционно применяют водорастворительные технические моющие средства при рабочей температуре 85–90 °С, что влечет за собой повышенное энергопотребление на нагрев воды. Кроме того, выделяются вредные испарения, а отработанные растворы требуют специальной очистки и утилизации. Современные моющие средства действуют по принципу отщепления загрязнения от поверхностей за счет «расклинивающего» эффекта раствора, проникающего через микроскопические каналы и трещины в загрязнителе при гидродинамическом воздействии жидкости. Наиболее эффективно работает ультразвуковая установка. При этом достаточная температура всего 45–60 °С. При помощи ультразвука можно очистить следующие узлы и детали: щеткодержатели электрических машин, детали привода скоростекаера, форсунки дизеля, сетчатые и щелевые фильтры, поршни, детали топливной аппаратуры, коленчатые и распределительные валы и др.

Определяющим фактором энергоэкономичности локомотивов в эксплуатации является техническое состояние тягово-энергетического оборудования, системы контроля и управления и др. Как показывает практика, более половины неисправностей может быть устранена без демонтажа тягово-энергетического оборудования при текущем ремонте. Достаточно при этом использовать диагностические комплексы. Качество ремонта локомотивов проверяется послеремонтными испытаниями. При проведении испытаний экономия ТЭР может быть достигнута: применением «безнагрузочных» методов в сочетании с неразрушающим контролем в процессе ремонта отдельных деталей и сборочных единиц; внедрением испытаний по сокращенным программам с использованием методов имитационного моделирования рекуперацией энергии и её последующие полезное использование для отопления или технологических нужд предприятия.

УДК 621.311:699.86

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ – ИСТОЧНИК ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Е. Л. ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ

ГПУП «Гомельское городское ЖКХ», Республика Беларусь

В. М. ОВЧИННИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Большая часть зданий в Республике Беларусь была построена до 1996 г., когда повышенные требования к теплоизоляции не являлись стандартной практикой. Эти здания потребляют почти в

два раза больше энергии на отопление, чем здания, построенные после 2010 г., поскольку последние по стандартам теплоизоляции соответствуют стандартам, действующим в странах ЕС.

Известно, что тарифы на тепловую энергию для населения в настоящее время ниже уровня себестоимости почти на 80 % и компенсируются посредством бюджетных трансфертов перекрестного субсидирования за счет более высоких тарифов на электроэнергию и тепловую энергию для предприятий. Это приводит к снижению конкурентоспособности продукции промышленных предприятий. Следовательно, комплексная тепловая модернизация зданий может привести к получению значительных экономических выгод: снижение эксплуатационных расходов, уменьшение субсидий, увеличение налоговых поступлений и улучшение возможностей для трудоустройства.

По расчетам Всемирного банка комплексная тепловая модернизация жилых и общественных зданий Республики Беларусь, построенных до 1996 г., привела бы к экономии природного газа на сумму как минимум 578 млн дол. США в результате снижения потребления тепловой энергии. Тем самым повышается энергетическая безопасность нашего государства.

На долю жилых зданий в Беларуси приходится примерно 44 % от общего объема теплопотребления в стране. Наиболее худшие теплоэнергетические показатели имеют жилые здания, построенные до 1996 г. Причем, можно выделить теплопотребление жилых зданий менее 5 этажей и более 5 этажей по трем периодам строительства: до 1996 г., с 1996 по 2011 г. и после 2011 г. (рисунок 1).

Как видно из рисунка, в секторе жилых зданий заключена существенная потенциальная экономия тепловой энергии. Намечены наиболее целесообразные энергосберегающие мероприятия для жилых домов, построенных до 1996 г.:

1 Регулирование теплопотребления пользователями. Это мероприятие включает установку терморегуляторов на всех радиаторах отопления в каждой квартире. Как показывает опыт европейских стран, такая мера обеспечивает экономию 10–15 % тепловой энергии в каждом здании.

2 Упрощенная тепловая модернизация.

Данное мероприятие включает первое и замену окон энергоэффективными стеклопакетами. Новые окна могут дополнительно снизить потери тепла примерно на 6–8 % в каждом здании.

3 Комплексная тепловая модернизация. При этом в дополнение к упрощенной тепловой модернизации осуществляется теплоизоляция внешних стен, кровли. В результате осуществления комплексной тепловой модернизации общая экономия тепла может достигать 40 % и более.

Для разработки реальных проектов тепловой модернизации необходимо детальное энергетическое обследование (энергоаудит), позволяющий определить конкретные энергосберегающие мероприятия.

Несмотря на приведенную целесообразность тепловой модернизации жилых зданий, есть ряд препятствий по реализации этого энергосберегающего мероприятия.

Низкие тарифы на тепловую энергию (почти на 80 % ниже уровня возмещения затрат) не оказывают стимулирующего действия для реализации мер по повышению энергоэффективности, увеличивая сроки окупаемости. При текущих уровнях тарифов для населения как упрощенная, так и комплексная тепловая модернизация имеют сроки окупаемости соответственно от 116 до 189 лет. Однако при повышении тарифов до уровня возмещения затрат срок окупаемости сокращается до 16 лет.

Жилые здания только на 9 % оснащены терморегуляторами на радиаторах отопления в каждой квартире. В связи с этим у большинства потребителей счета за теплоэнергию напрямую не связаны с объемом ее потребления.

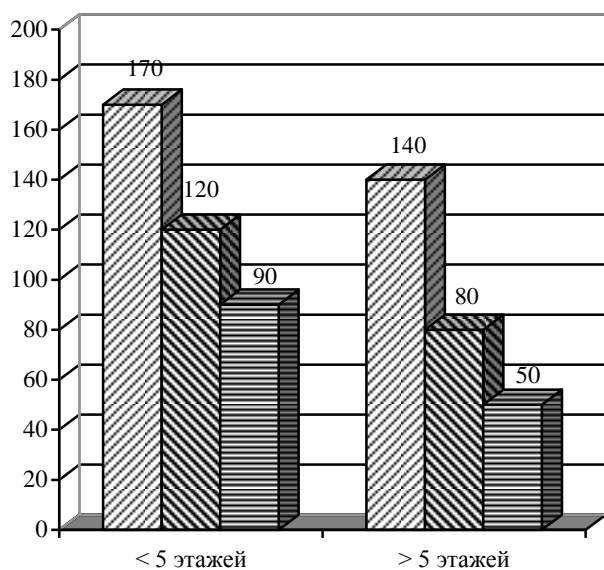


Рисунок 1 – Удельное теплопотребление в зданиях:

▨ – до 1996 г.; ■ – в 1996–2011 гг.; ▤ – после 2011 г.

Кроме того, энергоэффективность здания почти не рассматривается в качестве одного из критериев оценки рыночной стоимости квартиры в связи с низкими действующими тарифами.

В существующей государственной программе, начиная с 2015 г., затраты на тепловую модернизацию входят в состав капитального ремонта лишь в ограниченном объеме. Бюджетные средства на дорогостоящие меры тепловой модернизации включаются в план капремонта на основании вывода технического анализа о существующих дефектах ограждающих конструкций и их влияния на структурную целостность здания.

Следует отметить, что сравнительно низкий уровень осведомленности населения, проектировщиков, застройщиков и подрядчиков об энергоэффективности также недостаточно стимулирует тепловую модернизацию жилых зданий.

УДК 678.042

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СИМПЛЕКС-РЕШЕТЧАТОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА РАСТВОРИТЕЛЕЙ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ НЕФТИ

*И. В. ПРИХОДЬКО, Д. А. БЛИЗНЕЦ, А. С. НЕВЕРОВ, Ж. Н. ГРОМЫКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

На многих месторождениях добыча нефти осложняется асфальто-смолистыми и парафиновыми отложениями (АСПО), которые оседают на поверхности нефтепромыслового оборудования и скапливаются в призабойной зоне скважин. В связи со вступлением многих нефтяных месторождений в позднюю стадию разработки, характеризующуюся благоприятными условиями для образования АСПО, связанных с высокой обводненностью продукции скважин и низкими забойными давлениями, проблема борьбы с ними приобретает особую остроту. Эта проблема не менее актуальна и в процессе длительного хранения нефтепродуктов на складах горючего и нефтебазах. В результате окислительной полимеризации и конденсации происходит накопление асфальто-смолистых веществ на днище и стенках резервуаров. На начальных стадиях окисления содержание в нефтепродуктах смолистых веществ невелико, и они полностью растворимы, но по мере углубления процесса окисления количество смолистых веществ увеличивается, а их растворимость снижается. Борьба с ними требует значительных материальных и трудовых затрат. Данная проблема решается уже несколько десятилетий, тем не менее она остается актуальной и на сегодняшний день.

Применение растворителей для удаления АСПО является одним из наиболее известных и распространенных направлений борьбы с подобными осложнениями. Несмотря на значительный объем теоретических и практических разработок по удалению отложений, в промышленных условиях не всегда удается достичь положительных результатов. В соответствии с современными представлениями, нефть и нефтеподобные объекты представляют собой сложные системы органических веществ, находящиеся в состоянии метастабильной дисперсной системы, в которой размеры и свойства дисперсных частиц зависят от равновесия энергий кинетического движения молекул и потенциалов их парного взаимодействия. Основными факторами, инициирующими процесс отложения тяжелых органических соединений, являются снижение температуры и давления нефтяного потока по мере движения от забоя скважины к устью, состав нефти и закачиваемые в процессе интенсификации добычи вещества. В пластовых условиях парафины полностью растворены в нефти, но при снижении температуры нефтяного потока протекает классический фазовый переход парафинов из жидкого состояния в твердое. Для осуществления этого перехода, помимо снижения температуры, необходима свободная поверхность, на которой будет происходить зарождение и рост кристаллов парафина. В отличие от парафинов, асфальтены существуют в нефти частично растворенными и частично в коллоидном состоянии. Состояние асфальтенов в нефти определяется главным образом их молекулярной массой и присутствием смол. В исходных пластовых условиях смолы, адсорбированные на поверхности асфальтенов, играют роль стабилизаторов, препятствуя необратимой агрегации асфальтенов. Под действием

внешних факторов часть смол десорбируется с поверхности асфальтеновых частиц, в результате чего развиваются процессы необратимой агрегации асфальтенов, что приводит к потере устойчивости частиц в среде и к их отложению на стенках оборудования. Исследования промышленной практики показывают, что основная роль в формировании асфальте-носмолопарафиновых отложений, приводящих к значительным технологическим и экономическим проблемам, принадлежит асфальтенам. Сама по себе кристаллизация парафинов на твердых поверхностях не является достаточным условием для формирования устойчивых отложений, так как образующиеся в отсутствие асфальтенов кристаллы парафинов слабо сцеплены между собой и легко срываются потоком нефти. Асфальтены в процессе отложения тяжелой органики играют две крайне важные роли. Они, являясь полярными соединениями, выполняют функцию «клея» в процессе повышения прочности отложений и со временем асфальтеновая масса полимеризуется и уплотняется, в результате чего дополнительно повышается прочность отложений и ухудшается их растворимость в органических растворителях.

Для оценки совместимости асфальтенов с растворителями можно использовать теорию, разработанную применительно к системам «полимер-растворитель». В настоящее время существует несколько теорий, использование которых дает возможность количественно оценивать растворяющую способность того или иного растворителя, но наиболее широкое применение получила теория регулярных растворов Гильдебранда-Скетчарда, которая связывает взаимную растворимость компонентов с так называемой «плотностью энергии когезии» (ПЭК). Предложенная методика позволяет подбирать составы смесей растворителей, оптимальные по совместимости с данным полимером. В основе метода лежит анализ положения трехмерных параметров растворимости полимеров и растворителей на концентрационном треугольнике Розебума. Предполагается, что идеальной совместимостью обладают тот полимер и растворитель, у которых совпадает положение точек на концентрационном треугольнике, соответствующих их трехмерному параметру растворимости. Положение точки на треугольной диаграмме показывает только соотношение составляющих параметра растворимости, а не его величину. Поэтому оценку совместимости различных веществ по положению соответствующих точек на концентрационном треугольнике можно производить только, если количественно их параметры растворимости сильно не различаются. Максимально допустимое различие в значениях параметров растворимости равно 1,8. Данная методика подтверждена экспериментально. Разработанная программа для ЭВМ, позволяет автоматизировать поиск растворителей и пластификаторов для полимеров. Одним из наиболее доступных и эффективных методов регулирования совместимости компонентов композиции является варьирование состава последней с целью подбора количественного соотношения компонентов, обеспечивающего оптимальную их совместимость при удовлетворительных эксплуатационных свойствах. В первую очередь при выборе растворителей необходимо руководствоваться вопросами стоимости, доступности и экологической безопасности. Проведенные эксперименты показали, что введение в нефть небольших количеств индивидуальных растворителей незначительно влияет на ее вязкость. Поэтому была изучена возможность использования для этих целей смесей растворителей. Вышеприведенный теоретический подбор состава смесевых растворителей не всегда приемлем, поскольку растворители, оптимальные в отношении совместимости, могут не подходить по различным критериям. В этом случае желательно иметь удобный метод экспериментального подбора состава композиционного растворителя, не требующий для нахождения оптимального состава проведения большого количества экспериментов.

В тех случаях, когда компонентов в смеси не более двух, анализ и оптимизация их свойств не представляют существенных трудностей и достаточно подробно рассмотрены в литературе. Использование двухкомпонентных систем не всегда позволяет достичь намеченной цели. Наибольший интерес вызывают тройные системы, позволяющие в широких интервалах варьировать свойства смеси путем изменения ее состава. Однако построение диаграмм состояния для таких систем представляет определенную проблему, связанную с необходимостью проведения большого числа экспериментов. Уменьшить их количество можно, используя методы математического планирования эксперимента. Планирование эксперимента в тройных системах может быть реализовано с использованием симплекс-решетчатых планов, предложенных Шефе. Эти планы позволяют по сравнительно небольшому числу экспериментальных точек, равномерно разбросанных по симплексу, математически рассчитать значение анализируемой функции в любой его точке, что дает возможность построения изолиний анализируемого свойства.

По результатам исследования вязкости нефти установлено, что среди индивидуальных растворителей наилучшей растворяющей способностью по отношению к асфальто-смолистым и парафиновым отложениям нефти обладают толуол, бензол и четыреххлористый углерод. Тем не менее, введение большинства индивидуальных растворителей незначительно влияет на вязкость нефти, особенно при повышенных температурах. По-видимому, это обусловлено отсутствием растворителей, у которых термодинамические критерии совместимости точно соответствовали бы аналогичным критериям нефти. Добиться приемлемого сочетания этих параметров можно, используя смесевые растворители, у которых термодинамические критерии совместимости с нефтью можно регулировать, изменяя их состав. Предложен метод подбора оптимального состава смесевых растворителей, основанный на аддитивности составляющих трехмерного параметра растворимости, в координатах которого построена треугольная диаграмма. С помощью метода симплекс-решетка-того планирования определен оптимальный состав трехкомпонентной смеси растворителей, наиболее эффективно снижающей вязкость нефти. Показано, что наименьшей вязкостью обладает композиция, полученная смешиванием однопроцентных растворов толуола, четыреххлористого углерода и бензола в исследованной нефти в соотношении 7:1,5:1,5, соответственно.

УДК 621.1.016

ДВУХМЕРНАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОВОГО ПРОЦЕССА ВО ФРИКЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ТОРМОЗОВ

Ю. А. ПШЕНИЧНОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Исследование тепловой нагруженности колодочных тормозов показывает, что для быстродействующих пассажирских тормозов тепловая нагрузка в зоне фрикционных элементов тормозов растет очень быстро [1, 2]. В таких случаях применение для расчета теплового состояния одномерной математической модели может приводить к существенному завышению уровня температур в элементах тормозов [3].

В связи с этим была разработана двухмерная нелинейная математическая модель теплового процесса во фрикционных элементах тормозов, которая учитывает теплоотвод с их боковых поверхностей. При составлении модели было принято, что в высокоинтенсивных режимах торможения необходимо учитывать зависимость теплофизических характеристик материалов фрикционных элементов от температуры, а также зависимости коэффициентов теплоотдачи от времени и температуры поверхности фрикционных элементов.

Математическая модель включает два двухмерных нелинейных уравнения теплопроводности

$$C_1(T_1) \frac{\partial T_1}{\partial \tau} = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \lambda_1(T_1) \frac{\partial T_1}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_1(T_1) \frac{\partial T_1}{\partial y} \right), \quad (1)$$

$$C_2(T_2) \frac{\partial T_2}{\partial \tau} = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \lambda_2(T_2) \frac{\partial T_2}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_2(T_2) \frac{\partial T_2}{\partial y} \right), \quad (2)$$

где $\lambda_1(T_1)$ – зависимость коэффициента теплопроводности материала колеса от температуры; $\lambda_2(T_2)$ – зависимость коэффициента теплопроводности материала колодки; $C_1(T_1)$, $C_2(T_2)$ – зависимости удельной теплоемкости материалов колеса и колодки соответственно; τ – время; r – радиальная координата; y – поперечная координата; $T_1(r, y, \tau)$ и $T_2(r, y, \tau)$ – искомые функции температуры двух координат r и y и времени τ .

Уравнения (1) и (2) дополним начальными и граничными условиями. Начальные условия примем в виде

$$T_1(r, y, 0) = T_{01}(r, y), \quad (3)$$

$$T_2(r, y, 0) = T_{02}(r, y), \quad (4)$$

где $T_{01}(r, y)$ и $T_{02}(r, y)$ – известные распределения температуры в массивах колеса и колодки соответственно в момент времени $\tau = 0$.

Граничное условие на оси колеса при $r = 0$ зададим в виде

$$\left. \frac{\partial T_1}{\partial r} \right|_{r=0} = 0. \quad (5)$$

На фрикционной поверхности сформулируем два граничных условия:

$$T_1(r_f, y, \tau) = T_2(r_f, y, \tau), \quad (6)$$

$$\lambda_1 \left. \frac{\partial T_1}{\partial r} \right|_{r=r_f} - \lambda_2 \left. \frac{\partial T_2}{\partial r} \right|_{r=r_f} = q_s(y, \tau), \quad (7)$$

где $q_s(y, \tau)$ – плотность тепловыделения вследствие трения, которую предполагаем независимой от продольной координаты y .

На поверхности колодки $r = r_u$ зададим граничное условие третьего рода

$$\lambda_2 \left. \frac{\partial T_2}{\partial r} \right|_{r=r_u} = \alpha [T_e(\tau) - T(r_u, y, \tau)], \quad (8)$$

где $\alpha(\tau)$ – зависимость коэффициента теплоотдачи от времени; $T_e(\tau)$ – зависимость температуры окружающей среды от времени.

На боковых поверхностях колеса и колодки сформулируем четыре граничных условия третьего рода:

– для колеса

$$-\lambda_1 \left. \frac{\partial T_1}{\partial y} \right|_{y=0} = \alpha_{01} [T_e(\tau) - T_1(r, 0, \tau)], \quad (9)$$

$$\lambda_1 \left. \frac{\partial T_1}{\partial y} \right|_{y=\delta_1} = \alpha_{\delta 1} [T_e(\tau) - T_1(r, \delta, \tau)]; \quad (10)$$

– для колодки

$$-\lambda_2 \left. \frac{\partial T_2}{\partial y} \right|_{y=0} = \alpha_{02} [T_e(\tau) - T_2(r, 0, \tau)], \quad (11)$$

$$\lambda_2 \left. \frac{\partial T_2}{\partial y} \right|_{y=\delta_2} = \alpha_{\delta 2} [T_e(\tau) - T_2(r, \delta, \tau)], \quad (12)$$

где δ_1 и δ_2 – толщина колеса и колодки соответственно.

В обозначениях коэффициентов теплоотдачи первый индекс относится к боковым поверхностям фрикционных элементов, а второй – к их типу.

Итак, математическая модель рассматриваемого процесса включает уравнения (1) и (2), начальные условия (3) и (4) и граничные условия (5)–(12).

При реализации данная система уравнений, граничных и начальных условий была приведена к безразмерному виду [4]. Это позволила сократить число используемых параметров.

При исследовании таких моделей наиболее эффективным является применение численных методов.

Для данной задачи была составлена разностная схема, реализованная в среде программирования системы компьютерной математики *Mathcad*. Достоинством такого подхода является то, что расчетные формулы при кодировании записываются в естественной для математических описаний форме. Данная особенность языка *Mathcad*, по сравнению с другими языками программирования, позволяет создавать более наглядный код, что значительно облегчает отладку программы.

Полученные результаты могут быть использованы при обосновании скоростных режимов торможения подвижного состава железнодорожного транспорта.

Список литературы

- 1 Галай, Э. И. Испытания и тепловой расчет колодочных тормозов железнодорожного подвижного состава / Э. И. Галай, В. А. Балакин // Трение и износ. – 1999. – № 5. – С. 480–488.
- 2 Галай, Э. И. Расчет приращения температуры в ободу колеса железнодорожного подвижного состава при торможении / Э. И. Галай, В. А. Балакин // Трение и износ. – 2000. – № 3. – С. 365–367.
- 3 Пшеничнов, Ю. А. Нелинейная математическая модель теплового процесса во фрикционных элементах тормозов / Ю. А. Пшеничнов // Материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году науки (23 нояб. 2017 г.): в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2017. – С. 246–247.
- 4 Пшеничнов, Ю. А. Расчёт трёхмерных температурных полей в телах сложной формы при малых значениях времени / Ю. А. Пшеничнов // Теплофизические исследования. – 1977. – Новосибирск : И-т теплофизики СО АН СССР. – С. 144–148.

УДК 628.179

АНАЛИЗ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА РЕЗЕРВОВ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

А. М. РАТНИКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Вопросы энергосбережения и рационального использования ресурсов всегда являются актуальными для любого предприятия. Одной из приоритетных проблем использования воды на производственные нужды, согласно Водной стратегии Республики Беларусь на период до 2020 г., являются значительные потери воды и ее высокий расход на выпуск единицы продукции.

При разработке водохозяйственного баланса и нормативов в состав потерь обычно включают:

- а) безвозвратное потребление – унос с продуктом и отходами;
- б) потери воды на испарение при охлаждении;
- в) потери воды в брызгальных бассейнах, градирнях и оросительных теплообменных аппаратах;
- г) сброс воды из системы оборотного водоснабжения (продувка), определяемый в зависимости от качества оборотной и добавочной воды, а также способа ее обработки.

Кроме вышеперечисленных составляющих безвозвратного водопотребления также имеются потери воды из системы ее подачи и распределения, которые при разработке водохозяйственных балансов и разработке нормативов водопотребления обычно не учитываются. Если провести параллель с потерями из системы коммунального водоснабжения, определяемыми в соответствии с Инструкцией по расчету потерь и неучтенных расходов воды из систем коммунального водоснабжения населенных пунктов Республики Беларусь от 31 августа 2005 г. № 43, то можно заметить, что большая часть составляющих потерь и неучтенных расходов характерна и для предприятий: потери воды через повреждения водоводов и водопроводной сети, при которых вода выходит на поверхность земли (разрывы труб, разгерметизация и разрушение стыков труб, коррозионные повреждения труб), потери воды при опорожнении трубопроводов для проведения ремонтных работ, замены оборудования и устройств; скрытые утечки воды из системы подачи и распределения воды (ПРВ), емкостных сооружений и сетевой арматуры, неучтенные расходы воды: недоучет воды водосчетчиками из-за их нечувствительности к малым расходам воды и из-за ухудшения метрологических характеристик водосчетчиков в процессе эксплуатации, противопожарные расходы воды.

Неучтенные расходы и потери воды из систем ПРВ составляют от 5 до 25 % от общего объема воды, подаваемого в систему. Протяженность водопроводной сети предприятия иногда составляет десятки километров, а расходы воды, с учетом оборотных систем, могут достигать нескольких миллионов метров кубических в год, поэтому пренебрегать данным видом потерь нельзя.

Наибольший удельный вес (более 50 %) в структуре общих потерь и неучтенных расходов воды составляют скрытые утечки воды из системы ПРВ.

Расчетный суммарный объем допустимых скрытых утечек воды из трубопроводов соответствующего материала (сталь, чугун, железобетон и т.д.) определяют по формуле

$$\sum W^i = 525,6L_i q_i K, \quad (1)$$

где L_i – общая длина водоводов и водопроводной сети из труб i -го материала (сталь, чугун, железобетон и др.), км; q_i – допустимые объемы скрытых утечек воды из новых трубопроводов, л/мин на 1 км трубопровода, принимается согласно приложению 1 Инструкции и приложению Е СТБ 2072–2010. Строительство. Монтаж наружных сетей и сооружений водоснабжения и канализации. Контроль качества работ; K – коэффициент повышения величины допустимых скрытых утечек воды из системы ПРВ после i -го десятилетнего срока эксплуатации трубопроводов, принимается согласно приложению 2 Инструкции.

Суммарный объем допустимых скрытых утечек воды из трубопроводов согласно формуле (1) зависит от следующих параметров:

- длины трубопроводов (L_i);
- материала и диаметра трубопроводов (q_i),
- срока эксплуатации (K).

Коэффициент повышения величины допустимых скрытых утечек воды из системы ПРВ значительно повышается с увеличением срока эксплуатации трубопроводов (от $K = 1$ при сроке эксплуатации до 10 лет и до $K = 31,2$ при сроке эксплуатации свыше 40 лет), поэтому своевременная реконструкция и замена трубопроводов позволит значительно сократить скрытые утечки воды. Также учет срока эксплуатации трубопроводов позволит более достоверно определить прогнозные показатели водопотребления предприятия.

Для снижения скрытых утечек можно также предложить следующие мероприятия: уменьшение протяженности водопроводной сети и уменьшение допустимых объемов скрытых утечек воды из новых трубопроводов. С одной стороны, децентрализация системы водоснабжения и оборотных систем ведет к сокращению протяженности сети, с другой – уменьшение диаметров трубопроводов незначительно снижает объем допустимых утечек и, возможно, увеличивает количество энергопотребляющего оборудования (например, насосов), поэтому решение о децентрализации систем и разделении потоков должно приниматься в каждом случае индивидуально, после анализа всех исходных данных.

Анализируя данные допустимых объемов скрытых утечек воды из новых трубопроводов (q_i), можно сделать вывод, что значения на 1 километр наименьшие для стальных и полимерных трубопроводов, для чугунных труб – в 2 раза, а для железобетонных – в 3 раза больше, чем для стальных и полимерных. В соответствии с этим, выбор материала труб при реконструкции сетей значительно влияет на объем скрытых утечек.

На основании анализа проведенных исследований по изучению водного хозяйства предприятий можно предложить следующие мероприятия по оптимизации использования и экономии ресурсов:

- внедрение новых ресурсо- и водосберегающих технологий, более совершенных процессов и аппаратов, так как сокращение потребления воды приведет к уменьшению затрат на электроэнергию, расходуемую на забор и перекачку воды, сточных вод;

- совершенствование схемы водопользования предприятия в целом: снижение потерь воды (возврат конденсата, меры по уменьшению испарения воды с открытых поверхностей), использование в качестве технической воды очищенных дождевых, производственных сточных вод, увеличение кратности использования воды, повышение эффективности эксплуатации систем водоснабжения предприятия: своевременный ремонт и замена запорно-регулирующей и предохранительной арматуры, трубопроводов, сооружений на сетях, резервуаров;

- реконструкция очистных сооружений, с целью повышения эффективности работы и снижения энергозатрат: очистка сточных вод с целью повторного, последовательного и многократного использования воды с учетом требуемого качества;

- реконструкция централизованной системы оборотного водоснабжения: реконструкция градиен, установка водоуловителей, рассмотрение возможности создания локальных систем оборотного водоснабжения. Локальные водооборотные циклы, обслуживающие отдельный технологический процесс, предотвратят специфическое загрязнение производственных сточных вод предприятия,

сократят затраты на их очистку, позволят уменьшить протяженность водопроводной сети и, соответственно, потери воды из нее;

– более детальное изучение структуры технологических нормативов водопотребления на единицу продукции с целью их уменьшения;

– анализ структуры и определение величины потерь воды в системах подачи и распределения воды на предприятии с целью уменьшения непроизводительных потерь воды.

УДК 628.33

МАГНИТНЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД

В. И. РОМАНОВСКИЙ

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва

О. Н. ГОРЕЛАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. А. ХОРТ

*Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси, г. Минск
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва*

В настоящее время важнейшей проблемой защиты окружающей среды является рациональное использование и охрана водных ресурсов [1]. Нефтеперерабатывающая промышленность и транспортный комплекс являются при этом наиболее негативными источниками загрязнения окружающей среды, в том числе по загрязнению вредными веществами водных объектов. Наиболее опасным с точки зрения эффективной очистки и достижения нормативных требований являются нефтепродукты.

Очистка природных и сточных вод от нефтепродуктов – важное направление не только с научной точки зрения, но также и с позиции практического использования в области охраны окружающей среды.

Среди методов очистки сточных вод от нефтепродуктов помимо развития традиционных методов, таких как отстаивание, фильтрация, флотация, реагентные методы и др., особое место занимает сорбция. Несмотря на достаточно большой перечень природных органических, органоминеральных, неорганических и синтетических материалов, предлагаемых промышленностью для использования в качестве твердых сорбентов, нельзя утверждать, что этот рынок полностью сформирован. Ведущее место занимают углеродные сорбенты (активированные угли различных марок и модификаций, гидрофобный вспученный перлит, угольные сорбенты, вспученный графит и др.), затем идут волокнистые сорбенты (целлюлоза, волокнистые материалы, полученные из отходов полипропилена и др.), а также биосорбенты. Отдельный интерес представляет получение и исследование свойств магнитных сорбционных материалов.

