

ВЕСТНИК
Белорусского
Государственного
Университета
Транспорта

Научно-практический журнал

НАУКА
и ТРАНСПОРТ

№ 1 (42)/2021

«ВЕСТНИК БелГУТа: НАУКА И ТРАНСПОРТ»

Научно-практический журнал № 1 (42) 2021 года

Издается с апреля 2000 года

Выходит один раз в полугодие

Учредители:

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»
Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь

Главный редактор *Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

Заместители главного редактора: *А. А. ЕРОФЕЕВ, А. О. ШИМАНОВСКИЙ*

Редакционная коллегия:

*А. А. СИВАК, В. М. МОРОЗОВ, В. Н. ШУБАДЕРОВ,
В. Я. НЕГРЕЙ, К. А. БОЧКОВ, Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ, Э. И. СТАРОВОЙТОВ, О. Н. ЧИСЛОВ*

Ответственный секретарь *Т. А. ВЛАСЮК*

Адрес редакции: ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель, Республика Беларусь
Телефон (факс) (0232) 31-59-48

Свидетельство о государственной регистрации средства массовой информации № 1247 от 08.02.2010,
выданное Министерством информации Республики Беларусь

На белорусском и русском языках

ВЕСТНИК БелГУТа: НАУКА И ТРАНСПОРТ

Научно-практический журнал

2021. № 1 (42)

СОДЕРЖАНИЕ

Кулаженко Ю. И. 100 лет со дня рождения Петра Александровича Сычко – руководителя, педагога и ученого 4

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Карасевич С. Н., Аземша С. А., Лапский С. Л. Разработка концептуальных предложений по развитию системы государственного технического осмотра транспортных средств..... 6

Карасевич С. Н., Аземша С. А., Лапский С. Л., Грищенко Т. В., Ясинская О. О. Оценка современного состояния системы периодических технических осмотров транспортных средств в Республике Беларусь..... 12

Рудин Р. Ю. Правовой статус органов Государственной автомобильной инспекции в Республике Беларусь..... 20

Дубешко Л. А. Предпосылки и проблемы создания интеллектуальной транспортной системы пассажирских перевозок..... 25

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

Путья А. В. Оценка влияния продольного смещения центра масс груза на устойчивость полувагона против схода с рельсов..... 31

Самодум Ю. Г., Писаренко Е. В. Диагностика электронных блоков управления тепловозов серии ТМЭ 37

Бурченков В. В. Оценка влияния ускорений горючих тепловозов на реализацию переменной скорости роспуска составов на сортировочных горках 40

Бурченков В. В., Шантур В. Д. Совершенствование технического контроля и выявление контрафактных деталей и узлов грузовых вагонов..... 44

Жукова А. А., Шапорова Е. А., Стойко С. О. Мониторинг авиационного двигателя на наличие металлических примесей в масле..... 48

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Ерофеев А. А. Использование алгоритма CLOPE в системе разработки нормативного графика движения поездов 51

Ковтун П. В., Дубровская Т. А., Цариков В. А., Гапоник С. С. Основные технические решения по повышению скоростей движения поездов на Белорусской железной дороге 56

Ахраменко Г. В. Оптимизация проектных решений при проектировании железных дорог на локальных участках 60

Новик В. П., Сушенок А. А., Цариков В. А., Ковтун П. В., Осипова О. В. Анализ технологий шпалопропиточного производства ОАО «Борисовский шпалопропиточный завод»..... 65

Белоус А. Н. Зарубежный опыт применения онлайн-сервисов при организации туристических маршрутов на железнодорожном транспорте 68

Михальченко А. А. Современные аспекты моделирования технической политики железной дороги..... 71

Ван Юйбянь. Прогнозирование объемов перевозок пассажиров на основе теории «серых систем»..... 77

Власюк Т. А. Организация безбарьерной среды для маломобильных пассажиров на железнодорожном транспорте в Российской Федерации на основе государственной программы «Доступная среда»..... 82

Галушко В. Н., Громько И. Л., Зайцев С. И. Повышение надежности трансформаторов с помощью комплексного анализа данных приборного учета при межвитковых коротких замыканиях..... 85

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

Поддубный А. А., Гордон В. А. Разработка и изготовление малогабаритного сборно-разборного мостового пролета 90