Анализ современных белорусских, российских и зарубежных публикаций по данной тематике показывает, что поиск новых эффективных сорбентов, полученных по ресурсосберегающим технологиям и при этом обладающие высоким эффектом очистки, – актуальная научно-практическая проблема.

Объектом исследования в работе были магнитные сорбционные материалы, полученные на основе железа, никеля, кобальта.

Магнитные сорбционные материалы были получены методом экзотермического горения в растворе [2, 3].

Эксперимент по определению нефтеемкости проводили в чашках Петри. В них заливалась вода слоем около 1 см, в которую капали отработанное машинное масло. Первая капля нефтепродуктов растекалась по поверхности в форме окружности площадью 41,6 см². Через 10 с она увеличивалась максимально до размеров 46,3 см². Следующие 5 капель формировали окружность площадью 4,2 см².

В полученное пятно нефтепродукта равномерно вносили 0,25 г магнитных материалов на основе железа, никеля и кобальта, полученных методом экзотермического горения в растворах с использованием различных органических восстановителей.

Для удаления нефтепродуктов использовался неодимовый магнит.

На рисунке 1 представлены результаты экспериментов по определению нефтеемкости исследуемых материалов. Для каждого образца проводилось 5 параллельных экспериментов. Из результатов удаляли наибольшее и наименьшее значение, а по оставшимся трем определяли среднее значение нефтеемкости (г/г) и находили стандартное отклонение.

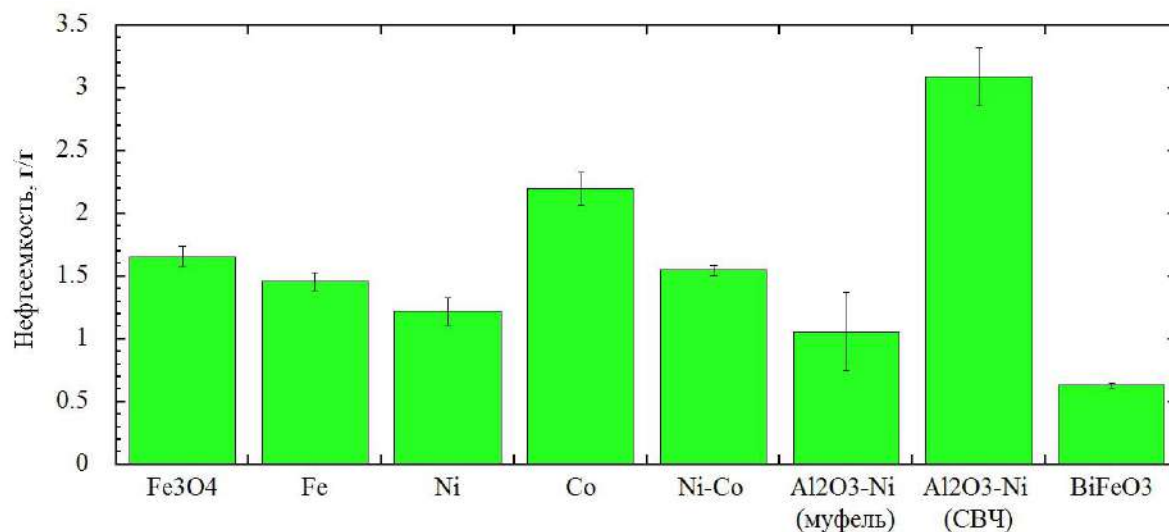


Рисунок 1 – Нефтеемкость исследуемых материалов

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы. Композит Ni/Co дает среднее значение нефтеемкости, в сравнении с чистым никелем и кобальтом. Использование оксида алюминия в качестве инертного носителя при синтезе в муфельной печи не приводит к изменению нефтеемкости, в то время как синтез в СВЧ-печи приводит к увеличению нефтеемкости в 2,5 раза. При этом содержание никеля в композите Al₂O₃/Ni составляет около 50 %. Нефтеемкость магнетита (Fe₃O₄) и железа сравнима с нефтеемкостью Ni/Co. Наименьшая нефтеемкость исследуемых образцов у феррита висмута (0,63 г/г).

Перспективно использование инертного носителя, в качестве которого могут выступать оксид алюминия, а также ряд органических материалов как природного, так и искусственного происхождения, значительно увеличивающих нефтеемкость получаемых материалов, а также их плавучесть. Целесообразна модификация метода экзотермического горения в растворах с использованием СВЧ-печи. В качестве сырьевых источников получения магнитных материалов можно предложить использовать отходы, содержащие железо, никель, кобальт и другие металлы, обладающие магнитными свойствами.

В качестве основного или дополнительного источника получения магнитных сорбентов могут рассматриваться такие отходы, как осадки очистки промывных вод станций обезжелезивания, отходы очистки сточных вод гальванических производств и ряд других. Вовлечение отходов в хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья позволит обеспечить эффективное решение задач ресурсосбережения и охраны окружающей среды [4].

Отдельными важными вопросами использования данных материалов являются их удаление с водной поверхности, а также возможность регенерации или конечного использования.

Список литературы

- 1 Водный кодекс Республики Беларусь. Принят 30 апреля 2014 г. № 149-З.
- 2 One-step solution combustion synthesis of pure Ni nanopowders with enhanced coercivity: The fuel effect / A. A. Khort [et al.] // *J. Solid State Chem.* – 2017. – V. 253. – P. 270–276.
- 3 **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, Issue 5. – P. 299–304.
- 4 **Свириденко, А. И.** Резервы оптимизации ресурсопотребления и ресурсосбережения в экономике Республики Беларусь / А. И. Свириденко // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии : материалы докл. IX Междунар. науч.-техн. конф., Гродно, 20–21 окт. 2011 г. / НАН Беларуси [и др.] ; редкол.: А.И. Свириденко [и др.]. – Минск, 2012. – С. 5–12.

НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, МАШИН, МЕХАНИЗМОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Ю. Г. САМОДУМ, А. П. ДЕДИНКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. Н. ХАЧКОВ

Белорусская железная дорога, г. Минск

Одной из важнейших задач народного хозяйства Республики Беларусь является обеспечение рационального использования топливно-энергетических и материальных ресурсов. На ее решение направлен Указ Президента Республики Беларусь №161 от 29.03.2002 г. «О неотложных мерах по обеспечению сохранности и эффективности использования горюче-смазочных материалов», а также постановление Совета Министров Республики Беларусь № 806 от 31.05.1999 г. «О совершенствовании организации нормирования затрат на производство и реализацию товаров (продукции, работ, услуг)».

Железнодорожный транспорт является крупнейшим в стране потребителем различных нефтепродуктов, расходуемых главным образом на эксплуатацию подвижного состава и обеспечение вспомогательных нужд. На Белорусской железной дороге светлые нефтепродукты (прежде всего дизельное топливо) потребляют как тяговый подвижной состав – тепловозы, так и вспомогательный – специальная техника, предназначенная для содержания путевого, энергетического и других хозяйств дороги (автомотрисы, дрезины, мотовозы, краны, путеукладчики). Широко распространено также дополнительное оборудование (автономные электростанции, насосные установки, «малая механизация» и др.). Кроме светлых нефтепродуктов используется номенклатура прочих эксплуатационных материалов (охлаждающих и тормозных жидкостей; масел: моторного, осевого, компрессорного, промышленного, трансмиссионного, гидравлического; смазок: циатим-201, солидол Ж, ЖРО, графитная УССА и т.д.).

Использование научно обоснованных норм является одним из перспективных путей снижения расхода светлых нефтепродуктов и материальных ресурсов. При эксплуатации железнодорожного подвижного состава нормирование обеспечивает возможность объективной оценки работы техники и персонала, а следовательно, позволяет принимать эффективные решения по снижению затрат. Наличие адекватных норм расхода эксплуатационных материалов стимулирует к их рациональному использованию, помогает предотвращать хищения.

В настоящее время учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта» является единственной аккредитованной на территории Республики Беларусь организацией, осуществляющей разработку норм расхода топлива для специального железнодорожного подвижного состава, машин, механизмов и оборудования (аттестат аккредитации ВУ/112 02.2.0.4523 от 22.08.2014 г.). Начиная с 2008 г., сотрудниками БелГУТа разработано свыше 700 норм расхода топлива для всей номенклатуры техники и средств малой механизации, эксплуатируемых организациями и обособленными структурными подразделениями путевого хозяйства, а также хозяйств сигнализации и связи, электрификации и электроснабжения Белорусской железной дороги. Выполняемая работа в среднем позволяет снизить затраты на топливно-энергетические ресурсы для специального железнодорожного подвижного состава (СЖДПС) на 6 %, для средств малой механизации – на 25 %.

Наряду с нормами расхода светлых нефтепродуктов, предприятия, использующие СЖДПС, нуждаются в упорядочении механизма нормирования других эксплуатационных материалов: смазочных, технических и охлаждающих жидкостей. Нормативная база в данной сфере неполная либо отсутствует, вследствие чего контролирующие органы часто налагают взыскания на ответственных работников предприятий за списание данных материально-технических ресурсов без норм. Пример норм, разработанных для техники, эксплуатируемой подразделениями Белорусской железной дороги, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Нормы расхода смазок (кг/100 л топлива), масел и технических жидкостей (л/100 л топлива) на добавление (освежение) и замену в соответствии с регламентом при эксплуатации техники и оборудования

Машина	Смазки пластичные (консистентные)	Масло моторное	Масла специальные	Жидкости технические
1 Пугерихтовочная машина ПРБ	0,68	1,84	1,82	0,19
2 Выправочно-подбивочно-отделочная машина ВПО-3000	3,18	2,17	3,77	1,10
3 Моторная платформа МПД (1Д6)	1,94	7,25	3,21	3,63
4 Моторная платформа МПД (ЯМЗ-238М)	1,78	4,14	2,95	0,44
5 Моторная платформа МПД-2	2,64	6,34	3,23	5,48
6 Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина ВПР-02	6,03	1,02	17,05	1,19
7 Кран укладочный УК 25/9-18	1,92	4,44	4,16	0,92
8 Кран дизель-электрический КЖДЭ-16	0,27	2,13	2,09	0,35
9 Кран укладочный КЖУ-571	3,17	2,56	6,33	0,65
10 Крано-манипуляторная установка КМУ-180АМ	0,15	2,04	0,62	0,56
11 Автобус ПАЗ Р 4234	0,10	0,82	0,38	1,38
12 Автобус ПАЗ 4230-01	0,07	1,06	0,34	1,88
13 Автомобиль ГАЗ-3307	0,04	0,63	0,14	0,99
14 Автомобиль вахтовый ГАЗ-3309	0,06	1,40	0,27	1,11
15 Автомобиль ГАЗ 2705	0,03	0,58	0,19	1,07
16 Автомобиль ГАЗ 33081	0,15	0,83	0,27	0,65
17 Автомобиль МАЗ 5551А2	0,49	1,35	0,84	0,43
18 Автомобиль «VW Multivan T5»	–	0,71	0,01	0,10
19 Автомобиль «VW Transporter T5»	–	0,57	0,01	0,12
20 Автомобиль «VW Crafter»	–	0,66	–	0,10
21 Трактор МТЗ-82.1	0,01	3,95	3,89	–
22 Погрузчик «Амкодор-134»	0,02	2,63	–	–
23 Бульдозер Т-130	0,05	2,24	0,45	0,75
24 Бульдозер «Shantui SD08»	0,06	4,95	–	0,23
25 Бульдозер ТМ-10.10	0,02	1,83	2,14	1,01
26 Бульдозер «Shantui SD16»	0,06	5,66	–	0,72

Таким образом, использование обоснованных норм расхода материально-технических ресурсов наряду с другими организационно-техническими мероприятиями (оборудование техники приборами учета количества израсходованного топлива и времени наработки, техническими средствами контроля режимов работы, материальное стимулирование персонала и др.) позволяет значительно снизить затраты на эксплуатационные материалы для железнодорожного транспорта.

УДК 504.61

УЧЕТ ВРЕМЕНИ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН

В. И. ХОЛЯВКО

Белорусская железная дорога, г. Минск

К. В. БАРАНОВСКИЙ, И. П. СМОЛЯКОВА, Е. А. ТЕМНИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Безопасное функционирование предприятия, расположенного в населенном пункте, обеспечивается созданием санитарно-защитной зоны (далее – СЗЗ), отделяющей производственную зону от

селитебной территории и зон отдыха населения. Санитарные нормы и правила «Требования к организации санитарно-защитных зон предприятий, сооружений и иных объектов, являющихся объектами воздействия на здоровье человека и окружающую среду» от 15.05.2014 № 35 устанавливает методику определения размеров СЗЗ в зависимости от типов производств, характера и силы воздействия вредных факторов.

Основным физическим фактором, загрязняющим селитебную территорию, является шум. Воздействие шума во времени является непостоянным, так как производственное оборудование, находящееся на территории производственной площадке, работает при производственной необходимости. Причем оборудование, расположенное непосредственно внутри производственных цехов, можно не учитывать при расчете.

Для установления возможности уменьшения СЗЗ по параметру внешнего шума, согласно Санитарным нормам и правилам «Требования к организации санитарно-защитных зон предприятий, сооружений и иных объектов, являющихся объектами воздействия на здоровье человека и окружающую среду» от 15.05.2014 № 35, проводятся следующие работы:

- определяются доминирующие источники шума предприятия;
- производятся инструментальные замеры вблизи источников шума;
- определяется характер шума;
- анализируются препятствия распространения шума за пределы предприятия: здания, заборы, экраны (геометрические размеры и параметры материала ограждения);
- устанавливаются коэффициенты звукопоглощения материалов – препятствий распространения шума;
- производится акустический расчет в контрольных точках;
- выполняются инструментальные замеры уровня шума в контрольных точках;
- устанавливается предельно допустимый уровень шума для данной селитебной территории;
- на основе сравнения расчетных, экспериментальных значений шума в контрольных точках и предельно допустимого уровня шума для данной селитебной территории устанавливается возможность изменения границ СЗЗ по параметру внешнего шума.

В процессе разработки проекта санитарно-защитных зон при оценке шумового воздействия возникал спорный момент учета времени работы источников шума. Основным вопросом являлось – брать ли эквивалентное значение источника шума в результате замера, произведенного в контрольной точке, или пересчитывать данное значение с учетом времени работы данного источника?

В соответствии с Санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.11.2011 № 115, регламентируемыми временными интервалами для оценки эквивалентного уровня шума на территории жилой застройки являются 16 часов для дневного времени суток (с 7.00 до 23.00) и 8 часов для ночного времени суток (с 23.00 до 7.00). Данный метод расчета подтвержден письмом Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» от 15.01.2018 № 06-01-08/37/18-10. Поэтому эквивалентный уровень шумового воздействия, полученный при проведении замеров, необходимо пересчитывать на временные интервалы.

Для более детального разбора данного вопроса приведем пример расчета шумового воздействия на селитебной территории, расположенной непосредственно вблизи локомотивного депо Лида.

Основными источниками шума, определяющими шумовой режим прилегающей к предприятию жилой застройки, являются:

- 1) тепловозы с работающим двигателем, находящиеся в зоне заезда-выезда тепловозов из ремонтного цеха (веер);
- 2) тепловозы с работающим двигателем, находящиеся в зоне прогрева тепловозов на железнодорожных путях на территории депо вдоль юго-восточной стены;
- 3) вентиляционная система столовой;
- 4) станция испытания дизелей (СИД);
- 5) система дробеструйной обработки;
- 6) вентиляционная система покрасочного цеха.

Показатели уровней звукового давления от источников шума на территории депо Лида приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни звукового давления от источников шума предприятия в дневное время на промышленной площадке локомотивного депо Лида РУП «Барановичское отделение Белорусской железной дороги»

Источник шума	Высота подъема, м	Эквивалентный уровень звука $L_{эkv}$, дБА	Максимальный уровень звука L_{max} , дБА
1 Тепловоз с работающим двигателем	3,0	84,65	85,68
2 Тепловоз с работающим двигателем	3,0	84,64	85,00
3 Вентиляционная система столовой	1,5	83,93	84,24
4 Станция испытания дизелей	6,0	82,07	82,63
5 Система дробеструйной обработки	1,0	96,56	97,65
6 Вентиляционная система покрасочного цеха	1,0	60,97	61,48

Согласно ГОСТ 23337–2014 «Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий», п. 7.14, допускается измерять шум в дневное время, с условием неизменения шума во времени. Шум от источников 3–6 в ночное время отсутствует, поэтому для расчета в ночное время использовались замеры источников 1 и 2.

Контрольными точками выступают две точки, расположенные на границе селитебной территории. В соответствии с информацией, представленной предприятием, тепловоз на прогреве находится в среднем 280 мин в сутки, время прогрева в дневное и ночное время отдельно выделить не представляется возможным. Поэтому принято решение равномерно учитывать время для дня (16 ч – 186,7 мин) и ночи (8 ч – 93,3 мин).

В соответствии с ГОСТ 23337–2014 «Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий», п. 3.22, уровень звукового воздействия L_{EA} , измеренный на временном интервале T , позволяет определить эквивалентный уровень звука с помощью формулы

$$L_{EA} = L_{A_{эkvT}} + 10 \lg \frac{T}{T_0}, \quad (1)$$

где $L_{A_{эkvT}}$ – эквивалентный уровень шума за время работы оборудования T ; T – время работы оборудования (день – 186,7 мин, ночь – 93,3 мин); T_0 – общее время (день – 16 ч, ночь – 8 ч).

Результаты расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Эквивалентные уровни шумового воздействия на границе селитебной территории

Номер контрольной точки	Эквивалентный уровень звука* $L_{эkv}$, дБА		Эквивалентный уровень звука** $L_{эkv}$, дБА		Значения ПДУ для $L_{эkv}$	
	Дневное время суток	Ночное время суток	Дневное время суток	Ночное время суток	Дневное время суток	Ночное время суток
1	56,6	56,0	49,5	48,9	60***	50***
2	55,0	54,6	47,9	47,5		

* Эквивалентный уровень звука, полученный путем замеров.
 ** Пересчитанный эквивалентный уровень звука с учетом времени работы источников.
 *** Поправка +5 дБА к ПДУ в соответствии с п. 24 Санитарных норм и правил «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», утв. пост. М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 16.11.2011 г. № 115.

Как видно из таблицы 2 пересчет позволяет уложиться в норму по шуму, в соответствии с требованиями уровня шумового воздействия для ночного времени суток.

УДК 629.4

ПРЕИМУЩЕСТВА ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ЦЕПЯХ ЭПС ПОСТОЯННОГО ТОКА ТАШКЕНТСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

М. Ш. ШАДМОНХОДЖАЕВ

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Республика Узбекистан

На сегодняшний день в Ташкенте увеличивается протяжённость дорог метрополитена и количество единиц электрического подвижного состава (ЭПС), а их движение зависит от полноценного, эффективного режима работы тяговых двигателей.

Системы тиристорно-инверторного преобразователей (ТИП) могут использоваться как в тяговом, так и в тормозном режимах тяговых двигателей [1].

Как известно, тиристоры ТИП являются идеальными ключами, т. е. мгновенно переходят из открытого состояния в закрытое и обратно. При уменьшении потерь энергии при разгоне в пускорегулирующей аппаратуре [2]:

$$\Delta P_a = P_d - P_{\text{д}}, \quad (1)$$

равна разности мощностей, потребляемой

$$P_d = U_d I_d \quad (2)$$

и расходуемой

$$P_{\text{д}} = \frac{1}{\eta_{\text{д}}} F v \quad (3)$$

тяговыми двигателями ($\eta_{\text{д}}$ – КПД тягового двигателя).

Если предположить, что увеличение скорости v происходит при постоянной силе тяги $F = C_F = \text{const}$, то

$$\Delta P_a = U_d I_d - \frac{C_F v}{\eta_{\text{д}}}. \quad (4)$$

Из (4) видно, что экономичность разгона будет тем больше, чем лучше будет выполняться условие

$$I_d = \frac{C_F v}{U_d \eta_{\text{д}}}, \quad (5)$$

т. е. потребляемый ток должен увеличиваться пропорционально скорости движения, если $U_d = \text{const}$.

В контактно-реостатных системах нет возможности плавно изменять потребляемый ток, так как он всегда равен току тяговых двигателей. Поэтому здесь уменьшение потерь достигается переключением групп тяговых двигателей с одного соединения на другое. Ограниченное число возможных переключений не позволяет получить достаточно экономичный пуск, поэтому в пусковых сопротивлениях, ограничивающих ток, выделяется значительное количество энергии. Следует особо подчеркнуть, что многоступенчатые реостатно-контактные системы могут способствовать лишь незначительному снижению потерь в реостатах за счет уменьшения пульсаций тока, повышения его среднего значения и увеличения ускорения.

Соотношение между средними значениями тока нагрузки I и источника питания I_d [1] составляет

$$I_d = I \frac{T_c}{T} = \lambda I. \quad (6)$$

Импульсное преобразование энергии позволяет изменять потребляемый ток пропорционально скорости, так как он не равен току нагрузки. Из (5) и (6) следует, что экономический режим разгона будет обеспечен, если изменять коэффициент заполнения по закону

$$\lambda = \frac{C_F v}{U_d I \eta_{\text{д}}}. \quad (7)$$

Если получение малых значений λ , обеспечивающих экономичность при низких скоростях, оказывается затруднительным по техническим причинам, то целесообразно сочетать ТИП с переключением групп тяговых двигателей.

Экономичность разгона особенно важна при питании тяговых двигателей от аккумуляторных батарей, где запас энергии ограничен. Этим объясняется, что системы ТИП первоначально нашли применение на аккумуляторном и контактно-аккумуляторном ЭПС. Однако и при питании от контактной сети система ТИП позволяет существенно снизить пусковые потери, что дает возможность получить значительную экономию на эксплуатационных расходах, а также ликвидировать непроизводительные затраты энергии.

В качестве примера отметим, что в сопротивлениях одного метрополитеновского состава расходуется в круг около 250 кВт·ч, в день – 5000 кВт·ч, в месяц – 150000 кВт·ч на сумму 25,5 млн сум. Техничко-экономические расчеты показывают, что применение импульсного управления позволяет

сократить расход энергии на 15–30 % в зависимости от характера эксплуатации ЭПС постоянного тока. В частности, расчеты показали, что применение тиристорных систем на метрополитеновском составе позволит сэкономить около 2,5 млн кВт·ч электроэнергии в год. Это снижает годовые расходы по эксплуатации городского электротранспорта примерно на 4,2 млрд сум.

Эксплуатация опытных образцов трамвая и троллейбуса достаточно подтверждает отмеченную экономичность в расходе электроэнергии.

На рисунке 1 изображена пусковая диаграмма $i(t)$ при ступенчатом и плавном регулировании. Хотя среднее значение тока при ступенчатом пуске I_{cp} меньше тока I при ТИП, однако из-за большей неравномерности в точке А будет нарушено сцепление и начнется боксование.

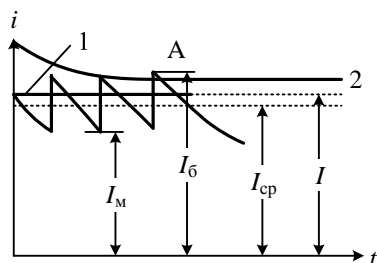


Рисунок 1 – Пусковая диаграмма:

1 – плавный пуск; 2 – ограничение по сцеплению

Плавное изменение тока при пуске позволяет не только реализовать более высокие пусковые ускорения, но и обеспечить изменение тока, которое исключает ощущение толчков у пассажиров. Установлено, что толчки не ощущаются, если вторая производная скорости по времени не превышает $0,3 \text{ м/с}^3$.

Быстродействие ТИП в замкнутой системе регулирования обычно достаточно для того, чтобы изменить протекание переходного процесса в цепи тяговых двигателей. Поэтому в системах с контролем по току допустимо переключение групп двигателей даже с полным их отключением от контактной сети, а в системах регулирования сопротивления возможно закорачивание ступеней сопротивления, не охваченных ТИП.

Список литературы

- 1 Кабалык, Ю. С. Системы управления электроподвижным составом : учеб. пособие / Ю. С. Кабалык. – Хабаровск : ДВГУПС, 2013. – 119 с.
- 2 Мелешин, В. И. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин. – М. : Техносфера, 2005. – 632 с.

УДК 536.24

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО СНИЖЕНИЮ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВАГОНОВ

В. Г. ЯКИМЧЕНКО

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Точность расчетов процессов кипения в теплообменном оборудовании систем кондиционирования и вентиляции влияет на оптимальные габаритные размеры аппаратов, их стоимость, энергетические затраты для транспорта хладоносителей в контуре. Из-за отсутствия достоверных аналитических решений эмпирические соотношения параметров теплообмена до сих пор остаются единственными, принятыми в расчетах теплообмена в испарителях. Поэтому энергетическая эффективность таких аппаратов может быть обеспечена только повышенной точностью расчетов тепло-гидродинамических параметров процесса кипения.

С помощью методики многокритериальной оптимизации получены результаты математического описания интенсивности процессов кипения озонобезопасного хладагента R407C в испарителях. Это было достигнуто путем использования оптимизации в обработке экспериментальных данных этого процесса с получением оценки отклонений модельных параметров интенсивности теплообменных процессов с используемыми в настоящее время эмпирическими методами. Полученные результаты обработки экспериментальных данных были использованы в тепловом расчете фреонового испарителя-воздухоохладителя холодопроизводительностью 28 кВт [1].

В данной работе для получения параметров теплофизической модели, описывающих интенсивность теплообмена при кипении, используется зависимость, базирующаяся на уравнении С. С. Кутателадзе следующего вида [2, 3]:

$$Nu = c Re^{n_1} K_p^{m_1} Pr^{m_2}, \quad (1)$$

где c , n_1 , m_1 и m_2 – коэффициент и показатели степени данной теплофизической модели.

В качестве составляющих данной зависимости – чисел Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля и числа давления были взяты следующие соотношения:

$$Nu = \frac{\alpha l_0}{\lambda_{ж}}, Re = \frac{q}{r p_{ж} a} \sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho_{ж} - \rho_{п})}}, K_p = \frac{P_n}{\sqrt{\sigma g(\rho_{ж} - \rho_{п})}}, Pr = \frac{\nu}{a}. \quad (2)$$

Алгоритм оптимизации осуществлял поиск максимума целевой функции $Nu \rightarrow \max$ на сетке Грея специальным перебором значений [4].

В результате многокритериальной оптимизации было получено уравнения С. С. Кутателадзе со следующими оптимальными значениями параметров:

$$Nu = 0,304 Re^{0,586} K_p^{0,754} Pr^{0,552}. \quad (3)$$

Полученное уравнение с погрешностью $\pm 1,9\%$ описывает результаты экспериментальных исследований, что позволяет использовать полученное соотношение для инженерных расчетов испарителей.

Далее зависимость (3) использовалась для оценки отклонения результатов расчета, выполненных эмпирическими методами, от методов имитационного моделирования, которая связана с затратами на циркуляцию хладагентов в контуре холодильных установок и систем кондиционирования воздуха.

Расчет интенсивности теплообмена в испарителе производился с учетом использования медных трубок с наружным диаметром 18×2 мм, температуре кипения холодильного агента $t_n = 5^\circ\text{C}$, средних температуре $t_{ср.в} = 21,5^\circ\text{C}$ и относительной влажности $\phi = 65\%$ воздуха в вагоне [1].

Результаты теплового расчета испарителя-воздухоохладителя системы кондиционирования вагона и сравнительного анализа точности расчетов по эмпирической и предлагаемой методикам с использованием зависимости (3) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты параметров теплообмена в испарителе-воздухоохладителе с использованием хладагента R407C

Число Nu		Коэффициент теплоотдачи фреона α , Вт/(м ² ·К)			Коэффициент теплопередачи k , Вт/(м ² ·К)		
Предлагаемая методика	Эмпирическая методика	Предлагаемая методика	Эмпирическая методика	Отклонение, %	Предлагаемая методика	Эмпирическая методика	Отклонение, %
279	307	4813	5294	10	599	628	4,8

Таким образом, отклонение на 10 и 5 % соответственно, в расчетах эмпирической методики от предлагаемой методики по определению коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи в процессах кипения хладагентов, на примере фреона R407C (см. таблицу 1), приведет к завышению расчетного значения холодопроизводительности испарителя-воздухоохладителя на 4,8 % вследствие изменения расчетных объемов циркулирующих через него хладагента и воздуха.

Применение методов имитационного моделирования и многокритериальной оптимизации для расчета испарителя-воздухоохладителя вагона холодопроизводительностью $Q_0 = 28$ кВт (хладагент R407C с температурой кипения $t_n = 5^\circ\text{C}$) показывает, что снижение энергозатрат в компрессоре в среднем составляет до $\pm 4,8\%$. Это позволит снизить затраты на циркуляцию хладагента в контуре машины в размере 552 руб./год.

Список литературы

- 1 Сборник задач по процессам теплообмена в пищевой и холодильной промышленности / Г. Н. Данилова [и др.]. – М. : Пищевая промышленность, 1976. – 240 с.
- 2 Кутателадзе, С. С. Основы теории теплообмена. / С. С. Кутателадзе. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М. : Атомиздат, 1979. – 416 с.
- 3 Овсянник, А. В. Моделирование процессов теплообмена при кипении жидкостей / А. В. Овсянник. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – 284 с.
- 4 Лоу, А. М. Имитационное моделирование. Классика CS / А. М. Лоу, В. Д. Кельтон. – 3-е изд. – СПб. : Питер, 2004. – 847 с.