Васильев А. А. Экспресс-метод определения карбонатной составляющей (показателя КС) цементно-песчаной фракции бетона..... 94

Александров Д. Ю., Лохманков И. С. Основы технологии комплексного капсулированного асфальтовяжущего при производстве асфальтобетонных смесей 98

ЭКОНОМИКА

Сычко В. Е. Разработка методики оценки конкурентоспособности и безопасности продукции..... 102

ПОДГОТОВКА КАДРОВ

Головнич А. К. Системный анализ характеризующих признаков диссертационной работы 107

УДК 001.92:378

Ю. И. КУЛАЖЕНКО, доктор физико-математических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

100 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПЕТРА АЛЕКСАНДРОВИЧА СЫЦКО – РУКОВОДИТЕЛЯ, ПЕДАГОГА И УЧЕНОГО

21 июня 2021 г. исполняется 100 лет со дня рождения Петра Александровича Сыцко, кандидата технических наук, профессора, заслуженного работника высшей школы БССР, возглавлявшего Белорусский институт инженеров железнодорожного транспорта (ныне БелГУТ) с 1961 по 1986 год. Петр Александрович внес большой вклад в работу железнодорожного транспорта, научную и образовательную сферу. Он является автором более 70 научных трудов по вопросам организации поездной работы на отделениях железных дорог СССР, эксплуатации локомотивов, эффективной реализации графика, повышения скорости движения поездов и увеличения пропускной способности участков.

Петр Александрович Сыцко – известный советский ученый в области железнодорожного транспорта. Руководил крупными предприятиями, затем назначен на должность ректора Белорусского института инженеров железнодорожного транспорта (БелИИЖТа). Его имя прославлено многочисленными выпускниками нашего вуза, успешно работавшими и работающими на железных дорогах СНГ.

Становление и развитие личности Петра Александровича прошло в далекие военные годы. В 1943 году, после обучения в Новосибирском институте военных инженеров железнодорожного транспорта, начинается его трудовая деятельность на Калининской (ныне Октябрьской) железной дороге, где в сложных условиях военного времени он организовывал движение эшелонов, следовавших на фронт. Годы лихолетья, фронтовая молодость и время послевоенного восстановления разрушенного народного хозяйства страны закалили характер Петра Александровича. Это проявилось в его высокой требовательности к себе, принципиальности, трудолюбии и уважении своих товарищей и коллег, высоком уровне профессионализма. Именно эти черты позволили Петру Александровичу работать в разных должностях и проявить талант инженера, руководителя и исследователя, а в последствии и педагога.

В разные годы он работал дежурным по станции, заместителем и начальником станции, главным инженером, заместителем начальника Осташковского и Ржевского отделений железной дороги, начальником Великолукского отделения дороги, проявляя при этом ответственность, компетентность и заботу о коллективе, с которым у него всегда было взаимопонимание. Как талантливый руководитель Петр Александрович в 1954 году был направлен на учёбу в Академию железнодорожного транспорта МПС, по окончании которой в 1956 году возглавил Оршанское отделение Белорусской железной дороги.

В 1959 году Петра Александровича был переведен в Гомель на должность начальника Гомельского отделения дороги, при этом он успешно совмещал производственную и педагогическую деятельность, являясь преподавателем кафедры «Эксплуатация железных дорог». П. А. Сыцко заочно закончил аспирантуру нашего вуза. Его научным руководителем был доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники БССР Иван Георгиевич Тихомиров [1]. Результатом пло-

дотворной работы этого союза единомышленников – ученого и практика – явилась монография «Новое в работе Оршанских железнодорожников», где представлен опыт по интенсификации эксплуатационной работы, реализованный на Оршанском отделении Белорусской железной дороги, и успешная защита в 1965 году в Ленинградском институте инженеров железнодорожного транспорта диссертации на тему «Исследование способов улучшения поездной работы на отделениях железных дорог» [2].

Петр Александрович был не только прекрасным руководителем, но и педагогом. С 1961 года и на протяжении более 30 лет он преподавал на кафедре «Эксплуатация железных дорог» (в настоящее время кафедра «Управление эксплуатационной работой и охрана труда»).