5 ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ

УДК 656:330:004

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

*Г. В. БУБНОВА, В. Н. ЕМЕЦ, А. В. АСТАФЬЕВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

В настоящее время понятие цифровых технологий включает не только телевидение и гаджеты, но и оцифрованные архивы информации, а также системы сбора, обработки и хранения данных. В целом ряде работ [1–8] анализируется, насколько корректно использование определений «цифровые технологии», «цифровая железная дорога», «цифровая связь», «цифровая экономика», «цифровая логистика», «цифровая бухгалтерия» и других.

Если исходить только из критерия наличия цифр, то любые денежные расчёты, платежи и финансовые операции являются цифровыми, поскольку на любых денежных знаках присутствуют цифры, выражающие собой достоинство монет, купюр, а также размеры самих платежей.

Иное дело – технология и формы расчетов, платежей и финансовых операций, который могут быть наличными, безналичными, предварительными, по факту, взаимозачётными, факторинговыми и так далее.

Также, если исходить только из критерия наличия цифр, то любую экономику можно считать цифровой, поскольку без экономических обоснований инвестиционных проектов, экономического мониторинга принимаемых управленческих решений, экономического прогноза, подсчета доходов, выручки, расходов, затрат, издержек, прибыли, рентабельности и других экономических показателей немисливо управление не только экономическими, но и любыми производственными процессами. С другой стороны, расчеты можно производить при помощи различных инструментов на пещерных стенах, деревянных столбах, палочками на земле, гусиными перьями на бумаге и т. д. В Луксоре (Египет) до наших дней сохранились каменные столбы, на которых выбиты расчёты бухгалтерских балансов, а в Зимбабве, например, до недавнего времени были в обращении денежные купюры, доходившие достоинством до 100 триллионов и даже 5 октальонов местных долларов. Однако экономики древнего Египта и современного Зимбабве вряд ли можно считать цифровыми.

В своё время германская фирма по производству электронных игрушек РИКО стала выпускать детские железные дороги. Это железнодорожное полотно, шпалы и рельсы, где один рельс имеет плюс, второй минус, блоки питания с выпрямителем напряжения до 12В. Ставим локомотив, цепляем вагоны, подаём разное напряжение на полотно, локомотив движется с регулируемой скоростью, меняем полярность, локомотив меняет направление движения. И вот тут возникает вопрос: можно ли считать электрическую железную дорогу цифровой игрушкой? Наверное, нет. Но также возникают и следующие вопросы: как запустить несколько локомотивов и с различной скоростью; как изменять скорость и направление движения при нескольких локомотивах, если полярность и напряжение на рельсах должны быть неизменны.

Примерно около 20 лет назад германская фирма стала использовать для таких нужд дешифраторы, которые устанавливались в каждый локомотив, и по команде с каждого пульта для каждого локомотива менялись напряжение для скорости и полярность для изменения движения локомотива. И вот 20 лет назад можно ли было назвать такую железную дорогу цифровой? Наверное, нет. Тогда такого термина не было, а результат был.

Сегодня мы имеем один пульт, или переходник с программой на USB для управления такой дорогой с персонального компьютера. В локомотивах стоят всё те же дешифраторы, но теперь они называются декодерами и намного функциональнее своих предшественников. Вот такую же

лезную дорогу можно назвать цифровой, поскольку ею можно управлять, двигая при помощи мышки курсором по экрану, переключая стрелки, светофоры, управляя локомотивами и другими элементами.

Но эта цифровая детская дорога идеальна только в классическом варианте, когда все поезда двигаются по полотну без аварий и препятствий. В случае проблемы на любом участке дороги или с локомотивом, даже в детской железной дороге по настроенной и запущенной автоматической программе, возникнут нештатные ситуации, что приведет к непредвиденным последствиям.

Хороша ли цифровая железная дорога без контроля человека? Видимо нет. Машинист и диспетчеры на станциях обязательны в процессе движения. И ещё ни в одной стране нет цифровых железных дорог, где локомотив бы двигался без контроля человека.

В Японии, Германии, США, и, конечно, России – везде присутствуют машинисты, а в некоторых типах локомотивов – и помощники машинистов. Их роль намного меньше, чем раньше, но контроль обязателен. Таким образом, железная дорога под управлением компьютерной программы и человека – это автоматизированная система с оператором, но она не может называться «ЦИФРОВАЯ».

Ни одна из наук не может называться цифровой по причине того, что наука уже существует, а понятие о цифрах и представлении информации в цифровом виде не определено, а точнее определено давно, но без использования информационных систем.

Самый простой пример. Компьютеры появились недавно, а цифровая сортировка почтовых отправлений давно. Во всём мире на каждом конверте, на каждой посылке мы проставляли почтовый индекс. Если присваивать термин «цифровой» или «цифровая», то почта любой страны является цифровой. Потом появились штрих-коды с цифрами, которые определяли производителя товаров, потом стали использовать QR-коды, где были одни квадратики и пустые места, а по сути – это закодированная архивная информация об имени, товаре, производителе, событии, которая считывается прибором, расшифровывается и обрабатывается в компьютере.

Слово «цифровое» может быть использовано к конкретному устройству, электронному микроэлементу, которое было заменено с лампы на микросхему. Но отрасль и науку называть «цифровой» нельзя.

Основная масса населения Российской Федерации сейчас использует портал «Государственные услуги». Действительно, это очень удобная система. Однако, на самом деле, это консолидированная автоматизированная информационная система с доступом всех пользователей к государственным услугам и службам. И эта система названа не «Цифровое Правительство», а «Электронное Правительство», и в действительности это название максимально передаёт суть данной информационной системы. Поэтому все разрабатываемые и внедряемые системы должны иметь правильные названия, определения и толкования.

Список литературы

- 1 Транспортные коридоры и оси в цифровой транспортной системе / Г. В. Бубнова [и др.] // Транспорт: наука, техника, управление : сб. ОИ / ВИНТИ. – 2017. – № 7. – С. 11–20.
- 2 Бубнова, Г. В. Цифровая логистика и безопасность цепей поставок / Г. В. Бубнова, П. В. Куренков, А. Г. Некрасов // Логистика. – 2017. – № 7. – С. 46–50.
- 3 Бубнова, Г. В. Цифровая логистика – инновационный механизм развития и эффективного функционирования транспортно-логистических систем и комплексов / Г. В. Бубнова, Б. А. Лёвин // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – № 3. – С. 72–78.
- 4 Цифровые транспортные коридоры для перевозок грузов и пассажиров / А. А. Климов [и др.] // Вестник транспорта. – 2017. – № 10. – С. 26–30 (начало); № 11. – С. 15–28 (продолжение); № 12. – С. 18–26 (окончание).
- 5 Экономика инноваций цифровой железной дороги. Опыт Великобритании / В. П. Куприяновский [и др.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – № 3. – С. 79–99.
- 6 Куприяновский, В. П. Грузопассажирские транспортные коридоры в евроазиатском цифровом пространстве / В. П. Куприяновский, П. В. Куренков, О. Н. Мадяр // Транспорт: наука, техника, управление : сб. ОИ / ВИНТИ. – 2017. – № 11. – С. 8–17.
- 7 Строительство и инженерия на основе стандартов BIM как основа трансформаций инфраструктур в цифровой экономике / С. А. Синягов [и др.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – № 5. – С. 46–79.
- 8 Прорывные инновационные технологии для инфраструктур. Евразийская цифровая железная дорога как основа логистического коридора нового Шелкового пути / И. А. Соколов [и др.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – № 9. – С. 102–118.

АНАЛИЗ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Е. В. БУГАЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для обеспечения конкурентоспособности технической продукции, в том числе и железнодорожного транспорта, необходимо применение современных технологий управления. Частью современных технологий является интегрированная логистическая поддержка изделий, которая является совокупностью видов деятельности, выполняемых на всех стадиях жизненного цикла с использованием управленческих, инженерных и информационных технологий, направленных на обеспечение высокого уровня эксплуатационных свойств сложной техники.

Одним из основных процессов в рамках интегрированной логистической поддержки (ИЛП) является процесс анализа логистической поддержки (АЛП), который предусматривает:

- анализ ожидаемых условий и целей эксплуатации объекта, а также особенностей системы его технической эксплуатации;
- анализ вариантов конструкции объекта, элементов системы технической эксплуатации и выбор их наилучшего сочетания;
- анализ необходимых изменений элементов существующей системы технической эксплуатации в связи с освоением эксплуатации нового типа техники;
- определение формы, объемов и условий технической поддержки эксплуатанта техники со стороны разработчика (поставщика), включая обеспечение эксплуатации после прекращения серийного производства;
- разработку методического и информационного обеспечения сбора и обмена эксплуатационной информацией (системы мониторинга эксплуатации) для установления обратной связи между эксплуатантом и разработчиком для анализа данных об особенностях техники и проблемах, выявленных в эксплуатации, в интересах совершенствования конструкции объекта, элементов системы его технической эксплуатации и для использования в новых разработках;
- оценку эффективности системы интегрированной логистической поддержки и планирование мероприятий по ее развитию.

Полученные результаты накапливаются в базе данных АЛП (БД АЛП) и используются при формировании системы технической эксплуатации и ее элементов. Конкретно описание задач обслуживания представляется в стандартизированном виде и может, практически без переделок, быть использовано в дальнейшем для подготовки технической документации и средств обучения.

Цель такой деятельности – обеспечение эксплуатационно-экономической эффективности как комплексного свойства технической системы (например, локомотива, вагона) и системы ее интегрированной логистической поддержки, отражающего уровни эксплуатационно-технических характеристик системы и величину затрат на их обеспечение.

Процесс интегрированной логистической поддержки и анализа логистической поддержки сопровождаются информационно. Информационные модели опираются на основные положения, изложенные и регламентированные в стандарте Министерства обороны Великобритании DEF STAN 00-60, который стал международным и на нормы которого ссылаются иностранные заказчики, формулируя требования к ИЛП для отечественных изделий. Важные аспекты ИЛП посвящены спецификации ASD S1000D и S2000M. Все эти документы в той или иной мере затрагивают вопросы информационного сопровождения процессов ИЛП.

В основу современной информационной модели положена объектно-ориентированная модель данных.

В основе организации работ по АЛП лежит процедура структурирования конечного изделия, т. е. разбиение его на функциональные и физические компоненты, оказывающие влияние на надежность и работоспособность изделия и, в конечном счете, на его поддерживаемость.

Исходные данные и результаты решения задач анализа логистической поддержки, находящиеся в базе данных АЛП, должны сохранять актуальность в течение всего срока службы технического

средства. Поскольку актуальность данных анализа логистической поддержки является критически важным фактором, то в ходе сопровождения базы данных анализа логистической поддержки должны использоваться методы управления конфигурацией по ГОСТ Р ИСО 10007–2007.

Данные и документы, которые хранятся в базе данных анализа логистической поддержки, т. е. результаты анализа логистической поддержки подразделяются на две группы:

- данные и документы, влияющие на конструкцию и процесс проектирования технического средства и его составных частей (функциональных систем, агрегатов, узлов, крупных деталей и т. д.);
- данные и документы, используемые для создания элементов системы технической эксплуатации.

Из базы данных получают документы в виде типовых отчетов.

Требования к порядку проведения анализа логистической поддержки устанавливаются для каждого технического средства или по группе технических средств индивидуально по согласованию между головным разработчиком и заказчиком. Конкретный состав задач, объем работ, степень детализации анализа и элементов данных базы данных АЛП, а также исполнителей устанавливают с учетом требований.

Выполнение всего перечня задач АЛП зависит от вида техники и не является обязательным.

Конкретный состав задач, объем работ и степень детализации анализа, а также исполнители задач определяются для каждого проекта индивидуально по согласованию между разработчиком (поставщиком) изделия и заказчиком в зависимости от следующих факторов:

- вида проекта (разработка нового изделия, модернизация существующего, разработка новой модификации или исполнения, поставка существующего изделия без изменений);
- сложности изделия;
- требований заказчика;
- возможности влияния результатов АЛП на конструкцию изделия;
- возможности влияния результатов АЛП на структуру и параметры СТЭ;
- наличия и достоверности исходных данных;
- стадии жизненного цикла изделия.

Для проектов, связанных с разработкой нового изделия, АЛП носит наиболее полный характер и охватывает все направления, перечисленные выше.

Для проектов, связанных с модернизацией и разработкой модификации или исполнения, АЛП проводят в целях оценки влияния изменений, вносимых в конструкцию, на показатели эксплуатационно-экономической эффективности, а также выработки предложений по организации или изменению системы технической эксплуатации. При этом задачи АЛП выполняются полностью или частично.

Для проектов, связанных с поставкой существующего изделия без изменений, АЛП проводят в целях определения показателей эксплуатационно-экономической эффективности в планируемых условиях эксплуатации, а также для выработки рекомендаций по организации или адаптации, действующей у заказчика, и определения дополнительных потребностей в логистических ресурсах. В этом случае выполняется лишь часть задач АЛП. Уточнение результатов АЛП для конкретного заказчика возможно в случае, если на ранних стадиях разработки изделия был выполнен основной объем базовых работ по АЛП и подготовлена база данных АЛП для типового сценария эксплуатации.

Каждая задача анализа логистической поддержки – это трудоемкое исследование процессов, документов, внешних условий, организационных структур и иных сущностей, совокупность которых и образует систему ИЛП. Такое исследование требует участия многих специалистов высокой квалификации: инженеров-аналитиков; конструкторов; расчетчиков; специалистов по надежности, организации эксплуатации и обслуживания, организации и проведению испытаний, охране окружающей среды; экономистов и т. д. В ходе АЛП собираются и помещаются в базу данных АЛП огромные объемы разнообразной и труднодоступной информации (числовой, текстовой, графической, мультимедийной и т. д.). Решение всего комплекса задач анализа логистической поддержки в нынешних белорусских условиях пока не представляется возможным. На практике этот комплекс сужается и конкретизируется. В настоящее время формируется минимальный перечень задач по анализу логистической поддержки, который возможен на начальных этапах внедрения технологии анализа логистической поддержки.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО СЕРВИСА ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ ПО ПРИНЦИПУ «ОДНОГО ОКНА»

М. А. ГОНЧАР

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Усиление конкуренции в сфере грузовых перевозок требует от транспортных компаний и перевозчиков повышения качества оказываемых услуг и совершенствования тарифной политики. Одним из способов сокращения издержек при организации производства и поставок является управление потоками, что невозможно без соответствующего информационного обеспечения. В соответствии с принятой Концепцией развития грузового хозяйства Белорусской железной дороги до 2020 года планируется организация работы с клиентами по принципу «одного окна» с последующим переходом на взаимодействие с клиентами через Информационный портал Белорусской железной дороги.

Организация обслуживания по принципу «одного окна» реализуема только при условии взаимодействия всех структур, участвующих в перевозке, посредством электронного документооборота. В настоящее время электронный документооборот возможен только с применением электронных юридически значимых документов, подписанных электронной цифровой подписью.

Взаимодействие грузоотправителей и грузополучателей с Белорусской железной дорогой реализуется посредством автоматизированной системы «Электронная перевозка» и Личного кабинета, с помощью которых грузоотправители и грузополучатели имеют возможность оформления перевозочных документов и документов станционной и коммерческой отчетности, а также получения доступа к некоторым услугам. Взаимодействие таможенных органов с грузоотправителями и грузополучателями реализуется посредством Общегосударственной автоматизированной информационной системы (далее – ОАИС) на Едином портале электронных услуг при передаче декларации и информации о заявленных таможенных процедурах в Национальную автоматизированную систему таможенных органов Республики Беларусь (далее – НАСЭД) [1]. Схема взаимодействия представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Организация взаимодействия грузоотправителей/грузополучателей с железнодорожным перевозчиком и таможенными органами

Переход к полностью электронному документообороту на железнодорожном транспорте невозможен без электронного взаимодействия с таможенными органами, где сдерживающим фактором является необходимость предоставления при таможенном оформлении товаросопроводительных документов на бумажном носителе. За последние 10 лет в сфере таможенного оформления товаров при их перемещении через границу Республики Беларусь основные операции автоматизированы или находятся в опытной эксплуатации [2], однако организация перевозок по электронным наклад-

ным СМГС через таможенную границу посредством электронного взаимодействия железнодорожного транспорта и таможенных органов в тестовом режиме началась только в 2017 году (рисунок 2). Заявительный принцип, применяемый при электронном взаимодействии участников внешнеэкономической деятельности и предполагающий достаточность информации в объеме декларации без необходимости предоставления подтверждающих эту информацию сопроводительных документов, не относится к транспортным перевозочным документам.

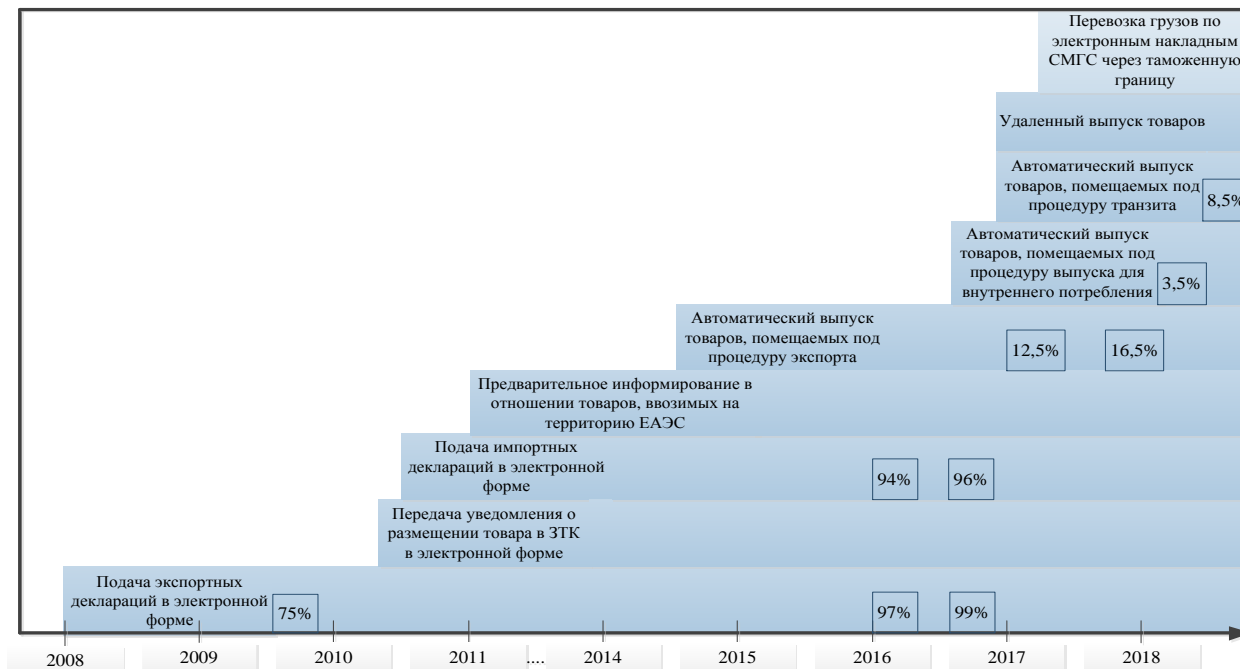


Рисунок 2 – Хронология внедрения электронного документооборота и автоматизации операций таможенного оформления в Республике Беларусь с указанием процента оформленных по новой технологии документов по отношению к общему количеству

Применение вышечисленных технологий при формировании электронного сервиса перевозок грузов по принципу «одного окна» позволит:

- со стороны таможенных органов [3]:
 - оптимизировать деятельность всей системы таможенных органов путем распределения людских и материальных ресурсов;
 - минимизировать влияние субъективных факторов и предотвратить коррупцию;
 - со стороны железнодорожных перевозчиков:
 - повысить конкурентоспособность транспорта за счет повышения качества транспортного обслуживания (сокращения срока доставки грузов и перехода к электронному документообороту);
 - сократить затраты на оформление документов;
- выгоды, получаемые в результате формирования технологии:
- для участников внешнеэкономической деятельности:
 - сократить временные и финансовые затраты;
 - минимизировать коммерческие риски, связанные с таможенными запретами и ограничениями.

В целом для государства при обслуживании грузовладельцев по принципу «одного окна» создаются условия для реализации транзитного потенциала и привлечения экспортно-импортных перевозок грузов в странах ЕАЭС.

Список литературы

- 1 Информация о системе НАСЭД [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.customs.gov.by/ru/info-ru/>. – Дата доступа : 10.07.2018.
- 2 Официальный интернет-портал таможенных органов Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа : <http://www.customs.gov.by/ru/>. – Дата доступа : 10.07.2018.
- 3 Научные работы студентов – в практику (обзор за 2013–2014 годы) // Таможенная политика России на Дальнем Востоке. – 2014. – № 4(69). – С. 85–103.

КОНЦЕПЦИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В СИСТЕМЕ «ГОРОД – ПРИГОРОД»*Ю. Н. ДРАНЧЕНКО**Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

В настоящее время многие города подошли вплотную к критическому уровню по численности автомобильного транспорта, приходящегося на 1000 жителей (более 300 машин) [1, 4–8]. Объёмы перевозок пассажиров и доля общественного городского пассажирского транспорта, включая автомобильный. Особая роль отводится железнодорожным пригородно-городским пассажирским перевозкам. Городские железные дороги максимально эффективно используют ограниченное городское пространство. Железные дороги в городе остаются вне конкуренции по площади занимаемой транспортной инфраструктуры.

Во многих странах мира оценили преимущества железнодорожного транспорта в организации перевозок пассажиров в крупных транспортных узлах. Уже во второй половине XX века во многих городах Западной Европы стали формироваться сети пригородных пассажирских сообщений с обособлением от сетей грузовых перевозок. Пригородные электропоезда стали пропускаться по обособленным главным путям. Во многих городах: Берлине, Гамбурге, Лондоне, Мадриде, Мюнхене, Осаке, Токио и других – сформировались комплексы транспортных сетей, получившие название *Stadtbahn (S-Bahn)* – городские железные дороги [3].

Проведенное исследование показало, что в России транспортная политика в области пригородных и пригородно-городских перевозок железнодорожным транспортом всё больше перенимает опыт западноевропейской.

Удовлетворить спрос г. Москвы и московского мегаполиса, как и других крупных городов страны, на крупномасштабное строительство линий метрополитена в современных условиях пока невозможно, а развитие наземных видов общественного транспорта не позволяет решить эту задачу.

Успешным следует признать Московское центральное кольцо (далее – МЦК) – уникальный проект не только для Москвы, но и для всех транспортных узлов России в целом. МЦК стало полноценным легким метро, интегрированным в общую транспортную систему г. Москвы.

Результаты анализа позволяют сделать вывод о целесообразности использования в крупных транспортных узлах России опыта функционирования железных дорог зарубежных стран. В то же время необходимо учитывать особенности сформировавшейся сети железнодорожного транспорта и состояние инфраструктуры его пассажирского пригородного комплекса. В собственность пригородных пассажирских компаний (далее – ППК) должна постепенно переходить и транспортная инфраструктура как в черте города, так и в пригороде.

Сложная ситуация на автодорогах крупных транспортных узлов требует выноса за пределы городской черты грузовых транзитных потоков. При составлении планов застройки городов такое требование учитывается и является обязательным, но, к сожалению, при их реализации не всегда соблюдается. Выполнение этих условий позволило бы решить три задачи [7, 8]:

- повысить пропускную способность расположенной в пределах города железнодорожной сети для интенсификации пригородных, пригородно-городских и внутригородских пассажирских перевозок в дополнение к традиционным видам городского наземного пассажирского транспорта и метрополитена;

- сократить объемы вредных выбросов автомобильного транспорта, а также снизить уровень шума и вибрации, что улучшит экологию города;

- решить проблему повышения пропускной способности важнейших транспортных узлов и их железнодорожных сетей.

С целью практической реализации указанных задач в исследовании предложена «дорожная карта». Прежде всего, следует ускорить строительство обходов транспортных узлов, а также спрямляющих линий протяженностью от 20 до 80 километров для отведения транзитного для узла грузового движения. Это позволит существенно разгрузить внутригородские железнодорожные линии и лучше использовать для пассажирских перевозок. Потребуется и реконструкция линий с переустройством перегонов, остановочных пунктов и станций, а также строительством дополнительных пассажирских платформ и подъездов к ним, которая может быть выполнена в сравнительно короткие сроки.

Потребуется также строительство новых линий, их электрификация и техническое оснащение. В ряде крупных транспортных узлов такие обходы уже есть, но нуждаются в модернизации.

Эти мероприятия в крупных транспортных узлах России позволят в довольно сжатые сроки и при сравнительно небольших затратах получить дополнительно к линиям метрополитена около 500 км городских электрифицированных железных дорог, не уступающих по основным технико-экономическим и эксплуатационным параметрам.

Для осуществления мероприятий по повышению качества обслуживания населения крупных городов и мегаполисов страны внутригородским, пригородно-городским и внутригородским железнодорожным транспортом согласно [2, 4, 5–8] необходимо: а) в программы развития и модернизации железных дорог РФ включить мероприятия по развитию внутригородского железнодорожного транспорта в крупных городах и мегаполисах; б) провести обследование и экспертную оценку состояния существующих внутриузловых соединений и пригородных участков железных дорог во всех крупных городах России; в) провести научные исследования с целью оценки возможности более полного использования железнодорожного транспорта для удовлетворения потребностей населения во внутригородских, пригородно-городских и пригородных перевозках; г) разработать Комплексную программу развития сетей железнодорожного транспорта в крупнейших городах.

Реализация разработанной Концепции зависит от итога реформирования пригородного железнодорожного транспорта с образованием ППК. Непосредственно в рамках ППК необходимо решить задачу интеграции абсолютно всех видов рельсового транспорта в области крупных городов и городских агломераций.

Размеры движения пригородных электропоездов в крупнейших железнодорожных узлах России не увеличиваются, а иногда и сокращаются, а вопрос о создании интегрированных сетей рельсового транспорта городов и пригородных зон по предлагаемой автором концепции пока не реализован ни в одном проекте.

Для эффективного развития ППК следует обеспечить их собственной инфраструктурой, производственной и ремонтной базой и подвижным составом. Для решения поставленной задачи предлагается как можно быстрее начать реализацию вышеуказанных условий с формированием ФЦП «Городские железные дороги России», включающую в себя создание Единой пригородно-городской сети железнодорожного транспорта в 10–12 крупнейших городах России. Текст этой ФЦП нуждается в серьезной позиции государства и научном сопровождении.

В [2, 4–8] выделены четыре группы основных критериев эффективности. Дальнейшее развитие ППК должно быть направлено на совершенствование организации экономической устойчивости и эффективного функционирования с образованием интегрированных систем рельсового транспорта, специализированных на перевозки пассажиров в зоне «город – пригород» [2, 4–6].

Проекты развития ППК и образование на их базе в 11–12 крупнейших городах Российской Федерации Единой пригородно-городской сети железнодорожного транспорта должны получать нужное научно-методическое сопровождение и финансовую помощь из средств Российской Федерации, регионов и городских муниципалитетов [1, 2, 4–8].

Список литературы

- 1 **Вакуленко, С. П.** Обзор и анализ научных исследований пассажирских перевозок в мегаполисной системе «город – пригород» / С. П. Вакуленко, Ю. Н. Дранченко, П. В. Куренков // Вестник транспорта. – 2016. – № 9. – С. 37–42 (начало); 2016. – № 10. – С. 37–44 (окончание).
- 2 **Вакуленко, С. П.** Финансово-экономическое решение проблемы пригородных перевозок / С. П. Вакуленко, П. В. Куренков // Экономика железных дорог. – 2012. – № 12. – С. 96–99.
- 3 **Дранченко, Ю. Н.** Особенности организации пригородных пассажирских перевозок в различных странах мира / Ю. Н. Дранченко // Вестник транспорта. – 2015. – № 10. – С. 28–33.
- 4 **Дранченко, Ю. Н.** Совершенствование правовой базы пассажирских перевозок в пригородном сообщении / Ю. Н. Дранченко // Вестник транспорта. – 2016. – № 2. – С. 26–29.
- 5 **Дранченко, Ю. Н.** Структура собственности, финансирование и регулирование деятельности пригородных компаний / Ю. Н. Дранченко // Вестник транспорта. – 2015. – № 12. – С. 16–19.
- 6 **Куренков, П. В.** Повышение эффективности работы пригородного комплекса железнодорожного транспорта / П. В. Куренков, А. В. Андреев // Вестник транспорта. – 2008. – № 12. – С. 31–35.
- 7 **Куренков, П. В.** Железная дорога в городе: за и против / П. В. Куренков, Ю. Н. Дранченко // Транспорт: наука, техника, управление : сб. ОИ / ВИНТИ. – 2014. – № 1. – С. 26–34.
- 8 Проект «Городские железные дороги России» / В. А. Персианов [и др.] // Вестник транспорта. – 2014. – № 5. – С. 5–10 (начало); 2014. – № 6. – С. 6–11 (окончание).

РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ ДЛЯ ТАРИФНЫХ ЦЕЛЕЙ

И. А. ЕЛОВОЙ, Л. В. ОСИПЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Себестоимость перевозок грузов железнодорожным транспортом представляет собой удельные эксплуатационные расходы железной дороги, приходящиеся на единицу объема перевозок.

На сегодня фактическая себестоимость перевозки груза рассчитывается путем нахождения частного от деления всей суммы эксплуатационных расходов, отнесенных на грузовые перевозки, на объем эксплуатационной работы, и выражается в рублях за тонно-километр. Это значение является средним по дороге за определенный период и не отражает всей специфики перевозочного процесса.

Себестоимость для тарифных целей рассчитывается на базе параметрической модели, основанной на применении специальной системы укрупненных расходных ставок, разделенных по операциям перевозочного процесса: начально-конечной (НКО) и движенческой (ДО). В движенческой части отдельно учитываются расходы, зависящие от массы груза и расстояния перевозки, и расходы, зависящие только от расстояния.

Указанным методом определяются затраты, связанные не только с работой подвижного состава (так называемые «зависящие» расходы), но и с содержанием, ремонтом, амортизацией постоянных устройств и др. («условно-постоянные» расходы), что дает возможность учесть полную себестоимость перевозки при построении системы тарифов.

В последние годы наблюдается тенденция к увеличению доли частных вагонов в грузовых перевозках, а в некоторых странах ЕАЭС на данный момент практически отсутствует инвентарный парк вагонов. Кроме этого, в рамках заключенных международных соглашений возможно осуществление грузовых перевозок сторонними перевозчиками, не входящими в структуру железной дороги. Данные обстоятельства, а также требования к обеспечению транспарентности тарифов и возможности их гибкого регулирования являются одной из причин, вызвавших необходимость выделения в тарифах трех тарифных составляющих: инфраструктурной, вагонной и локомотивной. В связи с этим в условиях формирования нового подхода к расчету грузовых железнодорожных тарифов с выделением тарифных составляющих расчет себестоимости грузовых перевозок для тарифных целей и сопоставление полученных результатов с фактическими среднedorожными показателями являются актуальными задачами, имеющими важное значение при разработке, согласовании и утверждении в установленном порядке проекта новых тарифов.

Расчет параметров модели себестоимости для k -й тарифной составляющей осуществляется по формулам

$$A_{c_k} = e_{нко_k} + t_{гр} e_{вч} + \sum e_{j_k}; \quad (1)$$

$$B_{c_k} = (e_{ткм_k} q + e_{вкм_k} + We_{вч})(1 + \alpha) K_3; \quad (2)$$

$$D_{c_k} = e_{ткм_k} K_3, \quad (3)$$

где $e_{нко_k}$, $e_{вкм_k}$, $e_{ткм_k}$ – укрупненные расходные ставки, рассчитываемые для тарифных целей по k -й составляющей тарифа соответственно за отправленный вагон, вагоно-километр и тонно-километр брутто; $t_{гр}$ – средняя продолжительность выполнения грузовых операций за время оборота вагона; $e_{вч}$ – расходная ставка для тарифных целей за вагоно-час; $\sum e_{j_k}$ – сумма дополнительных расходных ставок на сортировку контейнеров, обслуживание вагонов с живностью и другие дополнительно выполняемые операции при перевозке отдельных грузов; q – средняя масса тары вагона; α – средний коэффициент порожнего пробега вагонов по отношению к груженому пробегу; W – пересчетный параметр перехода затрат, отнесенных на измеритель «вагоно-час», к измерителю «вагоно-километр» (время прохождения 1 км пути); K_3 – коэффициент, учитывающий разрыв между эксплуатационными и тарифными тонно-километрами.

При этом слагаемые $t_{гр} e_{вч}$ и $We_{вч}$, зависящие от стоимости вагоно-часа, учитываются только при расчете параметров A_c и B_c для вагонной составляющей тарифа, а параметр W определяется по формуле

$$W = \frac{1}{v_{\text{уч}}} + \frac{t_{\text{тех}}}{L_{\text{тех}}}, \quad (4)$$

где $v_{\text{уч}}$ – участковая скорость в грузовом движении, км/ч; $t_{\text{тех}}$ – средний простой вагона на технической станции, ч; $L_{\text{тех}}$ – среднее расстояние между техническими станциями (вагонное плечо), км.

Модель себестоимости для инфраструктурной ($C_{\text{и}}$), вагонной ($C_{\text{в}}$) и локомотивной ($C_{\text{л}}$) составляющих строится согласно следующим формулам:

$$C_{\text{и}} = A_{\text{и}} + (B_{\text{и}} + D_{\text{и}} P)L; \quad (5)$$

$$C_{\text{в}} = A_{\text{в}} + (B_{\text{в}} + D_{\text{в}} P)L; \quad (6)$$

$$C_{\text{л}} = A_{\text{л}} + (B_{\text{л}} + D_{\text{л}} P)L, \quad (7)$$

где P – масса перевозимого груза, т; L – расстояние перевозки.

При подставлении в полученные выражения (5)–(7) конкретных значений P и L определяется себестоимость перевозки по тарифным составляющим для перевозки определенной массы груза на заданное расстояние.

Общая себестоимость перевозки определяется путем суммирования входящих в нее тарифных составляющих:

$$C_{\text{о}} = C_{\text{и}} + C_{\text{в}} + C_{\text{л}}. \quad (8)$$

Сопоставление с фактической себестоимостью выполняется путем определения разницы между рассчитанными для тарифных целей и фактическими значениями:

$$\Delta C_k = \frac{C_k - C_{k(\text{ф})}}{C_{k(\text{ф})}} \cdot 100 \%, \quad (9)$$

где C_k – рассчитанное для тарифных целей среднedorожное значение себестоимости в части k -й тарифной составляющей; $C_{k(\text{ф})}$ – фактическое среднее значение себестоимости в части k -й тарифной составляющей.

Аналогично определяется сходимость результатов по расчету себестоимости в целом, без учета деления на тарифные составляющие.

Среднedorожные значения себестоимости для тарифных целей в разрезе тарифных составляющих определяются при среднем расстоянии перевозки и средней массе перевозимого груза на основании статистических данных за отчетный период и для 2017 года представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета себестоимости для тарифных целей в среднedorожных условиях и сопоставление с фактической средней себестоимостью

Наименование параметра и единицы измерения	Значение для тарифных составляющих:			
	инфраструктурной	вагонной	локомотивной	
Расчетная себестоимость для тарифных целей, руб./т·км	в разрезе тарифных составляющих	0,0167	0,0024	0,0065
	общая	0,0256		
Среднedorожная себестоимость, руб./т·км	в разрезе тарифных составляющих	0,0165	0,0024	0,0065
	общая	0,0254		
Разница между расчетными и среднedorожными значениями, %	в разрезе тарифных составляющих	1,21	0,00	0,00
	общая	0,79		

Оценка сопоставимости результатов расчета себестоимости грузовых перевозок для тарифных целей и фактической себестоимости на основании таблицы 1 показала, что по данным за 2017 год отклонение расчетной себестоимости от фактической в части инфраструктурной составляющей равно 1,2 %. Это объясняется исключением из расчетов части расходов, связанных с выполнением дополнительных операций, а также с обслуживанием отдельных перевозок. В части локомотивной и вагонной составляющих отклонений нет, а в целом себестоимость, рассчитанная для тарифных целей согласно приведенной методике, всего на 0,8 % превышает фактическую среднedorожную себестоимость, что говорит о хорошей сходимости результатов и свидетельствует об адекватности используемой модели.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

В. В. ЖАКОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Перевозка грузов в настоящее время является одним из главных стратегических видов услуг в Российской Федерации. В современных условиях одним из основных элементов эффективной конкурентной борьбы является именно предоставление грузовладельцу ряда дополнительных услуг. Оптимальное сочетание стоимости и качества данных услуг каждого транспортного предприятия способствует повышению их конкурентного статуса.

Проблема управления конкурентоспособностью, в том числе на транспортном рынке, требует всестороннего анализа и серьезного научного обоснования. Исследование вопросов развития конкуренции, повышения уровня конкурентоспособности ведется многие десятилетия и особенно актуально в современной экономике.

Конкуренция (позднелат. *concurrentia*, от лат. *concurro* – сбегаюсь, сталкиваюсь) – свойственная товарному производству, основанная на частной или корпоративной собственности на средства производства борьба между производителями за более выгодные условия производства и сбыта товаров, за получение наивысшей прибыли.

Конкурентоспособность транспортной компании – способность удовлетворять платежеспособный спрос клиентов в перевозках определённого объёма и качества, что позволяет занять ведущее место на рынке транспортных услуг и получить максимально полезный эффект [2].

В сфере грузовых перевозок существует конкуренция между железнодорожными и другими видами транспорта в различных сегментах рынка (по направлениям, по расстояниям, по видам грузов, по уровню транспортного обслуживания грузовладельцев и т. д.) [3].

В процессе организации международных перевозок требуется решать большое количество оптимизационных задач, а также необходимо комплексное планирование транспортировки совместно с другими логистическими функциями:

- планированием транспортных процессов на различных видах транспорта в случае смешанных перевозок;
- обеспечением технологического единства транспортно-складского процесса;
- планированием транспортного процесса со складскими и производственными процессами и др.

При этом общий алгоритм организации транспортировки, включает в себя логистические процедуры выбора [1]:

- вида транспортировки (способа перевозки или системы доставки грузов);
- вида (или несколько видов) транспорта;
- основных и вспомогательных логистических посредников.

В современных экономических условиях для оценки конкурентоспособности железнодорожных перевозок принято использовать подходы, основанные на теории качества транспортного обслуживания. Данное направление нашло дальнейшее развитие при разработке гибкой маркетинговой стратегии управления качеством транспортного обслуживания пользователей в рыночных условиях.

Качество транспортного обслуживания включает в себя комплекс потребительских свойств и неформальных характеристик. Можно положительно оценить так называемый «фирменный уровень обслуживания», обеспечивающий согласованность, доступность, регулярность, сохранность, экономичность, безопасность.

Таким образом, конкуренцию можно охарактеризовать как гибкий механизм, мгновенно реагирующий на любые изменения внешней среды. Для обеспечения конкурентной стратегии необходимо обеспечение резерва производственных мощностей, финансовых ресурсов и прочее. Уровень конкурентоспособности организации следует признать одним из главных обобщающих показателей, с помощью которого может быть дана интегрированная оценка всех потенциальных, а при необходимости и прогнозных возможностей и конечных экономических результатов деятельности [2].

На железных дорогах европейских стран широкое распространение получила технология перевозок грузов блок-поездами, курсирующими по твердому графику. Они формируются из повагон-

ных и групповых отправок в соответствии с зарезервированными клиентами вагоно-местами и обрабатываются между крупными терминалами по заранее согласованному и публичному (доступному для всех заинтересованных лиц) регулярному расписанию. Подсылка вагонов к терминалам формирования и отправления блок-поездов обеспечивается так называемым «фидерным» движением (аналог местной работы в отечественной терминологии). При этом за владельцем инфраструктуры остается безусловное право регулирования поездопотоков.

Блок-поезд от других форм организации движения отличают регулярность (обращается по заранее согласованному и утвержденному твердому расписанию) и публичность (полигон, расписание курсирования и другие характеристики блок-поезда объявляются всем заинтересованным сторонам, у грузовладельцев и операторов подвижного состава есть возможность заранее зарезервировать вагоно-места в конкретном блок-поезде). Отдельным свойством может быть организационная независимость (в том случае, если оператор блок-поезда не является одновременно владельцем инфраструктуры, на которой этот блок-поезд обращается). При этом блок-поезд может обеспечиваться локомотивной тягой как оператором и самостоятельно, и с привлечением тяговых ресурсов владельца инфраструктуры (на всём полигоне обращения или на отдельных участках) [3].

Согласно современным стандартам качества предполагается, что обработка блок-поездов наиболее эффективно будет проходить при участии логистических центров (ЛЦ), что значительно повысит конкурентоспособность отечественных транспортных компаний.

Таким образом, конкурентоспособность современной транспортной компании обеспечивается за счет разного рода преимуществ по сравнению с её основными конкурентами, а именно: экономических, финансовых, инвестиционных, кадровых, инновационных и технологических. Результаты проведённых исследований, а также практический опыт лежат в основе доказательства того, что контейнерные блок-поезда и современные логистические центры могут играть значительную роль в поддержке конкурентоспособности и интермодальности транспортных услуг, а также создавать стимул для сдвига в сторону смешанных перевозок в глобальных цепях поставок, связывающих страны, находящиеся на полигоне евроазиатского пространства. Кроме того, новые звенья транспортной инфраструктуры также стимулируют вложение частных инвестиций в ЛЦ.

Список литературы

1 **Жаков, В. В.** Стратегическое управление инновациями на основе проектного менеджмента как фактор повышения производительности труда и конкурентоспособности железнодорожных транспортных компаний / В. В. Жаков // Повышение производительности труда на транспорте – источник развития и конкурентоспособности национальной экономики : труды Второй национальной научно-практической конференции. – М. : ТРАНСПОРТ, 2017. – С. 93–95.

2 Управление спросом на железнодорожные перевозки и проблемы рыночного равновесия / Ю. И. Соколов [и др.] ; под ред. Ю. И. Соколова. – М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015. – 320 с.

3 **Терёшина, Н. П.** Конкурентоспособность интегрированных транспортно-логистических систем / Н. П. Терёшина, А. В. Резер. – М. : ВИНТИ РАН, 2015. – 268 с.

УДК 657.22

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В. Л. ЖИГАЛОВ

Белорусская железная дорога, г. Минск

С. Л. ШАТРОВ, Е. О. ФРОЛЕНКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Железнодорожный транспорт – устойчивая, динамично развивающаяся система, которая является многоотраслевым комплексом экономики Республики Беларусь. Взаимодействуя с остальными видами транспорта, он удовлетворяет потребности населения не только в перевозках, но и во всех связанных с ним работах и услугах, формируя рынок транспортных услуг, и обеспечивает безопасность движения.

Кроме территориального разделения, где управление перевозочным процессом осуществляется отделениями дороги, Белорусская железная дорога имеет отраслевое деление по хозяйствам. Для обеспечения процесса перевозки создано 10 отраслевых хозяйств: пассажирское, грузовой работы и внешнеэкономической деятельности, перевозок, локомотивное, вагонное, пути, гражданских сооружений, сигнализации и связи, электроснабжения. На каждое хозяйство возложены свои особые функции перевозочного процесса.

Это предопределило применение функционального подхода в управлении, который предполагает распределение всех обязанностей на функциональных руководителей разнопрофильных предприятий.

Отметим, что специфика осуществления финансово-хозяйственной деятельности железной дороги определяет необходимость «многоуровневого» контроля доходов и расходов со стороны как государства, так и аппарата управления [1, с. 101]. Большая часть предприятий железнодорожного транспорта – это «несущие» расходы, но не образующие доходы, предприятия. Следовательно, их руководители могут отвечать лишь за тот объем расходов, который сопоставим с объемом работ, выполняемым конкретным предприятием (локомотивным депо, вагонным депо, вагонным участком и др.). Иные руководители организаций (ж.-д. станций, вокзалов) отвечают не только за затраты, но косвенно и за доходные поступления. Только в целом вся железная дорога отвечает за доходы (служба грузовой работы и внешнеэкономической деятельности отвечает по грузовым перевозкам, пассажирская служба – за пассажирские перевозки и т. д.).

Таким образом, существующий подход в классическом понимании позволяет определить, насколько эффективен каждый из элементов системы, и, тем более, каждый процесс в их рамках. Поэтому в современных условиях актуальным представляется формирование информационной базы не только по функциям управления (планирование, организация, мотивация и контроль), но и по процессам, протекающим в их рамках, что позволит влиять не только на результат, но и на факторы, его образующие.

Процессный подход следует определить как подход к организации и анализу деятельности предприятия, основанный на выделении и рассмотрении его бизнес-процессов, каждый из которых протекает во взаимосвязи с другими бизнес-процессами предприятия или внешней средой.

Управление бизнес-процессами (англ. – *business process management*) – концепция процессного управления организацией, рассматривающая бизнес-процессы как особые ресурсы предприятия, непрерывно адаптируемые к постоянным изменениям, и полагающаяся на такие принципы, как понятность и видимость бизнес-процессов в организации за счёт их моделирования с использованием формальных нотаций, использования программного обеспечения моделирования, симуляции, мониторинга и анализа бизнес-процессов, возможность динамического перестроения моделей бизнес-процессов силами участников и средствами программных систем [2].

Ключевым понятием процессного подхода является понятие «бизнес-процесс».

Бизнес-процесс – регулярно повторяющаяся последовательность действий, направленных на получение заданного результата, ценного для организации; множество из одной или нескольких связанных операций или процедур, в совокупности реализующих некоторую цель производственной деятельности, осуществляемой обычно в рамках заранее определенной организационной структуры [3].

Это общие определения, которые не являются отрасленаучными. На железнодорожном транспорте, учитывая его особый технологический процесс, одна и та же функция может выступать и как бизнес-процесс (в случае ее реализации на сторону), и как внутренний процесс, являющийся частью более крупных процессов и бизнес-процессов. Поэтому первоначальной задачей формирования научно обоснованной системы управления на железнодорожном транспорте является разработка типовых «процессных карт» для предприятий каждого хозяйства. Под типовыми «процессными картами» будем понимать совокупность взаимосвязанных процессов, описывающих технологию деятельности определенного предприятия.

Согласно Р. Каплану и Р. Куперу ценность (стоимость) любого предприятия создается во внутренних бизнес-процессах.

К основным бизнес-процессам железной дороги относятся перевозки согласно единому технологическому процессу и технологический процесс оказания услуг инфраструктуры.

К неосновным бизнес-процессам можно отнести бизнес-процессы иных видов деятельности, включая и вспомогательные, и обслуживающие производства.

С точки зрения управления железной дороги необходимо разбить весь процесс на наиболее мелкие – «подпроцессы». Каждый из этих подпроцессов – это своеобразный «кирпич» стены. Если он подвел, то вся стена рухнет. Поэтому необходимо построить систему управления таким образом, чтобы она охватывала все процессы без исключения. Однако для этого необходимо сформировать громоздкую и информационно емкую учетную систему, включающую использование определенной методологии, базовую основу которой составляли бы ключевые показатели эффективности (КПЭ).

Под КПЭ будем понимать количественную оценку бизнес-процесса, позволяющую определять степень эффективности его выполнения, проводить анализ деятельности предприятия в режиме реального времени, принимать управленческие решения с высокой степенью надежности, увеличивать конкурентные преимущества предприятия, улучшать перспективы его функционирования и развития, а также корректировать мотивацию сотрудников с целью повышения личной заинтересованности работников в эффективном выполнении процессов. К таким показателям эффективности на предприятиях железной дороги можно отнести, например, объем перевозок, себестоимость перевозки и др.

Следует отметить, что большинство современных систем управления используют информационные технологии как инструменты для создания моделей бизнес-процессов. Любая информационная база предполагает наличие работника, который создает какую-то отчетность, куда вписывается достаточно большой объем работы. Сегодня цифровая экономика позволяет создавать на базе предприятий, базирующихся на современных технологиях, информационные системы, которые могут быть насыщены любой информацией, которая формировалась бы даже без участия бухгалтера.

В настоящее время на предприятиях Белорусской железной дороги используется Единая корпоративная интегрированная система управления финансами и ресурсами (ЕК ИСУФР) – система класса ERP второго уровня, которая уже имеет некоторый набор схем бизнес-процессов.

Система построена по модульному принципу, это позволяет интегрировать в единой информационной среде данные, которые поступают из различных источников, а также реализовывать модули под конкретную специфику или определенный бизнес-процесс, однако, по нашему мнению, функциональные возможности процессного управления реализованы не полностью.

Уникальность процессного подхода заключается в его категориях как «бизнес-процесс» и «подпроцесс», которые тесно взаимосвязаны между собой. Однако здесь стоит отметить, что отдельно подпроцесс не имеет реализации, а может функционировать лишь в совокупности бизнес-процесса, который в последующем реализовывается. Из этого можно сделать вывод, что лишь грамотно составленный бизнес-процесс с учетом всех тонкостей подпроцессов позволит предприятиям железной дороги повысить результативность использования ее средств, максимизировав все свои возможности.

Дальнейшая реализация и развитие возможностей ЕК ИСУФР в части организации процессного учета позволит обеспечить систему управления информацией, необходимой для реинжиниринга бизнес-процессов, с целью оптимизации их структуры и управления затратами, доходами и результатами деятельности как определенного процесса, так и железной дороги в целом.

УДК 656.0:004

РАЗВИТИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ: ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Н. А. ЖУРАВЛЕВА

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

Категория времени, принципиально меняя систему экономических отношений, становится центральным элементом трансформации мира в новый, технологический. Цифровые технологии радикально меняют бизнес-модели и становятся важнейшим способом снижения затрат за счет оптимизации операционных моделей всех отраслей экономики. Это обусловлено существенными сменами приоритетов поведения на товарных рынках: меняется процесс ожидания новых товаров и услуг, причем в условиях индивидуальных предпочтений в любое время и в любом месте.

Жизнь перестает существовать вне цифрового пространства. Каждое новое успешное решение в бизнесе, корпоративном, социальном, общественном управлении обязано глубокому своевременному и системному погружению в цифровой мир. При этом, открывая огромные возможности, цифровая эпоха требует понимания ее законов, рисков, результатов, что изменяет всю совокупность методологии исследования цифровых компетенций. Новый цикл развития общества – это не только технологии и соответствующая им экономика. Это, в большей степени, изменение в способе принятия решений, реакций на риск и формировании стратегии эффективного поведения.

Современная методология – наиболее стойкая и сопротивляющаяся изменениям сфера, в которой вся теоретико-концептуальная конструкция базируется на принятии научного знания как принципиально intersubjectивного и деперсонифицированного. Каждый частный вопрос бизнеса и общества, как выжить и успешно реализоваться в цифровом мире, имеет обобщенный абстрактный или демаркационный ответ.

Методология исследования цифровой трансформации транспортной отрасли рассматривается как совокупность знаний о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности, применяемых в описании поведения всех субъектов в новом технологическом укладе. Обычно методологию исследования представляют четыре уровня: философский, общенаучный, конкретно-научный и технологический.

Особый интерес для описания цифровых изменений представляют научно содержательный и конкретно-научный (методический) уровни исследования, поскольку цифровая революция изменяет взгляды на ценность для потребителя, предлагает новые методы создания добавочной стоимости, меняет представление о конкурентной борьбе и всеобщее представление об информации.

В части общенаучной методологии или теоретических положений, применяемых к научным дисциплинам и описывающих поведение транспортных систем в новом технологическом укладе, следует отметить трансформацию «экономики спроса» и «экономики предложения» в новую цифровую сущность, меняющую как поведение потребителя и производителя, так и научный аппарат, описывающий данные процессы. Прежде всего, цифровая трансформация затрагивает фундаментальные ограничения в каждой из сфер, в которых действует бизнес-стратегия, предлагая новые методы соединения с потребителями и новые методы создания добавочной стоимости и конкуренции. Здесь следует отметить активное развитие эконофизики, квантовой экономики, циркулярной экономики.

В части конкретно-научной методологии, которая представляет собой совокупность всех принципов и методов, применяемых в экономической науке, мы имеем логико-концептуальный, кибернетический и математический аппарат системных исследований, которые получают новое содержание в условиях цифровизации. Применительно к транспортным системам мы наблюдаем принципиальные изменения, связанные с ростом значимости категории времени, или появление понятия «транспортные системы высоких скоростей».

Технологический уровень методологии исследования построен на описании основных цифровых технологий и их реализации на уровне бизнес-модели и операционной модели развития транспортных систем. Основными цифровыми технологиями, имеющими непосредственное отношение к транспортным системам, относят: «интернет вещей», дополненную реальность, беспилотные устройства, виртуальную реальность, трехмерную печать, технологию блокчейн, роботов и роботизацию, искусственный интеллект. Они, применительно к транспортным системам, реализуют следующие виды компетенций, существенно меняющие операционную модель бизнеса.

«Интернет вещей» позволяет отслеживать движения транспорта; мониторить устройства и инфраструктуру, состояния почвы и окружающей среды; осуществлять удаленный сбор и анализ данных; организовывать управление подключенными устройствами.

Дополненная реальность с помощью наложения графики/аудиоряда на отображение реального мира способна более подробно описать исследуемые процессы и их изменения, расширяя возможности систем управления движением.

Беспилотные устройства или транспортные средства, пилотируемые дистанционно, реализуют задачи виртуального мониторинга в труднодоступных местах; оценивают масштабы стихийных бедствий и разрушений; доставку грузов; управление стройплощадкой и пр.

Виртуальная реальность является своего рода компьютерной симуляцией 3D-изображения или полноценной среды в рамках заданного и контролируемого транспортного пространства, с которым пользователь может реалистично взаимодействовать.

Трехмерная печать, или метод послойного создания трехмерных объектов на основании цифровой модели посредством последовательного наложения материала, – достаточно быстро внедряемая технология изготовления инструментов и деталей, органических имитаторов; создания прототипов.

Технология блокчейн представляет собой систему распределенных баз данных, использующую алгоритмы для надежного учета транзакций. Поскольку информацию в системе нельзя изменить, т. к. более поздние цепочки защищают данные о предыдущих операциях (идентификация и управление доступом; управление цепочками поставок; смарт-контракты; обеспечение отслеживаемой информации; регистрация актива/права собственности), данная технология снижает затраты на обработку и анализ всей управленческой информации.

Роботы и роботизация составляют существенную часть цифровых технологий в транспортных системах. Это и электромеханические устройства, или виртуальные агенты, автономно или согласно инструкции (как правило компьютерной программе) автоматизирующие, улучшающие или поддерживающие действия человека. Они способны реализовывать процессы автоматизации повторяющихся действий; каналов клиентской поддержки; информирования сотрудников; интеллектуальных помощников.

В основе транспортных систем высоких скоростей лежат технологии *искусственного интеллекта* или программные алгоритмы, поддерживающие принятие решений. Концепция искусственного интеллекта включает, в том числе, машинное обучение – написание самообучающихся программ по управлению рисками, андеррайтингу кредитов и страхованию; анализу данных.

Таким образом, развитие компетенций цифровизации транспортных систем в условиях перехода к новому технологическому укладу существенно изменяет содержание научных исследований, переводя их в междисциплинарную область квантовой экономики, эконофизики, циркулярной экономики. Методики исследования также трансформируются под воздействием новых способов формирования и обработки информации. Общество уже может оценить выгоды от инвестиций в цифровизацию производства, в частности, рост эффективности новой бизнес-модели, рост индекса операционной эффективности и снижение себестоимости производства.

УДК 656.073: 658.8

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

К. А. ЗАБОЛОЦКАЯ, А. А. СМИРНОВ

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

В рамках участия в программе «Цифровая экономика» компания ОАО «РЖД» утвердила концепцию реализации комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога» по разработке и внедрению цифровых технологий в ключевые бизнес-процессы.

Для реализации основных направлений указанной программы, получены определенные результаты, связанные с автоматизацией принятия решений в логистических цепях доставки грузов. Разработанное программное обеспечение позволит более эффективно выстраивать схемы взаимодействия как с клиентами, так и с поставщиками отдельных логистических услуг в цепи доставки. Это повысит мобильность принятия обоснованных управленческих решений по составу логистической цепи.

Необходимость учета и анализа многочисленных факторов, влияющих на выбор схемы перевозки, усложняет принятие решений при организации системы доставки грузов. Это позволяет говорить об актуальности данной разработки, цель которой – эффективно использовать новое программное обеспечение для принятия решений по выбору альтернативной логистической цепи доставки груза. Решения в программе принимаются на основе результатов расчета удельных транспортно-логистических затрат и оценки альтернативных схем доставки. Критерий оптимального выбора – минимум суммарных транспортно-логистических затрат по всей длине цепи доставки груза.

Сравнение вариантов и выбор оптимальной логистической цепи проводится согласно методике, разработанной в ПГУПС в 1999 г. [1]. Однако использование этой методики не автоматизировано, что не дает возможности ее широкого применения. Предлагаемая программа автоматизирует и упрощает принятие решений по данной методике. Кроме того, во вложенных модулях программы реализованы методики расчета как параметров всей терминальной сети [2], так и эксплуатационных параметров логистических объектов различного типа [3]. В программе применяется ряд решений по оформлению интерфейса и логике исходных форм с учетом программного продукта. Программа написана на языке Visual Basic в среде программирования Microsoft Visual Studio и предназначена для автоматизации расчета транспортно-логистических затрат при организации доставки грузов по различным схемам.

Программа позволяет определить целый комплекс общих эксплуатационных затрат по доставке грузов по различным логистическим цепям, включая стоимость услуг транспортных организаций, удельные капитальные и эксплуатационные затраты, платы и сборы за складские, погрузочно-разгрузочные и дополнительные услуги. Программа реализует принятие рационального управленческого решения по каждому участку анализируемых логистических цепей с построением графических зависимостей. Новизна заключается в комплексном решении целого ряда вопросов, значимых при эксплуатации логистического объекта (ЛО) как сложного технического объекта (экономические и технические параметры складской системы) и выбор экономически целесообразного типа вагона (параметры транспортной системы) с другой стороны.

Рассмотрим основные процедуры работы с предложенной программой по укрупненным этапам:

- 1) ввод исходных данных;
- 2) проведение расчетных процедур с «всплывающими» окнами промежуточных решений;
- 3) выгрузка результатов расчета;
- 4) принятие решения по выбору альтернативной схемы доставки груза;
- 5) визуализация сравнения вариантов доставки груза и анализ полученных решений;
- 6) принятие обоснованного окончательного решения по проекту цепи доставки груза.

Алгоритм работы с программой следующий.

- 1 Вводятся исходные данные с заполнением табличных форм.
- 2 Для полного подсчета типа доставки рекомендуется начинать с пункта «ГО» (грузоотправитель) и заканчивать пунктом «ГП» (грузополучатель).
- 3 Заполняются ячейки известными (нормируемыми) данными.
- 4 После заполнения всех ячеек осуществляется расчет логистических цепей выбранного типа с выгрузкой результатов по каждому элементу.
- 5 После расчета получают диаграмму затрат с возможностью выбора наилучшего варианта.
- 6 Результаты расчета заносятся в таблицу.
- 7 Сравнение альтернатив происходит по основным стоимостным показателям.
- 8 Расчет затрат производится на логистическом объекте (объектах).