П. А. Сыцко принимал активное участие в написании многих фундаментальных учебников и учебно-методических пособий, среди которых следует выделить учебник «Организация движения поездов на железнодорожном транспорте», написанный творческим коллективом кафедры под руководством профессора И. Г. Тихомирова. Значимость данного издания подтверждается допуском ГУУЗа МПС СССР в качестве официального учебника для всех железнодорожных вузов СССР и его переиздания (1961, 1969 и 1979 гг.).

Петр Александрович был прекрасным лектором и интересным собеседником. На его лекциях аудитория всегда была заполнена. Он не только давал важную и интересную информацию, но и прививал любовь к железнодорожному транспорту, которому посвятил всю свою жизнь. По отзывам коллег и товарищей, Петра Александровича отличали высокая культура, фундаментальные знания, широкий кругозор, что отражалось в многочисленных статьях и выступлениях на научно-практических конференциях. В июне 1972 года решением ВАК СССР Петр Александрович утвержден в ученом звании профессора.

Основополагающими аспектами деятельности Петра Александровича как ректора БелИИЖТа являются чёткая, ясно выраженная позиция педагога-администратора, а также стремление организовать образовательный процесс на научной основе. В этот период под руководством П. А. Сыцко была разработана программа развития БелИИЖТа, которую поддержали МПС и руководство республики. Огромная энергия, организаторские способности П. А. Сыцко обеспечили выполнение боль-



шой работы по развитию учебной и лабораторной базы института. Во многом благодаря Петру Александровичу был создан многопрофильный институт, который вел подготовку по всем отраслям железнодорожного транспорта. Выпускники БелИИЖТа имели всесоюзное распределение на работу и были востребованы на всех железных дорогах бывшего СССР, а впоследствии многие из них стали руководителями крупных предприятий МПС СССР.

Петр Александрович, будучи ученым-практиком, отдавал приоритет практико-ориентированному обучению с использованием специализированных лабораторий в институте и проведением лабораторных работ, производственной практики студентами на лучших предприятиях железнодорожного транспорта в СССР, где студенты могли изучить новейшие технологии того времени и применять полученный опыт и знания впоследствии в производственной деятельности.

Совершенствование учебно-методического и воспитательного процессов в институте, повышение качества подготовки инженеров, особенно формирование тесных связей между наукой и производством – это основные направления работы и в тот период, и в настоящее время. Так, по инициативе Петра Александровича и начальника Белорусской железной дороги, кандидата технических наук, доцента Е. П. Юшкевича было создано учебно-производственное объединение «Белорусская железная дорога – БелИИЖТ», обеспечивавшее решение многих актуальных научно-производственных задач как транспортного, так и образовательного комплексов [3]. Неотъемлемой частью этой работы стало стройотрядовское движение, которое Петр Александрович поддерживал и активно развивал. Студенты БелИИЖТа работали на самых важных стройках СССР, где получали первый опыт трудовой деятельности и ощущали сопричастность к развитию страны.

Помимо административной работы Петр Александрович уделял особое внимание общественной работе. Являясь ректором БелИИЖТа, он многократно избирался депутатом городского и областного комитетов, членом пленума городского и областного комитета КПБ, членом пленума профсоюза работников Белорусской железной дороги, был делегатом четырех съездов КПБ, входил в состав совета научно-технического общества Белорусской железной дороги, был председателем Совета ректоров вузов г. Гомеля. С 1970 по 1986 год Петр Александрович возглавлял Гомельское областное общество «Знание» [4].

Получено 05.05.2021

Yu. I. Kulazhanka. 100th anniversary the birth of Pyotr Alexandrovich Sytsko – head, teacher and scientist.

June 21, 2021 marks the 100th anniversary of the birth of Pyotr Alexandrovich Sytsko, Candidate of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of the BSSR, who headed the Belarusian Institute of Railway Transport Engineers (now BelSUT) from 1961 to 1986. Pyotr Alexandrovich made a great contribution to the work of railway transport, scientific and educational sphere. He is the author of more than 70 scientific papers on the organization of train work at railway departments, the operation of locomotives, the effective implementation of the train schedule, increasing the speed of trains and increasing the capacity of sections. The scientific and industrial activity of Pyotr Alexandrovich was awarded with the Orders of Lenin, the Red Banner of Labor, the Badge of Honor, nine medals, the badge of the Honorary Railway Worker, and other awards.