Вложенный модуль расчета параметров ЛО, включаемых в цепь доставки, адаптирован для их различных функциональных типов, начиная от прирельсового склада и заканчивая мультимодальными транспортно-логистическим центром. В общем случае ЛО – система территориально разбросанных объектов, технологически связанных между собой выполняемыми функциями по сбору груза, формированию и расформированию партий, перегрузке на другие виды транспорта, доставке груза клиентам [3].

Впервые были комплексно применены и автоматизированы в едином программном продукте методики проектирования и расчета складских комплексов, разработанные О. Б. Маликовым, В. В. Дыбской, О. Д. Покровской. Существующие аналоги затрагивают только отдельные вопросы проектирования ЛО (расчет площади хранения, сметно-финансовый расчет и др.) и не решают задачи комплексного выбора погрузочно-разгрузочного механизма, автоматизированной системы управления, типа вагона и технического решения ЛО при параллельном расчете таких экономических показателей, как показатели себестоимости выполнения операций с грузом и ключевые показатели эффективности (KPI).

Данный модуль программы позволяет определить целый комплекс общих эксплуатационных затрат логистического объекта, выбрать альтернативный вид подвижного состава, погрузочно-разгрузочного механизма и автоматизированной системы управления складским процессом. С использованием модуля в программе решаются также такие задачи:

- 1) автоматизация расчета экономических параметров ЛО (себестоимости контейнеро-операции и оценки оперативной работы);
- 2) автоматизация проектирования технических параметров ЛО;
- 3) автоматизация выбора экономически целесообразного типа вагона, грузозахватного устройства и автоматизированной системы управления, которая может применяться в технологическом процессе ЛО.

Таким образом, в работе отражены результаты программирования расчета альтернативных логистических цепей.

Программа может применяться для рационального управления логистическими цепями, для выбора альтернативных схем доставки, оптимизации управления цепями поставок, сметно-финансового расчета строительства ЛО (с учетом целесообразности его включения в логистическую цепь). Программа может использоваться любыми организаторами процесса перевозок, лицами, принимающими решения, во всех сферах логистики.

Список литературы

- 1 **Ефимов, В. В.** Сравнительная оценка экономической эффективности различных вариантов доставки грузов : учеб.-метод. пособие / В. В. Ефимов, Н. Г. Кобозева, А. И. Гончаров. – СПб. : ПГУПС, 2012. – 82 с.
- 2 **Покровская, О. Д.** Классификация узлов и станций как компонентов транспортной логистики / О. Д. Покровская // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 5 (59). – С. 77–86.
- 3 **Pokrovskaya, O. D.** Chi terministica reale come una nuova direzione scientifica / O. D. Pokrovskaya // Italian Science Review. – 2016; 1(34). – P. 112–116.

УДК 656.225.04

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Н. А. КЕКИШ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Достоверное прогнозирование транспортных потоков является необходимым условием эффективного функционирования современных сложных транспортных систем. Объемы нагрузки на транспортную систему в краткосрочном периоде служат основой для оперативного планирования ее работы и взаимодействия ее элементов. Для железнодорожного транспорта этот процесс особенно важен в силу более сложной по сравнению с другими видами транспорта технологии использования инфраструктуры. Не менее критичным достоверное прогнозирование транспортных потоков является для определения направлений развития в долгосрочном периоде, поскольку такое стратегическое планирование, как правило, связано с крупными инвестициями в инфраструктуру и подвижной состав, и ошибка (как в сторону занижения, так и в сторону завышения потенциальных объемов перевозок) неизбежно приводит к крупным финансовым потерям. Поэтому совершенствование методов прогнозирования транспортных потоков является актуальной задачей для любой железнодорожной администрации, и в частности, для Белорусской железной дороги.

Применяемые в настоящее время методы прогнозирования объемов железнодорожных перевозок для целей оперативного планирования и управления, в частности для разработки плана формирования и графика движения грузовых поездов, в основном опираются на ретроспективный анализ выполненной транспортной работы. Данный подход в современных условиях имеет всё меньше и меньше шансов на получение качественного результата по ряду причин. Выявление его недостатков позволяет определить пути совершенствования методов прогнозирования.

Современный рынок транспортных услуг является крайне динамичным как со стороны спроса, так и со стороны предложения. Идет постоянный процесс появления новых субъектов хозяйствования – потенциальных потребителей транспортных услуг и исчезновения существующих ввиду ликвидации, реорганизации, передислокации производства. Из-за быстрой адаптации производства к потребностям рынка, смены ассортимента выпускаемой продукции, активно изменяющейся географии поставщиков и потребителей субъекты хозяйствования гораздо менее стабильны в привер-

женности одному конкретному виду транспорта, чем раньше. Параллельно идет процесс реакции на эти изменения перевозчиков, предлагающих новые услуги, регулирующих свою ценовую политику. Количество перевозчиков также изменяется (в основном это касается частного сектора автоперевозчиков), что в итоге приводит к непрерывному процессу перераспределения долей транспортного рынка между видами транспорта. Прогнозирование, основанное на ретроспективном анализе объемов перевозок одним видом транспорта, таким образом, не учитывает эту динамику и потому не дает качественного результата, адекватно оценивающего потенциальную нагрузку на транспортную систему в целом с учетом взаимовлияния различных видов транспорта.

Вторым важным фактором, ограничивающим сферу применения статистических регрессионных моделей, является возникновение так называемых «черных лебедей» (по выражению американского финансового аналитика Н. Талеба) – плохо прогнозируемых обычными статистическими методами событий, оказывающих исключительно сильное, зачастую катастрофическое влияние, в корне изменяющее существующее положение. Примерами таких событий являются политические и военные конфликты, введение экономических санкций, карантины и эпидемии, стихийные бедствия. Ретроспективный анализ выполненных объемов перевозок не дает никаких ключей к прогнозу таких событий. Поскольку белорусская транспортная система, и в частности железная дорога, в силу географического положения ориентирована в первую очередь на обслуживание транзитных потоков, то она находится в сильной зависимости от политической и экономической ситуации в близлежащих государствах и все события подобного характера в них немедленно сказываются на эффективности работы этой системы. На первый взгляд кажется, что прогноз таких событий невозможен в принципе, однако в большом количестве случаев это не так, и прогноз может быть выполнен альтернативными методами на основании различных типов данных, не используемых в настоящее время в классических методах, основанных на обработке ретроспективной статистики.

Еще одним минусом использования статистических регрессионных моделей является ограничение по характеру и объему используемых входных данных. С одной стороны, широкое распространение современных информационно-управляющих систем упрощает сбор исходных данных для ретроспективного анализа и должно способствовать повышению качества прогнозных моделей. Однако на практике в распоряжении имеется огромный массив данных, которые потенциально могут оказывать влияние на результат прогноза, но не используются в модели из-за роста количества переменных и сложности установления взаимосвязи между ними при применении традиционных методов прогнозирования. Также проблему представляет введение в модель трудно формализуемых данных экспертного характера и неполных данных. Вследствие этого улучшение информационного обеспечения (увеличение объема доступных данных для прогнозирования) парадоксальным образом не улучшает качество результата.

Преодоление указанных недостатков применяемых в настоящее время методов прогнозирования транспортных потоков возможно на основе системного подхода с комбинированным использованием эконометрических методов и методов на базе машинного обучения искусственных нейронных сетей. Этот подход предусматривает комплексный учет взаимосвязи всех сегментов рынка транспортных услуг и динамическое изменение распределения долей этого рынка между видами транспорта. Эконометрические методы позволяют выполнить количественный анализ факторов экономического характера, влияющих на объем перевозок со стороны спроса. Метод прогнозирования на базе машинного обучения искусственных нейронных сетей, в свою очередь, обладает уникальной способностью достигать результата при работе с неполными или частично искаженными данными. Эта особенность исключительно важна при работе с массивами данных, полученных из разных источников. Возможности машинного обучения искусственных нейронных сетей позволяют установить неявно выраженные взаимосвязи между различными факторами экономического, технического, технологического, социального, политического характера, способные оказать влияние на результат прогноза. Мировая практика его применения в прогнозировании транспортных потоков показывает, что по качественным параметрам получаемого результата он превосходит традиционные модели множественной регрессии.

Важнейшее значение для качества получаемого прогноза имеет создание массива исходных данных для формирования прогнозной модели. Как уже отмечалось выше, дорожные системы в процессе своего функционирования постоянно обрабатывают огромные объемы данных, и далеко не все из тех, которые описывают влияющие параметры, в настоящее время агрегируются для ис-

пользования в прогнозе вагонопотоков. Другим потенциально полезным источником исходных данных для прогноза, особенно в аспекте применения эконометрических методов, являются данные о деятельности субъектов хозяйствования, о динамике изменения основных показателей функционирования экономики соседних государств, данные фондовых рынков, данные о миграции и экономической активности населения, находящиеся в открытом доступе. Современные методы сбора и перекрестной проверки данных открытого доступа позволяют в сжатые сроки и с минимальными затратами создать обширную базу достоверных исходных данных для разработки прогнозных моделей, включая формирование обучающих и тестовых выборок для реализации процессов машинного обучения. Разнообразные данные открытого доступа могут существенно повлиять на качество прогноза транспортных потоков, но в настоящее время используются с этой целью в крайне малом объеме либо не используются вообще.

Таким образом, для повышения качества функционирования транспортной системы в целом и железной дороги в частности необходимо изменение подходов к прогнозированию транспортных потоков с переходом к использованию комплекса эконометрических методов и методов на базе машинного обучения искусственных нейронных сетей. Особое внимание должно быть уделено формированию расширенного массива исходных данных для прогнозирования с использованием как внутренних корпоративных баз данных, так и данных открытого доступа, которые потенциально могут оказывать влияние на результат прогноза.

УДК 656.2.003

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Е. А. КИРЕНЯ

Белорусская железная дорога, г. Минск

О. В. ЛИПАТОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Актуальность проблемы повышения эффективности использования грузовых вагонов как одного из ключевых средств производства рынка железнодорожных транспортных услуг обусловлена рядом объективных причин. Основной из них является переход железнодорожного грузового транспорта на качественно иной уровень развития, что требует решения широкого круга научных задач, в том числе, связанных с теоретико-методическим обоснованием мероприятий по повышению эффективности использования, в первую очередь – грузового вагонного парка. Грузовой вагон – это ключевая бизнес-единица предприятий железнодорожного подвижного состава, эффективность использования которой формирует доходы и расходы, прибыль и рентабельность, непосредственно влияет на эффективность деятельности всех участников рынка железнодорожных транспортных услуг – Белорусской железной дороги, грузоотправителей, экспедиторов и различных посредников.

Решение задачи по обоснованию системы показателей и оценке эффективности использования вагонного парка базируется на поэтапном подходе, в основе которого лежит применение прикладного научного инструментария для принятия важнейших управленческих решений на макро-, микроэкономическом уровнях. Система показателей должна не только дать целостную характеристику свойств изучаемого объекта, позволить оценить эффективность использования производственных ресурсов, но и разработать основные направления их развития.

Так, использование вагонов в перевозочном процессе оценивается с помощью системы количественных и качественных показателей, которые в совокупности определяют критерии оценки использования грузовых вагонов.

Основными количественными показателями, характеризующими использование вагонов в общем технологическом процессе перевозок, при этом являются вагоно-километры, вагоно-часы, погружено и выгружено, принято груженых вагонов, работа, вагонооборот, количество грузовых и технических операций.

Анализ количественных показателей использования вагонного парка позволяет установить происходящие изменения и оценить формирующиеся тенденции в использовании вагонов. Оценка си-

стемы количественных показателей использования вагонного парка не позволяет сделать глубоких и серьезных выводов о работе вагонного парка. Причина тому – необходимость увязки вышеприведенного анализа с анализом объемов перевозок и качественных показателей использования вагонов.

В связи с этим в аналитических исследованиях применяется система качественных показателей, которые позволяют увязать количественные показатели и показатели работы грузовых вагонов. При этом все качественные показатели классифицируют по следующим группам:

- показатели использования по грузоподъемности (средняя статическая нагрузка, средняя динамическая нагрузка, средняя масса вагона брутто);
- показатели использования во времени (среднее время оборота грузового вагона, средняя участковая скорость, средняя техническая скорость, среднесуточный пробег грузового вагона);
- показатели непроизводительной работы (коэффициент порожнего пробега вагонов);
- обобщающие показатели (среднесуточная производительность вагона).

Все рассмотренные количественные и качественные показатели позволяют дать оценку эффективности использования грузовых вагонов на основе показателей эксплуатационной работы. При этом показатели эксплуатационной работы являются основными, определяющими изменение объема работы, и, как следствие, величину эксплуатационных расходов – экономического эффекта деятельности железной дороги. Поэтому для оценки экономической эффективности использования грузовых вагонов целесообразно использовать систему показателей, основанную на сопоставлении показателей эффекта (как экономического, так и эксплуатационного) и показателей, характеризующих величину средств, вложенных в грузовые вагоны или отражающих их работу.

Для анализа все показатели оценки экономической эффективности использования грузовых вагонов следует разделять на 3 группы: обобщающие, частные, косвенные.

Методика расчета обобщающих показателей экономической эффективности основана на сопоставлении полученного эффекта (объема работы, доходов) и ресурсов, инвестированных в грузовые вагоны. Показатели данной группы позволяют дать общую оценку использования грузовых вагонов. К ним относятся:

- фондоотдача основных средств;
- эффективность текущих капитальных вложений;
- фондоемкость основных средств;
- относительная экономия грузовых вагонов
- фондоотдача основных средств по доходам;
- фондоемкость доходов;
- фондоотдача первоначально инвестированного в основные средства капитала;
- фондорентабельность.

Методика расчета частных показателей экономической эффективности основана на сопоставлении полученного экономического эффекта и качественных показателей использования грузовых вагонов. Показатели данной группы позволяют дать оценку относительной доходности использования вагона. К ним относятся:

- среднесуточная отдача вагона;
- доходность вагона-часа;
- доходность вагона-часа в работе;
- доходность оборота вагонов.

Косвенные показатели напрямую не оценивают экономическую эффективность использования грузовых вагонов, но на основе динамики их изменения и соотношения значений с другими показателями, позволяют сделать вывод о положительной или отрицательной тенденции. К косвенным показателям относятся коэффициенты соотношения темпов роста доходов от использования грузовых вагонов и величины:

- амортизационных отчислений по грузовым вагонам;
- затрат по содержанию и ремонту грузовых вагонов.

Рассмотренная система показателей в совокупности позволяет сделать вывод об эффективности использования грузовых вагонов. Однако, учитывая, что в настоящее время обоснованно выделить вагонную составляющую в доходах от грузовых перевозок нет возможности, то в процессе расчетов можно использовать величину доходов от грузовых перевозок. И хотя смысл показателей несколько изменится, по динамике полученных значений можно будет сделать вывод о росте или снижении эффективности использования грузовых вагонов.

Наиболее ценными будут расчеты, проведенные не по рабочему парку вагонов, а по инвентарному, что в данный момент также является крайне затруднительным в связи с отсутствием необходимой информации.

Кроме того, в процессе анализа возникает необходимость оценки осуществления отдельных мероприятий, влияющих на эффективность использования грузовых вагонов. Поэтому для разработки методики оценки экономической эффективности использования грузовых вагонов следует рассмотреть возможные экономические эффекты, возникающие в процессе их эксплуатации, которые связаны с увеличением суммы прибыли, получаемой в результате высвобождения вагонов за счет ускорения оборота грузовых вагонов, снижения срока окупаемости вагонов, повышения их грузоподъемности и грузовместимости.

УДК 656.072

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНЕТРАНСПОРТНОГО ЭФФЕКТА ОБЩЕСТВЕННЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

И. А. КОЖЕВНИКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Цифровизация экономики, обусловленная стремительным развитием информационно-коммуникационных технологий, является процессом неизбежным и сопровождается положительными экономическими эффектами. При этом цифровая революция влечет за собой изменение формы и содержания основных сфер жизнедеятельности: экономики и управления, науки и безопасности, разрушает привычные стереотипы хозяйствования, а также обостряет ряд социальных проблем. Принимая во внимание тот факт, что главной целью функционирования национальной экономики является повышение уровня и качества жизни населения, стремление к экономической эффективности за счет активного внедрения цифровых технологий должно одновременно сопровождаться стремлением к социальной эффективности. Соотношение социальной и экономической эффективности выступает краеугольным камнем в оценке общественных пассажирских перевозок (далее – ОПТ) и требует обоснованных научных подходов к решению данной проблемы.

Современные тенденции развития ОПТ, базирующиеся на принципе ко-модальности, расширяют диапазон понимания эффективности общественных пассажирских перевозок (далее – ОПП) и критериев ее оценки. Вместе с тем на практике продолжает бытовать подход, базирующийся исключительно на экономических критериях оценки эффективности ОПП. Социальный аспект системы ОПТ выражается в создании условий для жизнедеятельности человека. В свою очередь, эти условия непосредственно влияют на здоровье человека, его физическое и моральное самочувствие, от них зависит фонд свободного времени человека. Все эти факторы определяют в целом эффективность общественного воспроизводства. При этом насыщение городов транспортными средствами ухудшает общественную, экологическую обстановку, повышает аварийность, что переводит задачу обеспечения пассажирских перевозок в разряд серьезных проблем, распространяющихся далеко за пределы транспортной сферы.

Приоритизация экономических критериев эффективности зачастую оборачивается более высокими социальными потерями, о которых свидетельствуют результаты социологических исследований, проводимых различными учеными в различное время. Согласно данным исследованиям можно установить следующие закономерности [1, с. 17]:

- каждые 10 минут, которые пассажир проводит в переполненном составе, снижают его производительность в среднем на 10 %;
- производительность труда сотрудников, продолжительность времени в пути до работы у которых превышает 45 минут, в первые часы трудового дня снижается в среднем на 27 %;
- производительность труда сотрудников, которые тратят на поездку до работы 25 минут, на 10 % ниже, чем у тех, кто живет в непосредственной близости к месту работы;
- у лиц до 30-летнего возраста, живущих в радиусе до 30 минут пути до работы, число пропущенных дней по болезни в 1,5 раза меньше, чем у лиц того же возраста, которые тратят на работу

более часа. У трудящихся 40–50-летнего возраста количество пропущенных дней увеличивается в 1,8–2,0 раза.

Теоретические основы исследования влияния функционирования транспортной сферы за ее пределами заинтересовали ученых еще в XIX веке. Наиболее представительными фигурами в изучении этого вопроса на первоначальном этапе были Ж. Дюпюи и А. Маршалл. В 1922 г. этой задачей стал серьезно заниматься академик В. Н. Образцов, который оценил соотношение эффекта в транспортной сфере к эффекту за ее пределами как 1 к 4 или 1 к 7 (в зависимости от условий). Данные соотношения сохранили свою значимость, однако увеличилась значимость внетранспортных эффектов [2, с. 283].

На современном этапе развития транспортной науки особая роль в изучении вопросов внетранспортного эффекта принадлежит М. Ф. Трихункову, Ю. И. Соколову, Н. П. Терешинной, В. Г. Галабурде, П. В. Куренкову, А. Ф. Котляренко, Б. М. Лапидусу, Д. А. Мачерету и другим.

Относительно толкования внетранспортного эффекта серьезных расхождений нет, авторы сходятся во мнении, что это блага либо сопряженные эффекты, которые проявляются в различных сферах социально-экономической жизни общества от функционирования транспортной сферы. Кроме того, под внетранспортным эффектом также необходимо понимать как положительные, так и отрицательные последствия использования различных видов транспортных средств, проявляющиеся за пределами транспортной сферы. Иными словами, внетранспортный эффект есть совокупность выгод и/или потерь, которые непосредственно не отражаются на финансовых результатах перевозчика, но должны быть учтены либо при оценке конкурирующих видов транспорта, либо при комплексном социально-экономическом анализе.

Исследование различных подходов к оценке и анализу внетранспортного эффекта позволяют сделать вывод о том, что разработки в данной области носят фрагментарный характер. Проблемные вопросы оценки эффективности работы предприятий ОПТ не получили должного рассмотрения в транспортной науке, где основное предпочтение отдавалось учеными исследованию различных аспектов грузовых перевозок ввиду их повышенной рентабельности.

Встречающиеся методики оценки социальной значимости транспортной сферы, как правило, затрагивают отдельные аспекты ее проявления и имеют сложности в практическом применении. Недостаточная разрешенность задач в данной сфере во многом обусловлена их слабой формализацией, что вызывает определенные сложности в выработке единых подходов к их решению и определению стоимостного выражения внетранспортных эффектов, однако это не умаляет значимости, а, напротив, требует акцентирования особого внимания в связи с необходимостью объективного обоснования принятия наиболее рациональных управленческих решений в данной сфере и их согласования на различных уровнях управления.

С учетом рассмотренных подходов к определению эффективности и внетранспортных эффектов можно сформулировать понятие социального эффекта. Под социальным эффектом ОПТ предлагается понимать результаты транспортной работы, проявляющиеся во внетранспортной сфере и выраженные в потерях от заторов на дорогах, потерях от ДТП, транспортной усталости, временных потерях пассажира, экологических последствиях.

Многовекторный характер воздействия транспортной сферы на все аспекты социально-экономической жизни общества требует разработки комплексной критериальной основы для всеобъемлющего учета внетранспортного эффекта и сопоставление его с экономическим эффектом на транспорте для обоснования принятия наиболее оптимальных управленческих решений в данной сфере. Таким образом, научная парадигма в области изучения ОПТ должна отвечать острым вызовам современности, учитывать экологические, демографические, градостроительные, экономические проблемы, а также необходимость повышения социально-экономической эффективности. Как следствие, модернизации требуется методический аппарат транспортной науки, позволяющий обосновывать целесообразность различных инвестиционных транспортных проектов, а также вырабатывать рекомендации для формирования национальных программ и стратегий развития транспортной системы государства.

Список литературы

1 Володькин, П. П. Методология формирования и управления муниципальной автотранспортной системой : [монография] / П. П. Володькин. – Владивосток : Дальнаука, 2011. – 443 с.

2 Управление спросом на железнодорожные перевозки и проблемы рыночного равновесия : [монография] / Ю. И. Соколов [и др.] ; под ред. Ю. И. Соколова. – М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015. – 320 с.

РАЗВИТИЕ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ В АСПЕКТЕ ТРАНСПОРТА И НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

О. В. КОРИШЕВА

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

В настоящее время современный мир и его вызовы формируют всё большее количество угроз экономической и национальной безопасности России. Развитие цифровой экономики, с первого взгляда призванной улучшить производственные процессы в различных отраслях, без должной проработки данной задачи может сформировать новые угрозы [5].

Безусловно, стратегия государства по развитию данного направления необходима и своевременна, так как отсутствие внедрения цифровых технологий в необходимой и полезной мере может воспрепятствовать дальнейшему укреплению и развитию нашей страны. Президент Российской Федерации В. В. Путин на заседании Совета по стратегическому развитию и приоритетным проектам выделил значение задачи развития цифровой экономики для поддержания национальной безопасности России: «Цифровая экономика – это не отдельная отрасль, по сути, это уклад жизни, новая основа для развития системы государственного управления, экономики, бизнеса, социальной сферы, всего общества. Формирование цифровой экономики – это вопрос национальной безопасности и независимости России, конкуренции отечественных компаний» [6]. В. В. Путин провел аналогию между цифровизацией экономики и строительством железных дорог в конце XIX века, а также оценил задачу цифровизации экономики как беспрецедентный по своему масштабу и влиянию проект: «Его действительно сравнивают с теми прорывными преобразованиями, которые на разных исторических этапах позволяли России сделать серьезный шаг вперед, укрепить свою позицию в мире. В их ряду строительство железных дорог в конце XIX века или электрификация страны первой половины XX века» [6]. При этом первостепенную роль играет программа развития данного направления, законодательно утвержденная и принятая к реализации. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р, содержит множество положений, вызывающих вопросы, а также неопределенность и непроработанные до конца нормы, способные сформировать новые угрозы, которые в совокупности с имеющимися могут усугубить уже существующие проблемы в экономике и безопасности.

Первой целью Программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (далее – Программа) является «создание экосистемы цифровой экономики Российской Федерации, в которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности и в которой обеспечено эффективное взаимодействие, включая трансграничное, бизнеса, научно-образовательного сообщества, государства и граждан». Вызывает вопрос формулировка «Экосистемы цифровой экономики». Как компьютерные, технические средства и цифровые программные продукты могут приравниваться к экологии? Если внедрение цифровых технологий планируется во всех сферах социально-экономической деятельности, то время работы с компьютерами, автоматизированными системами и прочими техническими объектами будет увеличиваться, соответственно, время, связанное с природой и экологическими направлениями деятельности человека, – уменьшаться. Как известно, уже сейчас превышение норм времени работы с компьютером влечет за собой не только риски приобретения различных проблем со здоровьем, но и видимые негативные последствия такой тенденции, а это, в свою очередь, может повлиять на снижение продолжительности жизни и демографию. Кроме того, производство технических средств зачастую сопровождается нанесением вреда окружающей среде. И вопросы безопасной утилизации проработаны не в достаточной степени.

Согласно первой главе Программы цифровая экономика представлена «тремя уровнями, которые в своем тесном взаимодействии влияют на жизнь граждан и общества в целом: рынки и отрасли экономики (сферы деятельности); платформы и технологии, где формируются компетенции для развития рынков и отраслей экономики (сфер деятельности); среда, которая создает условия для развития платформ и технологий и эффективного взаимодействия субъектов рынков и отраслей экономики». При этом указано, что Программа сфокусирована на двух нижних уровнях цифровой экономики: основные вопросы связаны с созданием ключевых институтов, где будет формировать-

ся нормативная база, компетенции и технологии, обучаться кадры; вопросы, связанные с развитием информационной инфраструктуры и информационной безопасности. При этом не достаточно ясно проведена связь и регламентировано взаимодействие образования, исследований и бизнеса.

С экономической точки зрения не учтена тенденция расширения услуг у хозяйствующих субъектов и глобализации конкуренции, что влечет риск первоочередного приобретения выгод от внедрения цифровых технологий компаниями-лидерами и получение доминирующего положения в своих сегментах рынка. Другим аспектом этого является внедрение цифровых технологий на верхнем уровне.

Вопрос подготовки кадров также содержит некоторые противоречия, однако в рамках объема данной статьи рассматривать его не целесообразно, так как он требует подробного рассмотрения.

Нельзя обойти стороной вопрос цифровой трансформации транспорта и логистики [1]. «Цифровая логистика» обоснованно возникла как ответ на глобальные вызовы цифровой экономики для традиционного сектора транспорта и логистики. Проблемы логистики в электронной торговле связаны, прежде всего, с тем, что по сравнению с традиционной торговлей процесс формирования и реализации цепочек поставок товаров стремительно ускорился. Данная особенность электронной торговли определяет необходимость совершенствования механизмов прогнозирования спроса для планирования распределительной логистики.

В секторе взаимодействия между предпринимателями (B2B) в рамках электронной торговли актуальным направлением является применение технологий «блокчейн», которое позволяет отслеживать самому заказчику весь производственный цикл товара, а также период транспортировки, включая отгрузку, транзитное время, дату прибытия на склад и др. Такая возможность позволит оптимизировать планирование закупок, а также логистические решения по доставке, что повысит конкурентоспособность и экономическую безопасность как самих логистических компаний, так и заказчиков. Цифровая трансформация логистики в сфере транспортных услуг должна учитывать увеличение конкурентных предложений на рынке логистических услуг, значит, логистические компании должны формировать инициативные предложения своих услуг в формате аукционов логистических услуг для электронной торговли B2B. Перспективные направления развития цифровой логистики связаны также с применением беспилотных технологий в транспортных системах.

Транспорт – одна из наиболее значимых отраслей для обеспечения национальной и экономической безопасности, что также подтверждается в Программе развития цифровой экономики в Российской Федерации до 2035 года [2]. В указанной программе прогнозируется развитие трех транспортных рынков: AeroNet, MariNet, AutoNet, трансформация каждого из которых связана с сетевыми технологиями и цифровизацией. Железнодорожный транспорт отдельно не выделяется, при этом является одним из локомотивов развития экономики и поддержания стабильности в обществе. При развитии цифровизации необходимо совершенствовать инфраструктуру, построить новые требуемые пути, что позволит одновременно внедрять и современные технологические решения при оказании транспортных услуг.

Такая ситуация без должной проработки, определения конкретных ответственных лиц, а также установления ответственности и санкций за нарушение невыполненных задач формирует угрозы для экономики и национальной безопасности. Это находит подтверждение в словах Президента Российской Федерации Владимира Владимировича Путина: «Считаю необходимым назначить ответственных за каждое из этих направлений [развития цифровой экономики], обозначить конкретные целевые показатели и сроки решения этих задач» [6].

Ответственные лица должны тщательно прорабатывать вопросы цифровизации экономики, поскольку, несмотря на имеющиеся технологические успехи и хорошую интеллектуальную базу, эффективность внедрения цифровой экономики зависит и от общего состояния экономики и ее отраслей, имеющихся рисков и угроз экономической безопасности [3].

Таким образом, чтобы не допустить отставания России в результате неэффективности внедрения цифровой экономики, данное направление необходимо разрабатывать и осуществлять в тесной связи с принципами национальной и экономической безопасности, учитывая экономические проблемы, риски и угрозы в различных отраслях.

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.