Совместные инициативы Петра Александровича и коллектива института позволили БелИИЖТу занять лидирующие позиции в учебно-методической и научно-исследовательской работе среди железнодорожных вузов Советского Союза. Институт стал крупнейшим учебным и научным центром не только нашей республики, но и СССР. За 25 лет руководства институтом подготовлено свыше 18 тыс. инженеров, защищено 9 докторских и 127 кандидатских диссертаций, коллектив профессорско-преподавательского состава увеличился до 340 преподавателей, примерно половина из которых имеют ученые степени и звания.

Научная и производственная деятельность профессора Петра Александровича Сыцко была высоко оценена государством. В 1978 году ему присвоено почетное звание «Заслуженный работник высшей школы БССР». Он награжден орденами Ленина, Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», девятью медалями, тремя почетными грамотами Верховного Совета БССР, двумя знаками «Почетному железнодорожнику», а также отмечен многими другими наградами.

В память о Петре Александровиче возле центрального входа в наш университет открыта мемориальная доска. За научную работу и высокие достижения в обучении студенты поощряются персональной стипендией имени профессора Сыцко Петра Александровича.

Список литературы

1 Белорусский государственный университет транспорта: Хроника, События. Люди / под ред. В. И. Сенько. – Гомель : БелГУТ, 2003. – 431 с.

2 Профессор Сыцко Петр Александрович. Краткое библиографическое издание, посвященное 80-летию со дня рождения. – Гомель : БелГУТ, 1999. – 9 с.

3 Кулаженко, Ю. И. Роль университетской научной школы в развитии транспорта // Тихомировские чтения: Инновационные технологии перевозочного процесса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. А. А. Ерофеева. – Гомель : БелГУТ, 2019. – С. 6–9.

4 Редько, Л. А. Научная школа профессора И. Г. Тихомирова: Сыцко Петр Александрович – руководитель и ученый / Л. А. Редько, В. Г. Кузнецов // Тихомировские чтения: Синергия технологии перевозочного процесса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. А. А. Ерофеева. – Гомель : БелГУТ, 2021. – 447 с.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 623.3.078

С. Н. КАРАСЕВИЧ, кандидат технических наук, С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, С. Л. ЛАПСКИЙ, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОСМОТРА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Рассмотрены результаты научно-исследовательской работы по теме «Концепция развития государственного технического осмотра транспортных средств», выполненной на кафедре «Управление автомобильными перевозками и дорожным движением» Белорусского государственного университета транспорта, Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь на основании договора с республиканским унитарным сервисным предприятием «Белтехосмотр» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. Приведены основные положения разработанного проекта концепции развития государственного технического осмотра транспортных средств на 2021–2025 годы, а также комментарии и некоторые обоснования к ним. Областью применения результатов научно-исследовательских работ являются: система государственного технического осмотра транспортных средств; управление безопасностью дорожного движения; государственное управление в области автомобильного транспорта; система обязательного страхования гражданской ответственности владельцев транспортных средств.

Введение. В последние годы в Республике Беларусь наблюдается неуклонное пополнение автомобильного парка (рисунок 1) [1, 2].

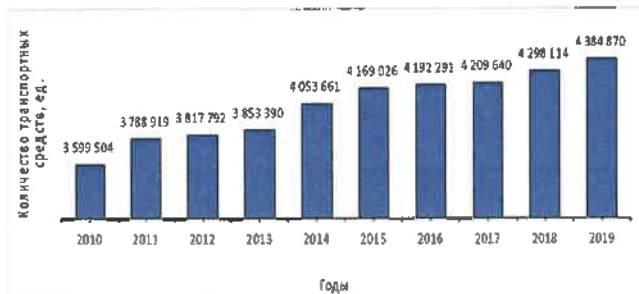


Рисунок 1 – Динамика изменения количества ТС в Республике Беларусь за период с 2010 по 2019 год

Ежегодный прирост количества транспортных средств (далее – ТС) в стране в среднем составляет 2,2%. Почти 90% ТС зарегистрированы на личных владельцев. Соотношение автомобилей по принадлежности в 2019 году показано на рисунках 2 и 3 [2].