2 **Кожевников, Р. А.** Роль железнодорожного транспорта в достижении экономической безопасности и устойчивом развитии экономики / Р. А. Кожевников, О. В. Коришева // Вклад транспорта в национальную экономическую безопасность : сб. трудов II Международной научно-практической конференции : под ред. Р. А. Кожевникова, Ю. И. Соколова – 2017. – С. 74–81.

3 **Кожевникова, И. А.** Социальная ответственность государства в сфере организации и финансирования общественных пассажирских перевозок / И. А. Кожевникова // Вклад транспорта в национальную экономическую безопасность : сб. трудов II Международной научно-практической конференции : под ред. Р. А. Кожевникова, Ю. И. Соколова – 2017. – С. 167–168.

4 Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://consultant.ru/>. – Дата доступа : 06.06.2018.

5 **Соколов, Ю. И.** Вклад транспорта в национальную экономическую безопасность / Ю. И. Соколов, Р. А. Кожевников, О. В. Коришева // Экономика железных дорог. – 2016. – № 9. – С. 49–53.

6 ТАСС. Экономика и бизнес Ново-Огарево, 5 июля. Формирование цифровой экономики – это вопрос национальной безопасности РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tass.ru/ekonomika/4389411>. – Дата доступа : 05.07.2018.

УДК 656.2:336.6

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЁРСТВО КАК МЕХАНИЗМ ФИНАНСИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

О. А. КРАВЧЕНКО

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Современная инфраструктура представляет собой комплекс взаимосвязанных подсистем и является необходимым элементом не только хорошо функционирующей сферы материального производства, но и повседневной жизни общества. Значение качества инфраструктуры, её разветвлённости и инновационности усиливается в процессе развития интеграционных процессов на евразийском континенте. Кроме этого, уровень развития производственной инфраструктуры имеет непосредственное влияние на национальную экономику, её производительность, уровень занятости, а также на степень включенности отдельных регионов в процесс производства. Это определяет конкурентоспособность страны в целом.

Большое значение инфраструктуры для национальных и мировой экономики в целом обуславливает значимость и объёмы инвестирования в её развитие. Так, по оценкам экспертов Всемирного банка, инвестиции в инфраструктуру развивающихся рынков ежегодно составляют около 2 триллионов долларов. При этом капитальные расходы в инфраструктурные объекты будут только возрастать, поскольку потребности в них в течение следующего десятилетия будут увеличиваться. Эксперты The McKinsey Global Institute отмечают, что для обеспечения необходимого роста национальных экономик инвестиции в инфраструктуру должны составлять до 4,1 % ВВП. Однако следствием дефицита свободных финансовых ресурсов стало недофинансирование необходимых капитальных вложений в развитие инфраструктуры. Так, в странах ЕС потребности в развитие инфраструктуры финансируются на 83,9 %, в других развитых странах – на 91,2 %, развивающихся странах – на 98,2 %, в мире в целом – на 92,7 %. Такое отставание в финансировании инфраструктуры может привести к замедлению развития национальных экономик, снижению их конкурентоспособности. Поэтому проблема финансирования развития инфраструктуры, в том числе и железнодорожного транспорта, в условиях дефицита ресурсов является очень актуальной в современных реалиях.

Финансирование капитальных вложений в развитие инфраструктуры, прежде всего транспортной, до недавнего времени традиционно считалось прерогативой государства. Государство играло и играет значительную роль в создании, поддержании функционирования и развития инфраструктурных объектов и комплексов. Эта практика применялась в развитых и развивающихся странах на всех континентах и была обоснованной. Это можно объяснить такими причинами. Инфраструктура может быть разделена на две части: производственную и социальную. Если развитие производственной инфраструктуры оказывает прямое влияние на рост национальной экономики (согласно исследованиям экспертов Всемирного банка, увеличение инвестиций в инфраструктуру на 10 % приводит в долгосрочной перспективе к увеличению темпов экономического роста на 1 процентный пункт), то целью совершенствования социальной инфраструктуры является, прежде всего, обеспечение населения удобствами, повышение качества их жизни. Такие инвестиционные проекты зачастую предполагают значительные начальные капитальные вложения при том, что их рента-

бельность может быть невысокой или практически равняться нулю при больших сроках окупаемости. Это делает такие инвестиции неинтересными частному бизнесу. Необходимые объёмы финансовых ресурсов могли быть профинансированы только из государственного бюджета. Кроме этого, инфраструктура, в частности железнодорожная, была монополией, встроенной в социально-экономическую систему городов, регионов, государств. Сейчас частный бизнес всё больше вовлекается в процесс развития инфраструктуры, в частности посредством государственно-частного партнёрства (ГЧП). По данным Всемирного банка, ГЧП применяется более чем в 134 странах; за их счёт осуществляется финансирование 15–20 % всех инвестиций в инфраструктуру.

В современном понимании ГЧП рассматривается как институционный и организационный альянс между государством и бизнесом в целях реализации национальных и международных, масштабных и локальных, но всегда общественно значимых проектов в широком спектре сфер деятельности. Сейчас ГЧП признаётся наиболее прогрессивной формой партнёрства государства и частного бизнеса. Это связано с тем, что такое партнёрство даёт значительные преимущества перед бюджетным за счёт: 1) снижения финансовой нагрузки на государственный бюджет, повышения эффективности использования объектов, находящихся в государственной собственности, повышения качества обслуживания; 2) долгосрочного характера с чётко определёнными временными рамками, что позволяет осуществлять не только краткосрочное и среднесрочное планирование, но и стратегическое. Кроме этого, широкое внедрение концессий позволяет расширять возможности привлечения частных инвестиций в отрасли, где невозможна приватизация, осуществлять их модернизацию без потери контроля над объектами, имеющими стратегическое значение для государства. Следствием этого является увеличение частоты использования механизмов ГЧП в развивающихся странах.

В развитых странах имеется значительный положительный опыт создания таких временных альянсов для реализации конкретных проектов. В научной литературе рассматривают 5 основных видов концессионных контрактов.

ВОТ «build – operate – transfer» (DBOT «design – buildoperate – transfer») является классической концессионной моделью, которая лежит в основе законодательства о ГЧП многих европейских стран. Заключение такого контракта предполагает, что концессионер осуществляет весь комплекс работ по строительству (реконструкции) объекта, эксплуатирует его и получает от этого доход в течение определённого (установленного) срока, по окончании которого объект передаётся публичному партнёру (государству, уполномоченным государственным органам и т. д.);

ВТО «build – transfer – operate» предполагает финансирование всего комплекса работ по строительству (реконструкции) объекта частными инвесторами и передачу его в собственность публичному партнёру сразу же после окончания строительства; концессионеры получают данный объект для дальнейшей эксплуатации и получения дохода.

ВОО «built – own – operate» (или DBOO «design – built – own – operate»). Частные инвесторы осуществляют строительство (реконструкцию) объекта, а затем приобретают право собственности на него, на основе чего осуществляется его эксплуатация в течение периода, согласованного с публичным партнёром.

ВООТ «built – own – operate – transfer» (DBOOT «design – built – own – operate – transfer»). Частные инвесторы осуществляют строительство (реконструкцию) объекта, приобретают право собственности на него и осуществляют эксплуатацию в течение определённого времени, по истечении которого объект передаётся в собственность публичного партнёра.

ВВО «Buy – Build – Operate» (LDO «Lease – Develop – Operate», WAA «Wrap – Around – Addition»). Особенностью данных концессионных моделей является то, что они являются своеобразной формой передачи уже существующих активов в собственность частных партнёров, которые должны модернизировать эти объекты, не принимая никаких обязательств по срокам его передачи публичному партнёру.

Высокая социально-экономическая значимость железнодорожного транспорта, его определяющая роль в обеспечении национальной безопасности делают невозможной передачу в собственность отдельных участков, поскольку это может привести к нарушению целостности сети, а также возникновению социальной напряжённости в отдельных регионах. Поэтому наиболее эффективными представляются концессионные модели ВОТ и ВООТ, внедрение которых может обеспечить значительные преимущества и для государства как собственника железнодорожной сети, и для частных инвесторов, а именно: 1) железнодорожная сеть, а также подвижной состав останутся в государственной собственности, что позволит сохранить её целостность, а также осуществлять

жесткий контроль за эксплуатацией объектов, переданных в концессию; 2) снижение финансовой нагрузки на государство, поскольку частные инвесторы принимают обязательства по финансированию развития объектов; 3) создание условий для эффективной эксплуатации объектов, находящихся в государственной собственности, за счёт использования концессионерами оптимальной (с их точки зрения) политики хозяйствования и управления финансами в рамках концессионного соглашения. Кроме этого, концессии позволят привлекать отечественный и иностранный частный капитал для развития железнодорожного транспорта без потери государственного контроля над объектами, имеющими стратегическое значение как для национальной экономики, так и для государственной безопасности.

УДК 339:656.2

О ПРИМЕНЕНИИ БИТКОЙНОВ В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

П. В. КУРЕНКОВ, В. Н. ЕМЕЦ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

А. А. ТЮГАШЕВ

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС), Российская Федерация

Общеизвестно, что койн – это единица измерения валюты, универсальный платёжный инструмент. Но насколько он универсальный? Из всех койнов на слуху Биткойн, но мы не обращаем внимания на существование ещё десятков койнов, которые также входят в оборот и являются валютой. Например, в христианском мире появился Иезускойн. Есть койны со звонкими названиями типа Мегакойн, Инфинитикойн, Мастеркойн, Кварккойн и другие. Что такое Биткойн на транспорте и что мы можем купить на него?

Например, несколько лет назад в метрополитене Москвы (а в некоторых городах и сейчас) для проезда был нужен жетон, который покупается в самом метрополитене, и этот жетон является валютой для оплаты проезда. Но такие жетоны сейчас принято считать Токенами, т. е. имеем два термина: Токены и койны. А может быть, всё же этот жетон можно назвать Метрополитенкойн?

Близкое к нам – транспорт. Разберём два варианта: Компанию ОАО «РЖД» и Авиакомпанию S7 (это не реклама данных компаний). Обе компании за любую общепринятую валюту (рубли, доллары, евро) предлагают нам услугу перевозки людей и багажа, грузобагажа и почты. Для того чтобы привлечь пассажиров, компании придумали баллы и систему накопления баллов. В итоге эти баллы можно использовать для оплаты (полностью или частично) за проезд или перелёт. В чём отличие между майнингом и количеством поездок в поездах или полётов на самолетах? В обоих случаях вырабатывается какое-то количество единиц, Биткойнов, баллов РЖД-Бонус или баллов для полётов. Только на ОАО «РЖД» и в S7 эти баллы подкреплены бизнесом компаний, которые осуществляют услуги, а на Биткойн мы не можем купить даже хлеба.

Следующее – сравнение бонусов с Биткойнами. Бонусы S7 мы можем использовать на транспорте. Например, покупая билет на самолёт, за бонусы мы можем приобрести билет на электропоезд «Аэроэкспресс», который уже обслуживает ОАО «РЖД», или на эти же бонусы мы можем заказать проживание в Москве, выбрав себе место в достаточно большой сети отелей различной категории цен. Получается, что бонусы ОАО «РЖД», S7 и многих других не только транспортных компаний, подкрепленные конкретными услугами, позволяют не только произвести оплату конечному пользователю в компании держателя бонусов, но и оплатить этими бонусами дополнительные, другие услуги [1–3]. Получается, бонусы транспортных компаний конвертируемы. А Биткойн? При оплате бонусами итоговый расчёт производится в общепринятой валюте – рублях, но конечный пользователь использует заработанные баллы. Огромное количество людей вырабатывают Биткойны, а где они их тратят? В настоящее время Биткойны не интересны даже людям, которые воруют, чего не скажешь о крышках люков канализационных колодцев с большой буквой «В» в центре (не то Водоканал, не то Bitcoin), стоимость которых, составляет 10 рублей за 1 кг в пунктах приёма металлолома. Например, только в одном Санкт-Петербурге в 2017 году было украдено с целью сдачи то ли на металлолом, то ли в пункты обмена валюты около 700 крышек от канализаци-

онных люков. Такое количество канализационных люков (50 кг каждый) не только приносит ощутимый ущерб бюджету городов, который рассчитывается в рублях, но и делает опасным хождение пешеходов в соответствующих местах. В чём рассчитывается Биткойн? «Название есть, курс есть, а валюты нет!» Разложим любой койн на две составляющие: крипто и валюта. Крипто – это не просто цифровая, это зашифрованная единица данных, валюта – это формат и инструмент для расчетов за товары и услуги как внутри государства, так и за его пределами. Получается, что у каждого Биткойна есть автор, он же майнер, который вырабатывает единицу цифровой валюты. Эта единица должна быть его и только его. Эту валюту нельзя украсть, она должна будет хранить всю историю от создателя – майнера – до её потери на рынке. А что такое потеря валюты на рынке? Это уход единицы денег в чёрный неконтролируемый рынок. Тогда чем криптовалюта отличается от обычных долларов?

С баллами на транспорте понятно – после использования баллов на перелёт, проезд, проживание они просто списываются и их больше нет. Хотя все баллы принадлежат компаниям ОАО «РЖД», S7 и другим, но держателем является их конечный потребитель, который всегда может проверить свой баланс, оплатить услугу или передать баллы другому конечному потребителю, контроль за которыми осуществляет РЖД, S7 и другие компании.

Возникает вопрос: если баллы РЖД-Бонус и S7 не являются токенами, т. е. не являются жетонами, то они могут накапливаться и могут заканчиваться. Они также являются некоторой заменой валюты. А Биткойн вырабатывается, накапливается, используется и, по логике, он должен заканчиваться. И всё же Биткойн – это валюта. Тогда где и как её применить в сфере услуг или на транспорте? Нельзя. Значит, Биткойн – это не валюта. Это крышки от советской Пепси-колы, Жигулёвского пива, газированных напитков, которые советские мальчишки клали на рельсы трамваев для прессования в плоские жетоны и получали расчетную единицу для игры в Битки. Биток – это свинцовый слиток круглой формы. Кстати, слово «биток» созвучно термину «Биткойн». Прессованные крышки не были конвертируемы, но некоторые, особой раскраски, можно было обменять на три или четыре обычные крышки. А у Биткойна есть размен?

В конце 80-х – начале 90-х годов XX века бутылку водки можно было приобрести, с доплатой за содержимое, только в обмен на пустую бутылку из-под аналогичного напитка. А за полную бутылку водки можно было приобрести если не всё, что угодно, то очень многое. Недаром водку в те времена называли СКЖ – свободно конвертируемая жидкость. Кстати, первая буква в слове ВОДКА опять же идентична латинской букве «В». Простое ли совпадение – повторения буквы «В» на канализационных люках, внешне напоминающих сам Bitcoin, свинцовые Битки для одноимённой игры на асфальте во дворах советских городов, Водка в советских магазинах – или незаметная для простого обывателя связь неодушевлённых предметов, посредством которых можно производить обменные операции?

Основываясь на заявлениях мирового сообщества, что печатают в СМИ, все государства так или иначе становятся зависимыми от крупных корпораций, которые имеют офисы во всех странах мира. У корпорации есть свой устав, свои правила, и, самое важное, – использование трудовых ресурсов населения тех стран, где есть офисы. Это работа для людей, а также налоги для государства, в котором расположен офис. Такие корпорации могут издать свою валюту и могут контролировать благосостояние тех государств, где они находятся, навязать свою валюту, частично или даже полностью, устанавливая свой курс. И это не доллар и не евро, и не рубль, и не юань. Корпорации-монстры уже существуют во всём мире, притом некоторые работают как партнеры и составляют 1/3 рынка планеты. Вспомним «семь сестёр» – термин, введенный в 1950 году бизнесменом Энрико Маттеи – главой итальянской государственной нефтяной компании «Эни». В состав группы входили «Бритиш Петролеум», «Эксон», «Гульф Ойл», «Мобил», «Роял Датч Шелл», «Шеврон» и «Техассо», они контролировали 85 % мировых запасов нефти. Вот такие группы компаний могут создать свою валюту.

В любом случае каждый заявленный койн – это валюта, и какая из них придёт и станет конвертируемой (возможно, это будет одна криптовалюта, а возможно, их будет сразу несколько), не известно. Пока это только койны с именами и непонятным курсом. Вряд ли какое-нибудь государство захочет иметь две валюты – обычную и криптовалюту, поскольку со временем обычная валюта будет заменена на электронную. Каждую единицу валюты нельзя прикреплять к держателю, тогда в чём заключается отличие криптовалюты от валюты в реальном мире, в мире людей, которые ходят на работу и раз в неделю посещают магазины? Если ввести криптовалюту на внутреннем рынке любого государства, то результат будет отрицательным. Криптовалюта будет у избранных, осталь-

ное – у тех, кто ходит один раз в неделю в магазин. Вспомним опять же времена, когда за работы и услуги оплата производилась бутылкой спиртного. При этом, в зависимости от сложности и объёма работ (оказанных услуг), данная бутылка имела разный объём и качество содержимого. Оплата данным способом была, есть и будет. И она существует не только в России, это практикуется и в Европе, и в Америке, и в Азии.

Список литературы

- 1 Вакуленко, С. П. Обзор и анализ научных исследований пассажирских перевозок в мегаполисной системе «город – пригород» / С. П. Вакуленко, Ю. Н. Дранченко, П. В. Куренков // Вестник транспорта. – 2016. – № 9. – С. 37–42 (начало); 2016. – № 10. – С. 37–44 (окончание).
- 2 Вакуленко, С. П. Финансово-экономическое решение проблемы пригородных перевозок / С. П. Вакуленко, П. В. Куренков // Экономика железных дорог. – 2012. – № 12. – С. 96–99.
- 3 Проект «Городские железные дороги России» / В. А. Персианов [и др.] // Вестник транспорта. – 2014. – № 5. – С. 5–10 (начало); 2014. – № 6. – С. 6–11 (окончание).

УДК 656.073:004

ЦИФРОВИЗАЦИЯ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ И ЛОГИСТИЗАЦИЯ ИНТЕРМОДАЛЬНЫХ, МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ И СИНХРОМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

П. В. КУРЕНКОВ, А. А. САФРОНОВА, Д. Г. КАХРИМАНОВА
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

В современных условиях на выбор схемы поставки внешнеторговых грузов в смешанном сообщении влияют не только традиционные параметры (объём перевозок, расстояние и цена транспортировки, пропускные способности магистральных путей и портовых мощностей), но и такие, как сроки навигации, глубины фарватеров на подходах к портам, формы оплаты провозных платежей, размеры таможенных и других сборов в морских и речных портах, порядок и продолжительность проведения таможенных и сертификационных процедур, толкование налоговыми органами на местах положений и инструкций Госналогслужбы, конвенционные запреты и др. Поэтому для решения данной задачи необходим подход, позволяющий учесть все типы элементов, потоков и правовых связей, а также потоки интересов субъектов транспортного и других рынков в едином комплексе.

Подход, основанный на топологических идеях, а также цифровые технологии управления позволяют учесть не только себестоимость перевозок [1, 2, 5–7], транспортные и грузовые потоки между физическими элементами торгово-транспортных систем (ТТС): ж.-д. станциями, портами, перевалочными терминалами и другими, но также информационные и финансовые между юридическими (теми же станциями и портами, подразделениями аппарата ОАО «РЖД» и Минтранса, экспедиторскими и страховыми компаниями, таможенными брокерами, банками и другими), энергетические потоки, обеспечивающие перемещение транспортных, грузовых, информационных и финансовых потоков, а также взаимодействие элементов и потоков между собой, определяемые нормативно-правовыми документами и прямыми договорами, то есть нормативно-правовой базой, влияние характера этих взаимодействий на функционирование системы доставки внешнеторговых грузов (СДВТГ).

В настоящее время понятие цифровых технологий твердо закрепилось в нашей жизни, и представить себе современный мир без цифрового устройства становится практически невозможно.

Либерализация коммерческой деятельности промышленных и транспортных предприятий, повсеместное акционирование авиакомпаний, предприятий автомобильного транспорта, паромов и портов, распад централизованной системы расчетов за грузовые перевозки на всех видах транспорта повлекли за собой создание конкурентной среды на рынке транспортных услуг (РТУ), на котором среди множества субъектов одними из основных являются экспедиторы и грузовладельцы.

В связи с созданием при промышленных предприятиях коммерческих структур различных форм собственности, занимающихся посреднической деятельностью, а также выработкой массовых грузов преимущественно из давальческого сырья, в перевозочных документах, даже при погрузке из одной и той же складской емкости, в качестве грузоотправителя может фигурировать не только изготовитель продукции или переработчик сырья, но и давальец, комиссионер, дилер, дистрибьютор,

дзоббер и другие юридические лица, являющиеся собственниками отправляемого товара (грузовладельцами) на начальном этапе процесса транспортировки. Поэтому договора на оказание экспедиторских услуг заключаются именно последними.

Для организации доставки грузов в смешанном сообщении до пункта назначения грузовладельцам теперь, помимо договоров на приобретение продукции и на перевозку, необходимо иметь договор с организациями, осуществляющими хранение и перевалку на другой вид транспорта, а также оказывающих другие услуги, т. е. процесс оформления и правового обеспечения надежности перевозок стал более сложным и трудоёмким.

При выборе направления следования грузопотока, порта перевалки, экспедиторской, стивидорной, сюрвейерской и других компаний принимается во внимание наличие соответствующих договоров, в которых оговаривается порядок оплаты услуг, взаимной информации и других взаимных обязательств сторон, то есть взаимодействие элементов СДВТГ и субъектов РТУ посредством перемещения транспортных, грузовых, информационных, финансовых, энергетических и других потоков, а также самих потоков между собой определяется правительственными документами, отраслевыми уставами, кодексами, инструкциями, а также условиями выполнения прямых договоров.

Из всего сказанного следует, что при выборе маршрута следования транспортных (автомобиле-, судо- и вагоно-) потоков и грузовых потоков необходимо учитывать все виды (области, сферы, формы, аспекты и т. п.) взаимодействия и координации деятельности субъектов РТУ, представляющие в совокупности топологию структуры СДВТГ, в которой возможны различные схемы поставок, представляющие собой рынок схем поставок, являющийся, как и рынок экспедиторских услуг, составной частью РТУ. Недаром в последнее время появилась перефразированная поговорка: «не имей сто рублей, а имей... сто схем поставок» [4], поэтому актуальной является проблема создания интеллектуальной системы выбора и управления цепями поставок во всех видах сообщения при экономическом мониторинге того или иного варианта выбора и развития процесса транспортировки с использованием современных цифровых информационно-компьютерных технологий.

Цифровые технологии позволяют на качественно новом уровне управлять перевозочным процессом во всех видах сообщения, а также всеми остальными производственными процессами во всех хозяйствах железнодорожного транспорта с использованием всех существующих и перспективных наработок в области управления перевозочным процессом на полигонах [3, 10], грузовых и сортировочных станциях [8, 9], пунктах взаимодействия различных видов транспорта, то есть в самой ближайшей перспективе будет осуществлён переход к *логистическим* амодальным перевозкам, управление которыми во всех видах сообщения осуществляется из единого диспетчерского *логистического* центра (ЕДЛЦ). Поскольку существуют такие устоявшиеся термины, как «логистические операции», «логистические технологии», «логистические услуги» и т. д., и т. п., то применительно к железнодорожному и другим видам транспорта можно ввести термин «логистические перевозки», поскольку перевозка – это основная услуга, оказываемая всеми видами транспорта. А в случае логистизации обычной перевозки, при которой имеют место издержки логистизации, перевозка становится *логистической*, а логистические затраты на осуществление логистической перевозки, то есть затраты на оказание логистической услуги или на совершение логистической операции по логистической технологии, будут логистическими издержками.

Список литературы

- 1 Методика расчетов и экономические показатели для распределения перевозок между видами транспорта / под ред. В. И. Дмитриева; ИКТП при Госплане СССР. – М. : Транспорт, 1966. – 525 с.
- 2 Методические указания по разработке и применению показателей удельных затрат транспорта для размещения производства и распределения перевозок между видами транспорта. – М. : ИКТП при Госплане СССР, 1981. – 232 с.
- 3 **Нехаев, М. А.** Ситуационно-логистическая система управления перевозочным процессом / М. А. Нехаев, П. В. Куренков, В. А. Мартыничук // Логистика и управление цепями поставок. – 2008. – № 5(28). – С. 25–35.
- 4 **Печкуров, Е.** Логистика в бизнесе России: не имей 100 рублей, а имей... 100 схем поставок / Е. Печкуров. – Одесса : Судоходство, 1998. – № 5. – С. 58–60.
- 5 Сопоставимые издержки разных видов транспорта при перевозке грузов / под ред. В. И. Дмитриева, К. Н. Шимко; ИКТП при Госплане СССР. – М. : Транспорт, 1972. – 488 с.
- 6 Указания к расчетам экономических показателей перевозок грузов различными направлениями на железнодорожном, речном и морском транспорте / ВНИИЖТ; ЦНИИРФ; ЦНИИМФ. – М. : 1950. – 32 с.
- 7 **Хачатуров, Т. С.** Методы определения экономической эффективности различных видов транспорта / Т. С. Хачатуров. – М. : Трансжелдориздат, 1956. – Ч. 1. – 238 с.; Ч. 2. – Картосхемы.

8 Куренков, П. В. Задачи ситуационно-процессного управления сортировочной станцией / П. В. Куренков, М. А. Нехаев // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 4. – С. 29–31.

9 Куренков, П. В. Моделирование работы сортировочной станции в интеллектуальной системе управления перевозками / П. В. Куренков, М. А. Нехаев // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 9. – С. 20–22.

10 Мохонько, В. П. Система поддержки принятия экономически обоснованных решений / В. П. Мохонько, В. С. Исаков, П. В. Куренков // Экономика железных дорог. – 2005. – № 1. – С. 18–26.

УДК 164.07

ЦИФРОВАЯ ЛОГИСТИКА – ИННОВАЦИОННОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ РАЗВИТИЯ И ЭФФЕКТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

М. В. ЛЕОНЕНКО, С. М. ХУРСА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Появление логистики, внедрение её во многие сферы жизнедеятельности человека, а также бурное развитие требуют введения усовершенствований. В настоящее время успех всех секторов зависит от внедрения информационных технологий. Цифровые технологии постепенно стали внедряться в логистику. В настоящее время половина логистических процессов стала автоматизированной.

Многие проекты по цифровой трансформации оказались успешными: цифровой аэрокосмический транспорт, цифровая трансформация промышленной и строительной отрасли, а также известный проект «цифровая экономика», внедрение которого обсуждали на пленарном заседании Белорусского промышленного форума 30 мая 2018 года.

Реализация в Республике Беларусь новой экономической политики для эффективного взаимодействия и усовершенствование бизнес-процессов в таких областях, как производство, транспортировка, потребление, актуализирует разработку цифровых технологий, которые обеспечивают создание единой централизованной сети для цифровой экономики.

Логистика как промышленная отрасль – это инженерно и информационно насыщенное и разнообразное хозяйство. Логистические компании владеют собственными морскими судами, железнодорожным подвижным составом, автомобилями, самолётами, терминалами и складами, которые имеют специальное оборудование для обработки груза. Можно сказать, что логистические компании становятся IT-компаниями, и наоборот. При этом все они пользуются одной транспортной инфраструктурой [1].

Транспорт как инфраструктура логистики быстро преобразуется цифровыми технологиями, создавая новые условия её деятельности. Быстро развивающийся проект цифровой железной дороги приводит к увеличению пропускной способности и снижению тарифов на перевозку, а также к множеству иных практических применений. В Великобритании проект цифровая железная дорога рассматривается, как основное и самое экономически выгодное транспортно-логистическое средство не только для пассажирских перевозок, но и для цифровой промышленности.

Созданный проект «цифровая железная дорога» должен обеспечить конкурентоспособность железной дороги на мировом рынке транспортно-логистических услуг с помощью использования цифровых технологий. Основой для развития оцифровки железной дороги явилось формирование сквозных цифровых технологий организации перевозочного процесса.

При создании цифровой экономики возникли новые понятия и сектора. К такому явлению можно отнести интеллектуальную мобильность. Интеллектуальная мобильность помогает связывать транспортные услуги и потребности в них. Железнодорожная отрасль является довольно привлекательной для применения цифровой логистики и интеллектуальной мобильности [1]. И этому есть ряд причин:

- низкая стоимость перевозки грузов;
- перевозка не зависит от погодных условий;
- экологичность;
- отсутствие пробок и др.

Существует ряд технологий, которые содержат наиболее перспективные для цифровой логистики и интеллектуальной мобильности технологии:

- искусственный интеллект (AI);

- автономные роботы;
- виртуальная реальность (VR);
- интернет вещей (IoT);
- дополнительная реальность (AR);
- 3D-печать и др.

Цифровую экономику на транспорте можно рассматривать как IT-платформу для инновационного, сбалансированного развития и эффективного использования единой транспортной инфраструктуры. А логистику в цифровой трансформации – как новый механизм ускоренного системного развития экономических систем, основанный на эффективных информационных связях, оптимизированных, ценностных потоках данных, необходимых для решения оперативных задач и стратегических задач бизнеса.

Логистика затрагивает не только информационное поле систем, обеспечивавших движение материальных потоков и управление сбалансированным развитием инфраструктуры различных видов транспорта, но и систем торгового обмена, производства, управление всеми ключевыми бизнес-процессами транспортно-логистических организаций при пассажирских и грузовых перевозках, управление цепочками поставок.

Цифровая логистика должна базироваться на IT-поддержке, производственных, торговых и экономических процессах по движению товарных, материальных потоков в «цепочках создания стоимости». Основными задачами цифровой логистики являются уменьшение трудовых, временных и финансовых потерь, которые связаны с поиском данных.