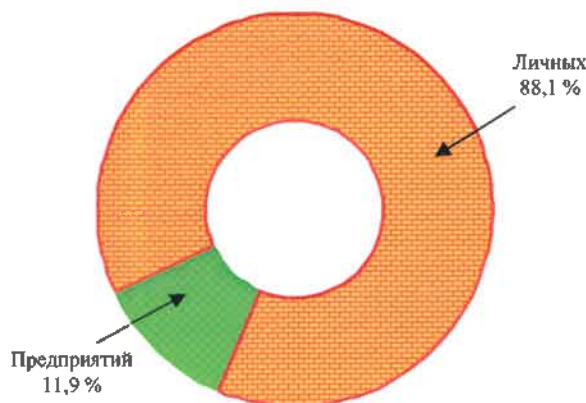


Рисунок 2 – Соотношение автомобилей по принадлежности

Основной прирост показателя происходит за счёт увеличения числа легковых автомобилей, находящихся в собственности граждан. Динамика роста количества личных автомобилей и ТС предприятий и организаций за период с 2010 по 2019 гг. показана на рисунке 3.



Рисунок 3 – Динамика роста количества личных автомобилей и автомобилей предприятий за период с 2010 по 2019 год

На конец 2019 года обеспеченность населения легковыми индивидуальными ТС в республике составила 329 автомобилей на 1000 жителей (рисунок 4).

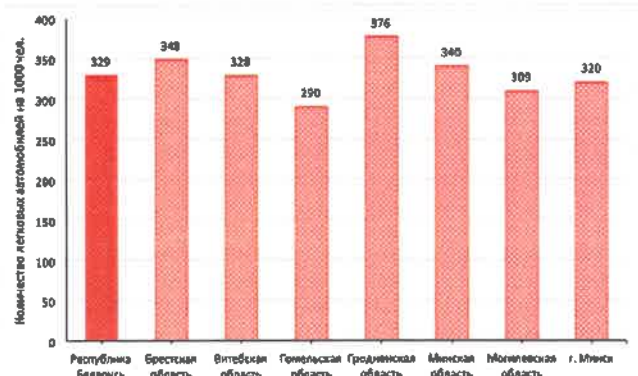


Рисунок 4 – Показатели обеспеченности населения легковыми автомобилями по областям и республике в 2019 году

Коэффициент степени автомобилизации по республике, определяемый отношением количества всех автомобилей на 1 тысячу жителей, в 2019 году составил 391,7 (381,6 – в 2018 году). Рост коэффициента степени автомобилизации в 2019 году по сравнению с 2018 годом наблюдается во всех регионах Беларуси за исключением Минской области: г. Минск – 373,5 (372,8 – в 2018 г.), Брестская область – 419,0 (400,1 – в 2018 г.),

Гродненская область – 451,7 (437,2 – в 2018 г.), Витебская область – 387,6 (368,9 – в 2018 г.), Могилевская область – 369,2 (354,1 – в 2018 г.), Гомельская область – 350,8

(336,3 – в 2018 г.), Минская область – 407,3 (411,1 – в 2018 г.). Распределение количества зарегистрированных ТС по областям страны в 2019 году показано на рисунке 5.

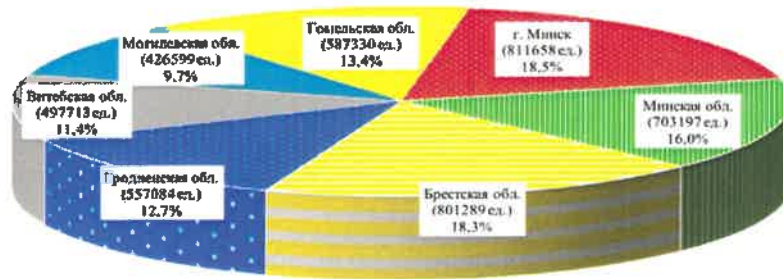


Рисунок 5 – Распределение количества ТС по областям

Для поддержания эксплуатируемых ТС в технически безопасном состоянии, обеспечения экологической безопасности в Республике Беларусь создана и устойчиво функционирует система государственного технического осмотра ТС, которая представляет собой совокупность организационно-технических мер, направленных на недопущение к участию в дорожном движении ТС, не соответствующих требованиям техническим нормативным правовым актам. При этом особую актуальность имеет проведение научных исследований, направленных на поиск и определение перспективных стратегических направлений, мероприятий и этапов развития системы государственного технического осмотра ТС в Республике Беларусь на период до 2025 года, что способствует развитию действующей системы государственного технического осмотра и позволит повысить эффективность ее функционирования для государственных нужд.

Кафедрой «Управление автомобильными перевозками и дорожным движением» Белорусского государственного университета транспорта в рамках договора от 31.07.2020 года № 13958 с республиканским унитарным сервисным предприятием «Белтехосмотр» Министерства транспорта и коммуникаций (далее – УП «Белтехосмотр») выполнены научно-исследовательские работы (далее – НИР) по теме: «Концепция развития государственного технического осмотра ТС». В результате проведенных исследований в соответствии с техническим заданием разработан проект Концепции развития гостехосмотра ТС в Республике Беларусь на 2021–2025 годы.

Постановка задачи. В ходе разработки и обоснования концептуальных предложений дана оценка состояния современной системы государственного техосмотра ТС в Республике Беларусь, динамике автомобилизации и состоянию дорожно-транспортной аварийности в стране, в том числе по причине технической неисправности ТС, проанализирован зарубежный опыт ряда развитых и развивающихся стран по предмету исследования, использованы данные и планы по развитию УП «Белтехосмотр».

Концепция разработана во исполнение международных обязательств Республики Беларусь в сфере периодических технических осмотров и безопасности колесных ТС, Закона Республики Беларусь от 5 января 2008 г. № 313-З «О дорожном движении» [3], Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, утвержденной постановлением

Совета Министров Республики Беларусь от 14 июня 2006 года № 757 с учетом целей, задач и приоритетов, отраженных в Стратегии инновационного развития транспортного комплекса Республики Беларусь до 2030 года, утвержденной приказом Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 25 февраля 2015 года № 57-Ц.

Развитие системы гостехосмотра ТС основано на принципе преемственности задач и приоритетов, а также реализации планов, принятых в Стратегии развития системы государственного технического осмотра в Республике Беларусь на 2016–2020 годы, утвержденной заместителем Министра транспорта и коммуникаций Республики Беларусь А. А. Шишко [4].

Государственный технический осмотр является одним из механизмов государственного регулирования в области дорожного движения и представляет собой совокупность организационно-технических мер, направленных на недопущение к участию в дорожном движении ТС, не соответствующих требованиям международных правовых документов, касающихся безопасности колесных ТС, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и (или) использованы на колесных ТС, обязательным для соблюдения требований технических нормативных правовых актов Республики Беларусь в этой сфере.

Концепция определяет цели, задачи и перспективные направления развития системы гостехосмотра ТС в Республике Беларусь, механизмы и способы достижения поставленных целей, а также приоритетные мероприятия, обеспечивающие реализацию перспективных направлений деятельности до 2025 года.

Концепция разработана в целях формирования единого системного подхода к развитию государственного технического осмотра ТС в Республике Беларусь. Концепция позволит заложить стратегические основы дальнейшей деятельности Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь и причастных организаций в области комплексного развития национальной системы государственного технического осмотра транспортных средств на перспективу до 2025 года.

Концепция служит основой для разработки программных документов, планов мероприятий и дорожных карт по их реализации в сфере совершенствования периодических технических осмотров ТС.

Концепция является документом стратегического планирования Министерства транспорта и коммуникаций, УП «Белтехосмотр» и диагностических станций, направлена на консолидацию усилий причастных орга-

низаций, создает необходимые информационные условия и стимулы для участия государственных органов и организаций, частного бизнеса и общества в решении проблем, связанных с государственным техническим осмотром ТС.

Основная часть. Целью Концепции является определение перспективных направлений и мероприятий развития системы государственного технического осмотра транспортных средств в Республике Беларусь на 2021–2025 годы.