Интеллектуальная перевозка – это инновационный продукт цифровой логистики, который позволяет создать инновационные комплексы транспортных услуг в зависимости от постоянно изменяющихся потребностей клиента. Потребители продуктов цифровой логистики в сфере перевозки грузов – это предприниматели, предприятия малого и среднего бизнеса, которые испытывают потребность в информационно-аналитических системах и технологиях для целей управления бизнес-процессами в условиях неполноты информации. Цифровая логистика в пассажирском движении связана с интеллектуальной мобильностью [2].

Мы согласны с мнением многих экспертов, которые утверждают, что технология управления цепочками поставок сегодня рассматривается как цифровые цепочки поставок с использованием «Интернета вещей».

Изменяется критерий оптимизации. Теряет актуальность общепринятый в теории логистики экономический критерий «минимум издержек и затрат», на его место становится «максимум экономического эффекта, пользы и ценности» [2].

Концептуальной идеей цифровой логистики является то, что основа оперативных и стратегических решений – модель коллективных знаний. Для организации перевозочного процесса – это знания технологий организации и управления перевозочным процессом, экономики эксплуатационной работы и маркетинга перевозок. Для решения таких задач необходимы специалисты, эксперты, которые обладают соответствующими знаниями в определенных сферах.

Знания в цифровой трансформации – это многомерная модель. Эту модель можно разработать с использованием средств интеллектуального моделирования. Информационной средой должна являться Единая транспортная информационная система, которая объединяет различные бизнес-модели [2].

Достижение существенных показателей деятельности предприятий, которые заняты материальным производством, транспортировкой и торговлей, возможно только при полном переосмыслении бизнес-отношений и транспортно-логистических систем.

Необходимо создать не только новые схемы поставки использования транспортной инфраструктуры, но и изменение самой инфраструктуры, а также нахождение мультимодальных решений, которые обеспечивали бы реализацию важных стратегических направлений движения материальных потоков с использованием новых технологий транспортировки и современных методов управления экономическими процессами. К ним относятся интегрированные логистические решения, которые опираются на современные методы оценки транзакционных издержек и специфических активов в логистических системах, а также на технологии генерации «умных проектов» [2].

Создание механизма развития и эффективного функционирования транспортно-логистических систем и комплексов на основе цифровой трансформации логистики позволит создать платформу для скоординированного сотрудничества и развития, а также формирование евро-азиатских транспортных коридоров.

Применение новейших цифровых решений способствует инновационному развитию транспортных систем и комплексов, а также определяет актуальность в создании цифровой логистики.

Список литературы

1 Интеллектуальная мобильность в цифровой экономике / В. П. Куприяновский [и др.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – № 2. – С. 46–63.

2 Цифровая логистика – инновационный механизм развития и эффективного функционирования транспортно-логистических систем и комплексов / Г. В. Бубнова [и др.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – № 3. – С. 72–77.

УДК 65.37

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ В ЦЕПИ ПОСТАВОК ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Т. Г. ПОТЁМКИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Строительный комплекс является крупным потребителем продукции промышленности и других отраслей народного хозяйства. В среднем для возведения 1 м^3 промышленного здания подлежит транспортировке 0,15 т грузов; гражданского (жилого или общественного) – 0,4 т [2]. Транспортные и погрузочно-разгрузочные работы значительно влияют на стоимость и трудоемкость строительства.

Логистическая цепь поставок в строительстве – это линейно упорядоченное множество звеньев логистической системы от поставщиков строительных материальных ресурсов до объекта строительства, связанных логистическими потоками.

Своевременное и экономически эффективное возведение объекта строительства или выполнение ремонтно-строительных работ зависит от поставок сырьевых ресурсов, материалов и конструкций надлежащего качества и количества в нужное место и время с минимальными затратами, что достигается посредством оптимизации движения грузопотоков. Транспорт является частью непрерывного строительного конвейера, технологическим звеном, связывающим строительные объекты с заводами, карьерами, складами и другими источниками материальных ресурсов.

Участие железнодорожного транспорта в цепи поставок предприятий строительного комплекса связано с его преимуществами перед другими видами транспорта: невысокая себестоимость; высокая провозная и пропускная способность; регулярность; высокие показатели использования пути и подвижного состава; возможность сооружения путей на любой сухопутной территории.

Структура строительных грузов, перевезенных Государственным объединением «Белорусская железная дорога» (БЖД) в 2017 г., показана на рисунке 1.

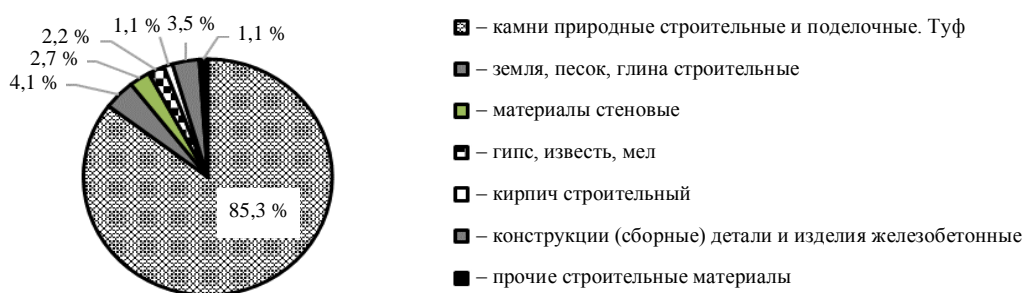


Рисунок 1 – Структура перевезенных строительных грузов БЖД в 2017 г.

Основная доля перевезенных железнодорожным транспортом строительных грузов – это грузы 1-го класса (94,3 %) с кодами ЕТСНГ, к которым применяются минимальные коэффициенты при определении провозной платы.

В результате, объемы работы предприятий железнодорожного транспорта со строительными грузами высокие – 21 % в общем грузообороте дороги при доле в доходах 5,7 % (рисунок 2).

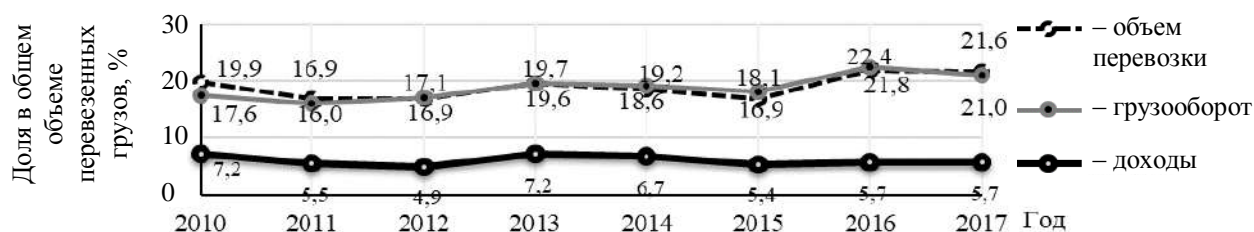


Рисунок 2 – Доля строительных грузов в общем объеме основных количественных и стоимостных показателей БЖД

Материальный логистический поток строительных грузов на железнодорожном транспорте – это объем перевозок строительных грузов по участкам и направлениям транспортной сети, а также между взаимодействующими предприятиями и районами. Основные измерители грузопотока – показатели «перевезено грузов» и «грузооборот» (таблица 1).

Таблица 1 – Измерители грузопотока

Показатель	Определение
Перевезено грузов, т/год, т/кв. и т. д.	Статистический показатель перевозок, отражающий количество перевезенных в отчетном периоде (год, квартал, месяц и т. д.) грузов в тоннах
Грузооборот, тарифные т·км нетто)	Основной условно-натуральный экономический показатель на транспорте, рассчитывается как произведение количества перевезенного груза в тоннах на расстояние перевозки в километрах. На 10 тарифных т·км нетто определяются доходная и расходная ставки перевозки

Грузопотоки на железнодорожном транспорте Республики Беларусь распределяются по сообщениям: международное (ввоз, вывоз, транзит) и местное.

Структура грузопотоков строительных грузов, перевезенных БЖД с 2010 по 2017 гг., показана на рисунке 3.

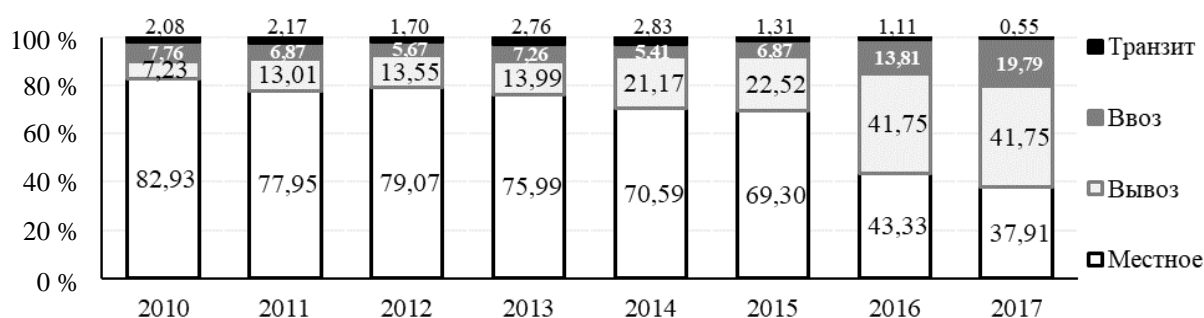


Рисунок 3 – Структура грузопотоков строительных грузов БЖД

В анализируемом периоде наблюдается снижение доли местного сообщения в перевозке строительных грузов с 82,93 % в 2010 г. до 37,91 % в 2017 г. Доля международного сообщения, %, выросла с 17,07 (в том числе вывоз – 7,23, ввоз – 7,76, транзит – 2,08) в 2010 г. до 62,09 (в том числе вывоз – 41,75, ввоз – 19,79, транзит – 0,55).

Таким образом, железнодорожный транспорт, обладающий высокой производительностью и сравнительно низкой себестоимостью перевозки, рационально применять при перевозке больших объемов грузов на расстояния не менее 200 км из-за большой продолжительности погрузочно-разгрузочных работ и небольшом среднесуточном пробеге подвижного состава.

Железнодорожным транспортом перевозится от 13 до 18 % от общего количества строительных грузов, в основном он обслуживает внешние материальные потоки объектов строительства.

Из-за больших капиталовложений подъездные железнодорожные пути прокладываются только для строительства очень крупных объектов, в остальных случаях железнодорожный транспорт выступает связующим звеном между местами добычи сырьевых ресурсов; предприятиями-изготовителями строительных материалов, конструкций, прочей продукции и автомобильным транспортом.

Приоритетными направлениями исследования являются оценка взаимодействия транспортного и строительного комплексов; обоснование параметров и моделей эффективного межотраслевого сотрудничества на основании анализа участия транспорта в цепи поставок объектов строительства.

Список литературы

- 1 **Войтенков, С. С.** Грузоведение : учеб. / С. С. Войтенков, Т. В. Самусова, Е. Е. Витвицкий; под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. Е. Е. Витвицкого. – Омск : СибАДИ, 2014. – 196 с.
- 2 Технология строительного производства : учеб. для вузов по спец. «Пром. и гражд. стр-во» / С. С. Атаев [и др.]. – М. : Стройиздат, 1984. – 560 с.

УДК 004

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИМЕНЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

Ю. И. СОКОЛОВ, И. М. ЛАВРОВ, В. С. КОЦОЕВА
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

В настоящее время на рынке товаров и услуг активно развиваются покупки через интернет, появляется всё больше различных веб-сайтов и мобильных приложений, которые обеспечивают удобство потенциальному потребителю осуществлять выбор и приобретать подходящую продукцию, не выходя из дома. Наблюдается тенденция к цифровизации финансовых операций в последние десятилетия. Это связано с тем, что интернет и предлагаемые в нем услуги с каждым годом всё увеличиваются, подстраиваются под требования клиентов и стараются иметь свою изюминку для большей прибыли.

Однако многие из таких сайтов не вызывают доверия: какие-то из них имеют очень большие наценки на товары и услуги, другие имеют сомнительную репутацию. Особенно сильно это можно увидеть на сайтах, которые созданы для путешественников. Зная это, задаемся вопросом: почему люди продолжают устанавливать и использовать разные приложения для путешествий, которые почти не отличаются от своих аналогов? Почему разработчики считают, что нужно создавать новые приложения для путешествий? Ответ совершенно ясен: ни пользователи, ни разработчики не чувствуют, что существует одна конечная туристическая услуга, которая делает все остальные приложения устаревшими.

Одной из наиболее развивающихся информационных систем в экономике является технология блокчейн (англ. *blockchain*) – выстроенная по определённым правилам непрерывная последовательная цепочка блоков, содержащих информацию. Чаще всего копии цепочек блоков хранятся на множестве разных компьютеров независимо друг от друга.

Такая система за счет своей распределенности и защиты информации представляет собой четко структурированную базу данных с определенными правилами построения цепочек транзакций и доступа к информации, которая исключает кражу данных, мошенничество, нарушение имущественных прав и т. д. В некотором смысле система блокчейн может быть представлена в виде некоей глобальной книги, в которой математическими средствами описаны основные правила хранения и распределения информации, исключая к ней доступ извне даже на уровне зарегистрированных клиентов или администраторов.

Блокчейн может быть представлен в виде некоей глобальной книги, в которой математически описаны основные правила хранения и распределения информации, исключая к ней доступ извне даже на уровне зарегистрированных клиентов или администраторов.

Основным принципом функционирования такой системы является прозрачность операций и невозможностью их изменения лицами, у которых нет санкционированного доступа (специального ключа-пароля от ячейки, который выдается единожды, его потеря означает потерю от всех данных). Родоначальницей технологии блокчейн считается система «Биткойн», в свое время созданная в виде саморегулирующейся криптовалюты, не требующей обслуживания финансовыми организациями или банками. Она использовала платформу блокчейн для учета транзакций любого типа. Сейчас «Биткойн» используется в качестве глобальной базы данных, которую можно применять в B2B и B2C секторах. Бизнес-приложения на основе технологии блокчейн могут контролировать: соблюдение авторских прав, процессы производства товара по заявленным стандартам, а также соблюдение точности выполнения всех финансовых операций [2].

Каждый потребитель с помощью этой технологии блокчейн может проконтролировать качество покупаемого товара путем отслеживания цепочки производства, для того чтобы быть уверенным, что покупка действительно соответствует стандартам. Однако говорить о повсеместном внедрении

этой технологии, пока еще рано. Организаций и приложений, которые используют для своей работы блокчейн еще не так много. Однако многие считают, что блокчейн имеет большое будущее и огромные перспективы развития.

Изучив основные технологии Blockchain, мы выполнили работу по созданию бизнес-модели мультимодального транспортного приложения. Основной идеей является создание приложения, которое позволит пользователю покупать и хранить транспортные билеты в одном приложении, использующем технологию цифровой идентификации «Sovrin». Технология «Sovrin blockchain» устраняет затраты на обеспечение безопасности цифровых идентификаторов, а также гарантирует достоверность и безопасность личной информации [1].

Приложение обеспечит возможность поиска самых дешевых мультимодальных маршрутов с помощью ряда методов сортировки и фильтров категорий. Эта особенность обеспечивает приложению очень мощную и многофункциональную конкурентоспособность в сравнении с приложениями, что также дает возможность бронирования билетов. Приложение на основе технологии «Sovrin blockchain» имеет гораздо больше возможностей, чем любой другой поставщик подобной продукции: ни одно из уже существующих приложений не позволяет пользователям покупать электронные билеты в рамках своего приложения. Еще одна проблема с другими решениями заключается в том, что они никогда не предоставляют поистине мультимодальный маршрут и сравнение маршрутов, включая самолеты, поезда и городской транспорт наряду с услугами по прокату автомобилей и такси.

Предполагается, что средний пользователь не доволен переадресацией сайта компании поисковой системы в путешествие и постоянной потребностью в установке новых приложений. Мультимодальное приложение с функциональностью и безопасностью, которые имеются в виду, обеспечит удобство и уверенность для путешественника.

К настоящему времени очевидно, что нужно развивать и распространять услуги, ориентированные на путешественников, но мы видим, что транспортные компании распространяют и размещают свои услуги на хаотичных интернет-ресурсах и из-за этого их потенциальным клиентам сложнее сделать свой выбор. Мы считаем, что предоставление дополнительной платформы для продажи билетов транспортных компаний будет рассматриваться как привлекательное предложение для указанных компаний. Партнеры, использующие такую платформу, получают статистику и аналитику, собранную из конкретных безымянных поисков, которые также помогут их бизнесу.

По мере роста партнерской сети сервиса можно будет также включить услуги по бронированию жилья и страхованию путешественников, которые планируют продолжительные путешествия. Дополнительные партнерские отношения будут выгодны для пользователя, желающего запланировать свои поездки в одном месте, а для партнеров будет создан более широкий охват пользователей.

Приложение направлено на помощь всем путешественникам по всему миру. Оно работает следующим образом: после ввода персональных данных, необходимых для учетной записи цифрового удостоверения Sovrin, пользователь может выбрать свою отправную точку (если вы путешествуете с места, отличного от текущего местоположения GPS), пункта назначения, даты поездки, вариантов комфорта и бюджета. Если путешественник не уверен в одном из вариантов или хочет выбрать дату с самыми дешевыми билетами, поиск будет выполнен с использованием только введенной информации (рисунок 1). Например, если пользователю всё равно, куда он хочет отправиться в отпуск, и у него есть даты и его бюджет, приложение предложит несколько направлений и несколько маршрутов в те пункты назначения, которые будут соответствовать его бюджету.

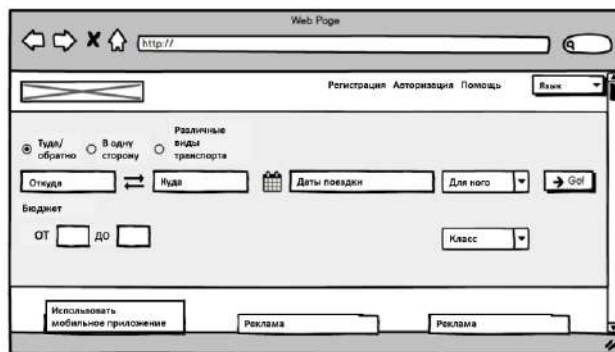


Рисунок 1 – Вид поискового интернет-окна мультимодального транспортного интернет-сайта

Стартовая страница будет включать стандартные параметры поиска маршрута, которые используются и на других сайтах путешествий, разница между нашей стартовой страницей и многими аналогичными другими заключается в том, что каждое текстовое поле является необязательным. Пользователь выбирает бюджет, а наша поисковая система подбирает множество вариантов мест, куда он может отправиться.

Также можно фильтровать и сортировать маршруты, выбирая качества, наиболее важные для путешественника. Если метод транспортировки является самым важным для пользователя, то он может продолжить поиск своего идеального маршрута, используя только средства транспорта, которые ему более удобны. Таким образом, приложение не только позволяет пользователю видеть множество маршрутов, которые он может использовать, чтобы доехать до пункта назначения, но и искать более дешевый или более быстрый маршрут в списке маршрутов, используя только этот способ транспортировки (рисунок 2).

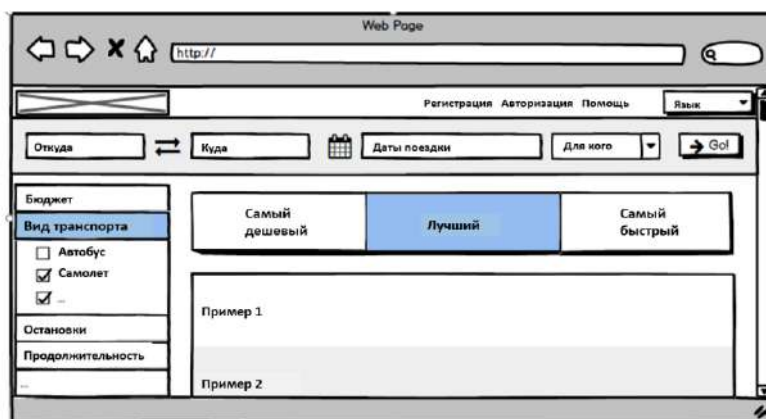


Рисунок 2 – Интернет-окно выбора вида транспорта и маршрута

После первоначального поиска маршрута пользователь может сортировать выданные результаты, используя фильтры по многим категориям и параметрам сортировки. Здесь он может выбрать предпочтительный способ транспортировки или количество транспортных пересадок, которые он хочет сделать.

Поскольку одной из основных целей для этого приложения является предоставление мультимодальных маршрутов, необходимо, чтобы пользователь чувствовал себя уверенно при изменении транспорта. Данное приложение позволит путешественнику узнать, какой маршрут ему нужно совершить, после выхода из поезда, чтобы продолжить свой маршрут на автобусе. Он также может исправить маршрут в зависимости от того, сколько времени необходимо пользователю, чтобы пройти расстояние между платформой поезда и автобусной остановкой. Например, когда маршрут включает в себя передвижение на самолете, а затем на поезде, будет предложено время отправления поезда, которое нужно будет путешественнику чтобы пройти паспортный контроль и забрать багаж. Приложение также может использовать среднее время, затрачиваемое на прибытие видов транспорта, которое собирается для корректировки времени и необходимо для изменения транспортных маршрутов.

Таким образом, с использованием современных технологий и мощной обработки данных возможно будет предоставить многофункциональный сервис для планирования маршрутов. «Sovrin» идеально подходит для работы с частными данными, что важно для защиты конфиденциальной информации клиентов. Как только клиент ввел в свои личные данные, мы можем использовать запись данных для каждого бронирования или покупки билетов. Это устраняет необходимость повторного ввода данных и снижает сложность покупки нескольких билетов. Кроме того, использование технологии блокчейн предотвращает возможность манипулирования данными и использования их со злым умыслом.

Список литературы

1 **Винья, П.** Эпоха Криптовалют / П. Винья, М. Кейнси; пер. с англ. Э. Кондукоровой. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2018. – 432 с.

2 Технология blockchain. Принципы работы и перспективы применения / Ю. Шольц [и др.] // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2017. – № 6. – С. 67–76.

СПРАВЕДЛИВАЯ СТОИМОСТЬ: МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ АКТИВОВ ТРАНСПОРТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Н. С. ФЕДИВА

Белорусская железная дорога, г. Минск

С. Л. ШАТРОВ, А. В. КРАВЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Актуальность применения оценки по справедливой стоимости обусловливается необходимостью обеспечения внешних пользователей полной и достоверной бухгалтерской информацией с учетом всех особенностей рынка в реальных условиях.

В МСФО определение справедливой стоимости приводится в нескольких стандартах.

Согласно МСФО 13 «Оценка справедливой стоимости» п. 24 справедливая стоимость – цена, которая была бы получена при продаже актива или уплачена при передаче обязательства в ходе обычной сделки на основном (или наиболее выгодном) рынке на дату оценки в текущих рыночных условиях, независимо от того, является ли такая цена непосредственно наблюдаемой или рассчитывается с использованием другого метода оценки. В соответствии с МСФО (IFRS) 16 «Основные средства» справедливая стоимость – сумма, на которую можно обменять актив при совершении сделки между хорошо осведомленными, желающими совершить такую операцию сторонами, осуществленной на общих основаниях.

Исходя из МСФО (IFRS) 38 «Нематериальные активы», в качестве первоначальной стоимости актива может быть применена справедливая стоимость во всех случаях, кроме отдельного приобретения (когда цена и прямые затраты на покупку актива определены).

В МСФО (IFRS) 39 «Финансовые инструменты: признание и оценка» справедливая стоимость – сумма денежных средств, достаточная для приобретения актива или исполнения обязательства при совершении сделки между хорошо осведомленными, действительно желающими совершить такую сделку, независимыми друг от друга сторонами.

Обобщая определения справедливой стоимости, приведенные в МСФО, можно сказать, что справедливая стоимость актива – это фактическая или будущая сумма денежных средств, которую можно получить в результате невынужденной сделки между хорошо осведомленными и независимыми сторонами, при обязательном соблюдении баланса интересов сторон, участвующих в сделке, и учете временного фактора. Оценка справедливой стоимости требует, чтобы компания определила следующие компоненты (МСФО (IFRS) 13):

- актив или обязательство, подлежащие оценке (соответственно единице учета);
- в отношении нефинансового актива – базовую предпосылку, являющуюся уместной для оценки (сообразно наилучшему и наиболее эффективному использованию этого актива);
- основной (или наиболее выгодный) рынок в отношении данного актива или обязательства;
- метод оценки, необходимый для определения справедливой стоимости с учетом наличия информации для получения исходных данных, представляющих собой допущения, которые использовались бы участниками рынка при определении цены на актив или обязательство, а также уровень в иерархии справедливой стоимости, к которому относятся эти исходные данные.

На практике при оценке справедливой стоимости актива или обязательства наиболее сложным моментом является последний пункт, а именно выбор метода оценки и его применение.

В рамках этих подходов существуют виды оценки, которые применяются в зависимости от типа актива (обязательства). МСФО (IFRS) 13 в п. 62 определяет следующие основные методы оценки для определения справедливой стоимости активов или обязательств:

- *рыночный подход*: метод сравнения сопоставимых компаний, метод сравнения сопоставимых сделок, метод сравнения прямых продаж;
- *доходный подход*: метод дисконтирования денежных потоков, метод освобождения от роялти, метод избыточных прибылей;
- *затратный подход*: метод скорректированных чистых активов, метод стоимости замещения.

Изучение законодательства Республики Беларусь, в свою очередь позволяет сделать вывод о подмене понятий. Так, в национальном учете применяется понятие «текущая рыночная стоимость», при этом оценка активов по справедливой стоимости в Республике Беларусь не применяется.

Изучение экономической литературы показало, что многие авторы считают термин «справедливая стоимость» аналогичным термину «текущая рыночная стоимость». Но проведенное изучение подходов к трактовке понятия «справедливая стоимость» в МСФО дало основание сделать вывод о том, что справедливая стоимость – более широкое понятие, чем рыночная стоимость, так как она требует определения цены, которая признается справедливой для двух сторон в сделке, принимающих во внимание соответствующие преимущества или неудобства, которые каждая сторона получит от сделки. Рыночная же стоимость требует, чтобы любые преимущества, которые не были бы доступны для всех участников рынка, были бы проигнорированы. Основными свойствами справедливой стоимости являются объективность, отсутствие принуждения сторон и полная информированность о предмете сделки, рыночная же стоимость носит вероятностный характер и напрямую зависит от мнения специалиста-оценщика.

Учитывая принцип преобладания экономического содержания, предусмотренный ст. 3 Закона Республики Беларусь «О бухгалтерском учете и отчетности», следует отметить, что в отчетности организаций Республики Беларусь следует применять справедливую стоимость активов.

Актуальным является и рассмотрение возможности применяемых в МСФО подходов и методов к оценке справедливой стоимости, но стоит отметить, что данные подходы не могут одновременно применяться ко всем активам организации, что предполагает разработку вариантности с последующим закреплением в учетной политике организации.

Вариантами формирования справедливой стоимости активов могут выступать сформированные резервы. Обоснуем данное предложение на примере запасов предприятий железнодорожного транспорта, занимающих значительную долю в активах. Белорусская железная дорога не производит готовую продукцию, а оказывает услуги, выполняет работы, при этом для их оказания и выполнения требуются запасы, в которых немалую долю составляют старогодние и бывшие в эксплуатации. В связи с этим отмечена низкая оборачиваемость запасов, так при изучении информации об остатках дистанции пути было выявлено, что запасы, в сумме составившие более 262 тыс. руб., имеют оборачиваемость от 180 до 360 дней, а в сумме более 373 тыс. руб. – свыше 360 дней. Соответственно, стоит отметить, что при имеющемся уровне инфляции 488 тыс. руб. «вымыто» из капитала структурного подразделения. Достаточно остро стоит и вопрос оценки запасов, учитывая, что их достаточное количество формируется за счет приобретения за валюту, которая также имеет свойство изменяться и в большинстве своем обусловлена ростом курса иностранной валюты по отношению к национальной.

Исходя из вышесказанного отметим, что сегодня более остро стоит вопрос о создании резерва не под обесценение стоимости материальных запасов, а под доведение до справедливой стоимости имеющихся запасов. Запасы в отчетности организаций отражаются по фактической себестоимости, которая в случае длительного хранения запасов не отражает реальную их стоимость на рынке на момент составления отчетности, т. е. их справедливую стоимость. На справедливую стоимость запасов в данном случае влияние оказывают изменение курса валют и инфляционные процессы Республики Беларусь.

При формировании справедливой стоимости, учитывая особенности рыночной экономики Республики Беларусь, можно предложить инфляционный, индексный методы и метод текущей стоимости. Инфляционный метод представляет собой расчет справедливой стоимости исходя из изменения уровня инфляции. Справедливая стоимость по индексному методу определяется как произведение учетной стоимости и индекса цен производителей промышленной продукции. Метод текущей стоимости предполагает, что справедливая стоимость равна стоимости запасов на рынке в момент их отпуска или формирования отчетности.

Таким образом, в настоящее время вопрос внедрения в белорусскую учетную практику основных положений МСФО относительно справедливой стоимости является очень острым. Главной проблемой, противодействующей данному процессу, является несовершенство законодательной базы Республики Беларусь в области учета и оценки. Соответственно, утверждение стандарта справедливой стоимости в белорусской системе бухгалтерского учета является необходимым шагом, который призван обеспечить прорыв на принципиально новый уровень развития системы учета и оценки в Республике Беларусь.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И ЗА РУБЕЖОМ

Е. О. ФРОЛЕНКОВА, А. А. ПАНКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Процесс контейнеризации грузов, отражающий промышленный потенциал страны, в последние годы претерпевает изменения. Например, развивающиеся страны стали не только основными грузоотправителями (по тоннажу), но, что особенно важно, главными грузополучателями (57 % объема товаров). На развитых рынках Европы и Америки контейнеризация приблизилась к 100 %, т. е. практически все контейнеропригодные грузы перевозятся в контейнерах. Таким образом, развитые страны уже прошли все стадии формирования зрелого рынка контейнерных перевозок, который достаточно успешно функционирует.