Концепция основывается на принципах обеспечения:

- проведения государственного технического осмотра транспортных средств в установленном законодательством порядке и создания благоприятных условий для владельцев автотранспортных средств;

- упреждения аварийности, рисков и угроз безопасности дорожного движения, уменьшения вредного воздействия ТС на окружающую среду;

- территориальной и ценовой доступности услуг, реализуемых в сфере периодических технических осмотров ТС;

- удовлетворения возрастающих потребностей в качестве услуг и соблюдения гарантий их соответствия установленным требованиям;

- доступности информации о порядке и периодичности проведения государственных технических осмотров транспортных средств;

- предоставления сервиса услуг и уровня квалификации персонала, задействованного в сфере технического диагностирования ТС и их допуска к участию в дорожном движении в соответствии с международными и национальными требованиями законодательства, стандартами и лучшими мировыми практиками;

- целей и принципов устойчивого развития, определенных Организацией Объединенных Наций.

Для достижения цели и решения задач Концепции планируется сконцентрировать работу на следующих основных перспективных направлениях деятельности:

- гармонизация и унификация национальной законодательной базы в сфере гостехосмотра ТС с требованиями, принципами, нормами и рекомендациями международных организаций (ЕАЭС, ЕЭК ООН, ЕКМТ, Евросоюза и других), регулирующих сферу периодических технических осмотров ТС, в т. ч. имплементация международных правовых норм и правил в национальное законодательство и обеспечение единых обязательных требований в сфере безопасности колесных ТС, находящихся в эксплуатации, с требованиями технического регламента ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных ТС»;

- внедрение в национальную систему гостехосмотра ТС лучших мировых практик и повышение эффективности процедур подтверждения соответствия ТС установленным требованиям;

- совершенствование системы государственного контроля за деятельностью субъектов хозяйствования, занятых в сфере гостехосмотра ТС, на основе перехода от разрешительной системы функционирования диагностических станций к институту их сертификации аккредитованным органом;

- развитие сети диагностических станций и модернизация их оснащения;

- изменение целей и расширение видов деятельности УП «Белтехосмотр» и диагностических станций;

- реорганизация УП «Белтехосмотр» путем совершенствования системы управления диагностическими станциями и выделения их в самостоятельное производственное звено с разделением и оптимизацией функций и полномочий;

- развитие информационных систем и технологий, информационно-коммуникационной инфраструктуры УП «Белтехосмотр» с учетом развития общегосударственных информационных систем и ресурсов;

- поэтапный переход на электронные технологии документооборота и реализацию отдельных функций и административных процедур в электронной форме через единый портал государственных услуг;

- создание условий для объективности и беспристрастности проведения периодических технических осмотров ТС и отсутствия конфликта интересов персонала диагностических станций, осуществляющего гостехосмотр ТС;

- обеспечение условий прозрачности периодических технических осмотров ТС и создание условий для общественного контроля деятельности персонала диагностических станций;

- обеспечение диагностических станций качественным кадровым потенциалом на основе реорганизации и совершенствования системы подготовки и повышения квалификации инженерного персонала, занятого в сфере периодических технических осмотров ТС;

- подготовка предложений по внесению изменений и актуализации нормативных правовых актов и технических нормативных правовых актов Республики Беларусь в сфере порядка государственного технического осмотра ТС, технического диагностирования ТС и их допуска к участию в дорожном движении, порядка обязательного страхования гражданской ответственности владельцев ТС, а также в области проводимой налоговой политики по механизмам сбора государственных пошлин с владельцев ТС;

- расширение роли прикладной науки в решении задач инновационного развития системы гостехосмотра ТС и организация актуальных научно-технических исследований и разработок в данной области;

- обновление ресурсов, соответствующих инновационным решениям, способствующим обеспечению уровня опережающего развития и реализации целей и принципов устойчивого развития, определенных ООН (ответственное потребление и производство, инвестиции в инновации и инфраструктуру, чистая вода и санитария, борьба с изменением климата, чистая и недорогостоящая энергия и другие).

Ключевые инициативы и мероприятия, предусмотренные Концепцией, предусматривают интенсивное и инновационное развитие системы государственного технического осмотра ТС по всем перспективным направлениям деятельности, соответствующим предъявляемым законодательством требованиям и мировой практике.

В рамках реализации Концепции предусматривается реализация следующих ключевых инициатив и приоритетных мероприятий.