Основными полюсами роста мирового контейнерного рынка в ближайшие годы станут Африка, Индия и другие страны Азии, Латинская Америка. Рынок контейнерных перевозок Беларуси растет, тем не менее всё еще находится в стадии формирования и развития.

На белорусский контейнерный трафик влияют следующие основные факторы: внутреннее потребление полуфабрикатов и товаров широкого потребления, объем импорта, экспорта и транзита, мировая макроэкономическая конъюнктура. По данным Минтранса, доля транспортных издержек в Беларуси составляет 33–35 %, тогда как в западных странах – 7–8 %. Сокращение транспортных издержек и оптимизация цепочек поставок крайне актуальны для экономических субъектов. Увеличение доли контейнерных грузов и наращивание количества фиксированных маршрутных отправок (при условии роста внешней торговли промышленными грузами и товарами широкого потребления) отчасти может решить эту проблему.

Вклад транспортно-дорожного комплекса в народно-хозяйственное развитие страны в контексте построения социально ориентированной экономики осуществляется по двум главным направлениям:

- расширение и повышение эффективности системы товародвижения, прежде всего, в сфере экспортно-импортных операций, вовлечение в хозяйственный оборот дополнительных объёмов природных ресурсов;

- реализация транспортно-транзитного потенциала Беларуси.

Совершенствование транспортных технологий в современных рыночных условиях невозможно без повышения качества обслуживания, ускорения сроков доставки грузов железнодорожным транспортом и предоставления более конкурентоспособных транспортных услуг. Анализ факторов, влияющих на конкурентоспособность компании, позволяет своевременно выявлять предпочтения грузоотправителей и грузополучателей.

При организации перевозок контейнеропригодных грузов железнодорожный транспорт работает в условиях возрастающей конкуренции с автомобильным и морским транспортом. Наиболее сильные позиции на глобальном транспортном рынке занимают дальние морские перевозки. Морской транспорт составляет ценовую конкуренцию железнодорожному транспорту, когда речь идет о междупортных перевозках контейнеропригодных грузов на большие расстояния. Однако следует учитывать, что не всегда и не везде применим морской транспорт. Основным конкурентным преимуществом железнодорожных перевозок перед морскими является скорость доставки грузов, так как на железных дорогах существуют потенциальные возможности для увеличения скорости доставки контейнеров, связанные с совершенствованием количественных и качественных характеристик железной дороги.

Сегодня Белорусская железная дорога – лидер национальной системы перевозок. Являясь одним из важнейших транспортных комплексов страны, она успешно развивается и обеспечивает почти 70 % грузооборота всех видов транспорта общего пользования. Единая и слаженная система железнодорожного транспорта позволяет разрабатывать и внедрять новейшие передовые технологии, обеспечивать безопасность, бесперебойность и надежность функционирования сложнейшего транспортного комплекса страны.

Контейнерные перевозки – относительно молодой для Беларуси вид доставки грузов. В связи с этим железнодорожные контейнерные перевозки еще не достаточно развиты и не в полной мере

соответствуют рыночным требованиям по уровню конкурентоспособности. Это приводит к тому, что значительные объемы контейнеропригодных грузов перевозятся другими видами транспорта.

Ключевыми факторами роста конкурентоспособности железнодорожных перевозок контейнеропригодных грузов являются скорость и надежность доставки грузов в контейнерах. Контейнерные перевозки представляют собой один из самых экономичных и безопасных способов доставки грузов, так как нет стадии перетарки груза при смене вида транспорта. Отсюда ускоряются темпы погрузочно-разгрузочных работ, значительно сокращается время простаивания транспорта и, как следствие, значительно снижаются себестоимость перевозок и сроки доставки грузов.

Особое внимание Белорусская железная дорога уделяет развитию перевозок специализированными контейнерными поездами.

Белорусская железная дорога успешно реализует совместные транспортно-логистические проекты обслуживания контейнерных перевозок между Европой и Азией.

Как положительный результат следует рассматривать рост контейнерных перевозок в сообществе страны Европейского союза – Китай и обратно.

Частота курсирования контейнерных поездов из Китая в Европу уже достигла 26 раз в неделю, а из Европы в Китай – 21 раза в неделю. Время следования маршрутных контейнерных поездов по Белорусской железной дороге от станции Красное (госграница с Россией) до Бреста составляет менее 12 часов, маршрутная скорость соответственно достигает 1400 км/сут с минимальной стоянкой на станциях.

Успешно реализуются транспортно-логистические проекты в рамках обслуживания контейнерных перевозок между Беларусью и портами Балтийского и Черного морей.

Одним из них является поезд комбинированного транспорта «ВИКИНГ» – совместный продукт железных дорог Литвы, Украины и Беларуси, стивидорных компаний и портов Клайпеда, Ильичевск и Одесса. Также значимой для Белорусской железной дороги является организация перевозок контейнерным поездом «ZUBR». Это совместный продукт железных дорог Латвии, Эстонии, Молдовы, Украины и Беларуси, стивидорных компаний и портов Рига, Таллинн, Ильичевск и Одесса. Оба проекта имеют одинаковый уровень тарифных условий.

В настоящее время по Белорусской железной дороге перевозят грузы международные контейнерные поезда: «Восточный ветер» (Берлин – Брест – Москва/СНГ), «Казахстанский вектор» (Беларусь – Россия – Казахстан – страны Средней Азии), «Монгольский вектор» (Беларусь – Россия – Монголия – Китай), «Фольксваген РУСС» (Брест – Калуга (Россия) – Брест), «Москвич» (Дуйсбург – Брест – Москва), курсирующие по II общеевропейскому транспортному коридору.

С 2010 года по магистрали курсирует контейнерный поезд по перевозке автокомплектующих концерна «Пежо-Ситроен» на сборочный автозавод в Калужской области по маршруту Везуль (Франция) – Брест – Воротыньск (Россия). В 2011 году были организованы перевозки в составе контейнерного поезда «Новый шелковый путь» по маршруту Чунцин (Китай) – Дуйсбург (Германия). Маршрут проходит по территории Китая, Казахстана, России, Беларуси, Польши и Германии. Также через территорию Республики Беларусь проходят маршруты контейнерных поездов, начавших курсирование в конце 2011 года – контейнерный поезд «Сауле» по маршруту Чунцин (Китай) – Достык (Казахстан) – Клайпеда (Литва) – Антверпен (Бельгия) и контейнерный поезд «Меркурий» по маршруту Калининград (Россия) – Клайпеда (Литва) – Москва (Россия).

Широкое применение контейнеров позволяет удовлетворять постоянно растущие требования к железнодорожным перевозкам – высокое качество логистического процесса, скорость, безопасность, экономичность доставки, сохранность грузов.

Очевидно, что эффективное управление контейнерными перевозками невозможно без внедрения современных информационных технологий.

Для привлечения дополнительных объемов контейнерных перевозок проводится маркетинговая работа, которая позволяет дополнительно заключать договоры на оказание услуг по погрузке-выгрузке контейнеров и их доставке собственными автомобилями с различными предприятиями.

Повышение конкурентоспособности железнодорожных перевозок контейнеропригодных грузов позволит добиться качественного транспортного обслуживания, удовлетворения потребностей грузовладельцев и максимально полезного эффекта.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Кулаженко Ю. И.</i> Приветствие участникам конференции.....	3
1 ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	
<i>Адилов Н. Б.</i> Методы исследований взаимодействия контактных подвесок с токоприемниками.....	4
<i>Ананьева О. С., Подольская В. Н.</i> Имитационная модель совместной работы системы тягового электро-снабжения и электрического подвижного состава с накопителями электрической энергии.....	5
<i>Ананьева О. С., Подольская В. Н.</i> Матричный метод расчета совместной работы систем тягового электро-снабжения и электрического подвижного состава.....	7
<i>Баранкевич А. Э., Архутик И. И., Холодилов О. В.</i> Анализ возможности применения различно ориентиро-ванных тензометрических схем при испытании влияния подвижного состава на железнодорожный путь.....	9
<i>Босый Д. А., Земский Д. Р.</i> К вопросу о совместном моделировании систем тягового и внешнего электро-снабжения несимметричных режимах работы.....	11
<i>Босый Д. А., Саблин О. И.</i> Подходы к моделированию энергетических процессов при использовании накопителей в системах электрического транспорта.....	12
<i>Брильков Г. Е., Дединкин А. П., Волчанин С. Е., Полуянчик А. И.</i> Стандартизация процесса ремонта совре-менного тягового подвижного состава Белорусской железной дороги.....	14
<i>Бугаева Е. В.</i> Повышение эффективности пассажирских перевозок за счет обеспечения качественным подвижным составом.....	16
<i>Галай Э. И., Рудов П. К., Галай Е. Э.</i> Исследование взаимодействия тормозных систем электровозов ВЛ80, БКГ1 и состава вагонов при выводе грузового поезда с перегона.....	18
<i>Гатченко В. А.</i> Основные параметры модели определения объемов приемочных испытаний модернизи-рованных локомотивов.....	20
<i>Грибанов И. И.</i> О развитии технической базы Белорусской железной дороги для проведения неразруша-ющего контроля и испытаний подвижного состава железнодорожного транспорта.....	22
<i>Дорошук Д. В., Варчак Е. А., Сыс П. А.</i> Оценка эффективности работы компрессорной станции электро-депо.....	24
<i>Железняков А. А., Макеев С. В.</i> Получение и анализ силовой характеристики при испытаниях поглощаю-щих аппаратов методом соударения вагонов.....	26
<i>Железняков А. А., Васильев С. В., Целковицкая Л. П.</i> Проблемы эксплуатации турникетов для перевозки длинномерных грузов на Белорусской железной дороге.....	27
<i>Жураева К. К., Файзуллаев Ж. С.</i> О магнитоупругих датчиках усилий для диагностики загруженности колесных пар электроподвижного состава.....	29
<i>Журов Д. А., Улащик Н. П., Гурский Е. П.</i> О состоянии безопасности движения поездов в пассажирском хозяйстве в 2013–2018 годах.....	31
<i>Загорцев В. А., Стальмаков В. А., Русак А. Н.</i> Модернизация устройства автоматического пуска электро-поездов Минского метрополитена.....	32
<i>Ищенко В. Н., Щербина Ю. В.</i> Определение энергетической эффективности опытного образца гидравли-ческого амортизатора пассажирского вагона.....	34
<i>Кельрих М. Б., Дмитриев Д. В., Валигура Н. А.</i> Исследование совместной эксплуатации воздухораспреде-лителей № 242, № 292 и КЕс в составе пассажирских поездов.....	36
<i>Кельрих М. Б., Дмитриев Д. В., Валигура Н. А.</i> Создание специализированной тормозной лаборатории для проведения экспериментальных исследований и обеспечения учебного процесса.....	36
<i>Коновалов Е. Н., Сенько В. И., Пулято А. В.</i> Методика технического диагностирования вагонов-цистерн для перевозки цемента после длительной эксплуатации.....	37
<i>Коновалов Е. Н., Огородников Л. В., Пулято А. В.</i> Оценка эксплуатационной нагруженности вагонов метрополитена.....	39
<i>Леоненко Е. Г., Буйнова Н. П.</i> Исследование устойчивости колеса порожних вагонов (цистерн) в рельсо-вой колее.....	41
<i>Лодня В. А., Стальмаков В. А.</i> Разработка концепции малогабаритного рельсового транспортного средства.....	43
<i>Маркавцов А. А.</i> Определение условий расстановки периферийных устройств контроля подвижного со-става и потребности в ремонтном оборудовании.....	44

<i>Маркавцов А. А., Бурченко В. В.</i> Внедрение перспективных технологий мониторинга подвижного состава на Белорусской железной дороге	46
<i>Марченко Д. М.</i> Особенности моделирования тележек грузовых вагонов в программной системе MSC.ADAMS	47
<i>Морской А. Ф., Улащик Н. П., Гурский Е. П.</i> О состоянии безопасности движения поездов в вагонном хозяйстве Белорусской железной дороги	49
<i>Ольшевский А. Анд., Ольшевский А. Ал., Иншакова С. В., Скрובה А. А.</i> Совершенствование математической модели поглощающего аппарата ПМКП-110.....	52
<i>Пастухов М. И.</i> Влияние коэффициента запаса сопротивления усталости на технический ресурс литых деталей тележек грузовых вагонов	54
<i>Пигунов А. В., Задорожнюк Е. А., Афанаськов П. М., Буйленков П. М.</i> Экспериментальное исследование нагрузок, действующих на торцевые стены полувагона при соударении	56
<i>Пигунов А. В., Пигунов В. В., Буйленков П. М., Афанаськов П. М.</i> Особенности оценки несущей способности вагонов-хопперов с учетом требований ГОСТ 33211–2014.....	57
<i>Разон В. Ф., Бирилло Н. С.</i> Использование энергосберегающего оборудования в вагоноремонтном производстве.....	58
<i>Разон В. Ф., Фёдорова М. В.</i> Совершенствование таможенного контроля железнодорожного подвижного состава и перемещаемых им товаров.....	60
<i>Сахаров П. А., Шимановский А. О.</i> Анализ продольных сил в грузовом поезде при электродинамическом торможении	62
<i>Сосновский И. А., Грудько И. И., Трембицкий И. П.</i> Технология получения покрытий на деталях ходовых сопряжений рабочих органов путевых машин центробежным индукционным методом	64
<i>Улащик Н. П., Гурский Е. П.</i> Проведение неразрушающего контроля по единым правилам – ключ к повышению безопасности железнодорожного транспорта.....	66
<i>Файзуллаев Ж. С.</i> О датчиках тока для функциональной диагностики тяговых электродвигателей электровозов.....	69
<i>Фомин А. В., Стецко А. А.</i> Определение оптимальных сил сжатия при создании предварительных напряжённых вагоноконструкций в Компас-3D V16 с использованием прикладной библиотеки APM FEM..	70
<i>Френкель С. Я., Коноплёв В. Г.</i> Оценка влияния модернизации локомотива на энергоэффективность локомотивной тяги.....	72
<i>Френкель С. Я., Федоренко А. Г.</i> Сравнительный анализ расхода энергоресурсов на тягу поездов электровозами ВЛ80С и БКГ1.....	73
<i>Чернин И. Л., Чернин Р. И., Моисейчикова О. М.</i> Разработка технологической оснастки для реализации нового способа контроля прочности напрессовки внутренних колец буксовых подшипников на шейку оси колёсной пары.....	75
<i>Ruzmetov Ya. O., Valiev M. S.</i> Usage of high-strength steel alloys on freight cars, produced in the Republic of Uzbekistan.....	77

2 УПРАВЛЕНИЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

<i>Аксёничков А. А.</i> Использование имитационного моделирования поездной ситуации на пассажирской железнодорожной станции для принятия ДСП решений в нестандартных ситуациях.....	80
<i>Бородин А. Ф.</i> Технологические аспекты разработки генеральной схемы развития сети железных дорог ...	82
<i>Головнич А. К.</i> Возможности 3D-модели технической системы с реконструкцией физических процессов ..	84
<i>Головнич А. К., Падалица В. А.</i> Моделирование процессов доставки грузов в международном сообщении как информационная основа системы цифрового транспортного коридора	84
<i>Головнич А. К., Ходжанепесов К. А.</i> Информационные модели взаимодействия видов транспорта при перевозке грузов на Великом Шёлковом пути.....	87
<i>Данилова А. С.</i> Scrum – эффективный инструмент проектного управления	88
<i>Дугинов О. И.</i> Решение задачи оптимизации операций сортировки контейнеров на железнодорожной станции	90
<i>Дулуб П. М.</i> Комплексный подход к повышению эффективности эксплуатационной работы на Белорусской железной дороге. Основные направления и опыт внедрения	92
<i>Елисеев А. В., Ковега В. Ю., Кузьменкова М. С., Кутузов В. В.</i> Моделирование транспортных потоков	93
<i>Ерофеев А. А., Голенков В. В.</i> Перспективы внедрения интеллектуальных систем управления на железнодорожном транспорте	96
<i>Казаков Н. Н.</i> Подходы к актуализации модели развития региональной транспортной системы	98
<i>Кузнецов В. Г., Захаров Д. В.</i> Методика расчета объема визуальной информации поездного диспетчера	100
<i>Малиновский Е. В., Петрачков С. А., Рыбицкий Е. Е.</i> Оптимизация работы пунктов коммерческого осмотра на Белорусской железной дороге.....	102
<i>Негрей В. Я., Пожидаев С. А., Дорошко С. В.</i> Некоторые задачи развития интеллектуальных транспортных систем	104

<i>Негрей В. Я., Пожидаев С. А., Дорошко С. В., Макриденко А. Б.</i> Адаптивные технологии развития конструкций и технического оснащения немеханизированных сортировочных устройств	105
<i>Николаев К. Ю.</i> Об эксплуатационных параметрах и сферах применения транспортных систем «трамвай – поезд»	107
<i>Потылкин Е. Н.</i> Оптимизация взаимодействия железнодорожного транспорта общего и необщего пользования в местах зарождения грузопотоков	109
<i>Рублев Г. В., Рублев А. Г.</i> Поливариантность сетевых структур и рынков как фактор усложнения мирового взаимодействия	111
<i>Третьякова М. Л.</i> Интеллектуальные модели системы управления транспортным потоком	113
<i>Фёдоров Е. А.</i> Системный подход при организации процедуры разработки графика движения поездов с учетом взаимодействия участников перевозочного процесса	115
<i>Филатов Е. А.</i> Влияние геометрических параметров путевых структур на работу железнодорожного транспорта	117
<i>Фроленкова Г. В.</i> Управление маркетингом пассажирских перевозок	119
<i>Шкурин К. М.</i> Исследование влияния ускоренных (специализированных контейнерных) поездов на участковую скорость и эффективность эксплуатационной работы	121
<i>Шкурин К. М.</i> Применение причинно-следственных диаграмм в анализе обстоятельств случаев нарушения безопасности движения	123

3 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

<i>Бочков К. А., Комнатный Д. В., Рязанцева Н. В.</i> Влияние сверхширокополосных импульсов помех на микроэлектронные системы железнодорожной автоматики и телемеханики	126
<i>Бочков К. А., Харлап С. Н., Сивко Б. В.</i> Автоматизация оценки временных параметров микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики	127
<i>Буй П. М., Кульгавик С. Г.</i> Оценка рисков безопасности информационных систем на основе методики перекрестной оценки их уязвимостей и потенциальных угроз	129
<i>Гончарова Н. А.</i> Основные направления применения автоматизированных систем для повышения ритмичности работы терминальных комплексов	131
<i>Егоров В. Б.</i> Относительная средняя скорость пакетной передачи равна средней интенсивности нагрузки	133
<i>Ефанов Д. В., Гросс В. А.</i> Система интеллектуального мониторинга железнодорожной контактной подвески	135
<i>Ефанов Д. В., Осадчий Г. В.</i> Система управления движением на промышленном транспорте как сервис	137
<i>Ефанов Д. В., Хорошев В. В.</i> Развитие технологий мониторинга устройств автоматики с созданием цифровой инфраструктуры	139
<i>Имарова О. Б., Евдокимова Е. Ю.</i> Комплексная система по удалённому управлению автоматической переездной сигнализацией	141
<i>Коврига А. Н.</i> Системы и способы восстановления управления движением поездов на станциях с электрической централизацией	143
<i>Комнатный Д. В.</i> Эффект Джонсона-Рабека, его физические основы и применение в микроэлектромеханических устройствах железнодорожной автоматики	144
<i>Немцов Ю. В., Казанский Н. А., Лысюк П. И.</i> Методика вычисления живучести сетей мобильной связи на транспорте при отказе базовых станций	145
<i>Пракопенко Д. В.</i> Модернизация комплекса имитационных испытаний	147
<i>Рубаник П. П.</i> Повышение безопасности и эффективности координатных систем интервального регулирования за счет применения точечных каналов связи	149
<i>Сивко Б. В.</i> Применение метода обнаружения отказов на основе доступности адресных данных	150
<i>Харлап С. Н.</i> Методы и средства оценки функциональной безопасности микроэлектронных систем железнодорожной автоматики	151
<i>Чарушиников А. Д.</i> Автоматизация обработки результатов имитационного моделирования электронных схем в PSpice	153
<i>Черкасов К. Э.</i> Особенности представления информации в системах поддержки принятия решений обеспечения безопасности движения поездов	155
<i>Шаманов В. И.</i> Динамика электромагнитной обстановки на электрифицированных железных дорогах	156
<i>Шевченко Д. Н., Буёнок Е. В.</i> Результаты апробации вероятностной методики оптимизации ЗИП	158
<i>Шевчук В. Г., Левтринский В. В., Жигалин И. О.</i> Совершенствование радиосистем минского метрополитена ...	159

4 РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

<i>Андрейчиков М. В., Горбачева О. В., Якобсон А. А.</i> Расчетный программный комплекс «НДВ-Выбросы» по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух	162
---	-----

<i>Андрейчиков М. В., Свириденко М. А., Ясько М. В.</i> Определение содержания меркаптанов в атмосферном воздухе на промышленных объектах Республики Беларусь	164
<i>Балабин В. Н., Васильев В. Н., Некрасов Г. И.</i> Применение тепловых аккумуляторов в системах обеспечения работы дизеля тепловоза	165
<i>Барановский К. В., Смолякова И. П., Темников Е. А., Холякко В. И.</i> Анализ методов борьбы с шумовым загрязнением от работы железнодорожного транспорта в районе сортировочной горки при помощи шумозащитного экрана	167
<i>Белюсова Г. Н., Новик А. Н.</i> Снижение энергопотребления при применении частотных преобразователей для приводов компрессоров на очистных сооружениях	169
<i>Вострова Р. Н., Макаров Д. В.</i> Использование методов математической статистики для анализа значений по железу общему при работе инфильтрационных водозаборов	171
<i>Вострова Р. Н., Макаров Д. В.</i> Сравнение ARIMA-метода и нейросетевого моделирования для прогнозирования значений по мутности исходных вод инфильтрационного водозабора юго-востока Беларуси .	173
<i>Дворак Н. И., Соловейко В. Г.</i> Влияние работы клапанов вентиляционных установок на общее состояние систем вентиляции	174
<i>Децук В. С., Карпенко Д. П.</i> Кондиционирование питьевой воды на транспортных предприятиях	176
<i>Додолев С. Г., Гончаров Г. Р.</i> Повышение энергоэффективности при отоплении и вентиляции промышленных зданий	178
<i>Инютин В. И., Кожедуб С. С., Харьков А. Ф., Кирьянова А. А.</i> Разработка технологии переработки вторичного сырья в путевые прокладки	179
<i>Капанский А. А.</i> Потенциал энергосбережения от замены трубчатых электронагревателей обогрева скважин в системах водоснабжения ЖКХ на саморегулирующиеся греющиеся кабели	181
<i>Колдаева С. Н., Пронский В. В.</i> Утилизация теплопоступлений от инсоляции в энергоэффективных зданиях	183
<i>Лутченко П. А.</i> Энергосбережение при реконструкции очистных сооружений	185
<i>Макеев В. В., Мельникова Е. Н., Сухоцкая С. А.</i> Мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от нефтеперерабатывающих предприятий	187
<i>Макеева Е. Н.</i> Интенсивные теплообменные поверхности для испарителей холодильных и теплонасосных установок с использованием смесевых озонобезопасных хладагентов	188
<i>Малашенко М. П.</i> Реализация государственной программы «Энергосбережения»	190
<i>Масловская М. А.</i> Влияние электрификации на провозную способность участков Белорусской железной дороги	195
<i>Мельникова Е. Н., Сафонов П. В., Свириденко М. А.</i> Об аналитическом (лабораторном) контроле и локальном мониторинге окружающей среды на объектах железнодорожного транспорта	197
<i>Невзорова А. Б., Новикова О. К.</i> Подход к реконструкции городских очистных сооружений с учетом закономерностей формирования качества сточных вод	199
<i>Новикова О. К., Шабалина А. И.</i> Утилизация отходов животноводческого комплекса	201
<i>Овчинников В. М.</i> Подготовка инженеров-энергоменеджеров для Белорусской железной дороги	203
<i>Овчинников В. М., Андрейчиков М. В., Дединкин А. П., Лукьянова Н. В.</i> Рациональное использование углеводородсодержащих отходов на предприятиях железнодорожного транспорта	204
<i>Овчинников В. М., Ракуть П. А., Ольшевский С. А.</i> Потенциал сокращения потребления ТЭР в ремонтном производстве локомотивного хозяйства	206
<i>Плескачевский Е. Л., Овчинников В. М.</i> Повышение энергоэффективности жилых и общественных зданий – источник энергосбережения	207
<i>Приходько И. В., Близнец Д. А., Неверов А. С., Громыко Ж. Н.</i> Использование метода симплекс-решетчатого планирования в качестве энергоэффективного подхода для оптимизации состава растворителей высокомолекулярных ингредиентов нефти	209
<i>Пшеничных Ю. А.</i> Двухмерная нелинейная математическая модель теплового процесса во фрикционных элементах тормозов	211
<i>Ратникова А. М.</i> Анализ водного хозяйства предприятий с целью поиска резервов ресурсосбережения	213
<i>Романовский В. И., Горелая О. Н., Хорт А. А.</i> Магнитные сорбенты для удаления нефтепродуктов из водных сред	215
<i>Самодум Ю. Г., Дединкин А. П., Хачков А. Н.</i> Нормирование расхода эксплуатационных материалов для транспортных средств, машин, механизмов и оборудования	217
<i>Холякко В. И., Барановский К. В., Смолякова И. П., Темников Е. А.</i> Учет времени шумового воздействия при разработке проектов санитарно-защитных зон	218
<i>Шадмонходжаев М. Ш.</i> Преимущества импульсного преобразования энергии в цепях ЭПС постоянного тока ташкентского метрополитена	220
<i>Якимченко В. Г.</i> Применение методики многокритериальной оптимизации процессов теплообмена в решении задач по снижению энергопотребления в системах кондиционирования вагонов	222

5 ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ

<i>Бубнова Г. В., Емец В. Н., Астафьев А. В.</i> Цифровизация транспортной отрасли	224
<i>Бугаева Е. В.</i> Анализ логистической поддержки жизненного цикла сложной технической продукции	226
<i>Гончар М. А.</i> Формирование электронного сервиса перевозок грузов по принципу «одного окна»	228
<i>Дранченко Ю. Н.</i> Концепция пассажирских перевозок в системе «город – пригород»	230
<i>Еловой И. А., Осипенко Л. В.</i> Расчет себестоимости для тарифных целей	232
<i>Жаков В. В.</i> Актуальные вопросы обеспечения конкурентоспособности на транспорте	234
<i>Жигалов В. Л., Шатров С. Л., Фроленкова Е. О.</i> Система управления эффективностью бизнес-процессов на железнодорожном транспорте	235
<i>Журавлева Н. А.</i> Развитие компетенций цифровизации транспортных систем: теория и методология исследования	237
<i>Заболоцкая К. А., Смирнов А. А.</i> Программное обеспечение принятия решений в логистических цепях	239
<i>Кекиш Н. А.</i> Совершенствование подходов к прогнозированию транспортных потоков в современных условиях функционирования железнодорожного транспорта	241
<i>Кирея Е. А., Литатова О. В.</i> Экономическая оценка эффективности использования грузовых вагонов	243
<i>Кожевникова И. А.</i> Определение внутранспортного эффекта общественных пассажирских перевозок в условиях цифровизации экономики	245
<i>Коришева О. В.</i> Развитие цифровой экономики в аспекте транспорта и национальной безопасности	247
<i>Кравченко О. А.</i> Государственно-частное партнёрство как механизм финансирования развития транспортной инфраструктуры	249
<i>Куренков П. В., Емец В. Н., Тюгашев А. А.</i> О применении биткойнов в транспортной отрасли	251
<i>Куренков П. В., Сафронова А. А., Кахриманова Д. Г.</i> Цифровизация, интеллектуализация и логистизация интермодальных, мультимодальных и синхромодальных перевозок	253
<i>Леоненко М. В., Хурса С. М.</i> Цифровая логистика – инновационное средство для развития и эффективной деятельности транспортно-логистических систем	255
<i>Потёмкина Т. Г.</i> Железнодорожный транспорт в цепи поставок предприятий строительного комплекса ...	257
<i>Соколов Ю. И., Лавров И. М., Коцоева В. С.</i> Характеристика применения на транспорте современных информационных проектов на базе технологии блокчейн	259
<i>Федива Н. С., Шатров С. Л., Кравченко А. В.</i> Справедливая стоимость: международные подходы к оценке активов транспортных организаций	262
<i>Фроленкова Е. О., Панкова А. А.</i> Тенденции развития контейнерных перевозок в Республике Беларусь и за рубежом	264

Научно-практическое издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ**

Материалы IV Международной научно-практической конференции,
посвященной 65-летию БИИЖТа-БелГУТа

Часть 1

Издается в авторской редакции

Технический редактор *В. Н. Кучерова*
Корректоры: *А. А. Павлюченкова, Л. С. Репикова, И. И. Эвентов*
Компьютерная верстка – *М. А. Килощцкая, Т. А. Пугач*

Подписано в печать 24.09.2018 г. Формат 60x84^{1/8}.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 32,37. Уч.-изд. л. 24,13. Тираж 150 экз.
Зак. № 3378. Изд. № 71.

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