1 Участие в выработке согласованной позиции с уполномоченными госорганами по механизму уплаты государственной пошлины (дорожного сбора – компенсационного платежа за пользование дорожно-транспортной инфраструктурой) и контролю ее уплаты вне процедуры гостехосмотра ТС, что достигается путем внесения изменений в Налоговый кодекс Республики Беларусь. Реализация данной инициативы позволит

снизить количество эксплуатируемых автотранспортных средств, не имеющих допуск к участию в дорожном движении, и риски аварийности по причине технической неисправности ТС, обеспечить требуемые объемы контрольно-диагностических работ диагностическим станциям и повышение собираемости доходов в формируемый дорожный фонд за счет применения более эффективного механизма сбора государственной пошлины.

2 Участие в выработке согласованной позиции с уполномоченными госорганами по внесению изменений в законодательство и реализацию перехода от разрешительной системы организации функционирования диагностических станций, осуществляющих проведение гостехосмотра ТС, к институту их сертификации аккредитованным органом. При этом предусмотреть аккредитацию УП «Белтехосмотр» и (или) иных компетентных организаций Национальным органом по аккредитации Республики Беларусь в качестве органа по сертификации услуг в сфере гостехосмотра ТС. Реализация данной инициативы позволит обеспечить усиление института госнадзора в сфере гостехосмотра ТС за счет подтверждения соответствия диагностической станции требованиям сертификации, в том числе путем организации периодических аудитов, внеплановых выездных инспекционных проверок, проверок по принципу «тайного покупателя», верификации оказываемых услуг, а также непрерывного мониторинга сертифицированных услуг путем взаимодействия с владельцами сертификатов соответствия, анализа статистических данных и информации из внешних источников (СМИ, государственных органов, потребителей услуг). При этом предполагается предусмотреть, чтобы контроль за соблюдением правильности технологического процесса гостехосмотра осуществлялся уполномоченной надзорной организацией путем контрольного осмотра ТС непосредственно после прохождения технического осмотра с правом корректировки его результатов. Кроме того, предусматривается возможность перепроверки ТС уполномоченной инспекционной организацией на диагностической станции путем просмотра видеозаписей в режиме удаленного доступа, либо уполномоченными должностными лицами иных организаций непосредственно возле (на) диагностической станции, а также на автомобильных дорогах общего пользования. Данным изменением порядка организации функционирования диагностических станций планируется общесистемно и принципиально поменять качество услуг в сфере гостехосмотра ТС. При существующей разрешительной системе деятельности диагностических станций, занятых в сфере периодических технических осмотров ТС, такой инструмент управления качеством оказываемых услуг отсутствует. Данное мероприятие будет способствовать расширению видов и целей деятельности УП «Белтехосмотр» [5]. Таким образом, в концепции отдельно выделена важная системная роль УП «Белтехосмотр», значение которого в условиях рекомендуемого перехода от разрешительной системы функционирования диагностических станций к институту их сертификации аккредитованным органом и предлагаемого в связи с этим усиления контрольно-надзорных функций возрастает.

3 Участие в выработке согласованной позиции с госорганами по внесению изменений в единый перечень административных процедур, которые осуществляются государственными органами и иными организациями в отношении юридических лиц и индивидуальных пред-

принимателей (утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17.02.2012 г. № 156) [7], и передача диагностическим станциям или испытательным лабораториям, прошедшим в установленном порядке подтверждение в рамках Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь административные процедуры подтверждения соответствия ТС техническим нормам ЕКМТ, а также функцию дополнительной проверки ТС, предназначенных для перевозки определенных опасных грузов.

4 Демонопользация административной процедуры по выдаче, замене (переоформлению), выдаче дубликатов свидетельств о соответствии специальных транспортных средств требованиям Соглашения о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных ТС, предназначенных для этих перевозок (СПС), от 1 сентября 1970 года, и передать реализацию данной административной процедуры, осуществляемой РУП БелНИИТ «Транстехника» испытательным лабораториям, либо иным организациям (подразделениям), прошедшим в установленном порядке подтверждение в рамках Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь.

5 Участие в выработке согласованной позиции с уполномоченными госорганами по изменению подходов и упрощению административной процедуры по выдаче международного сертификата технического осмотра ТС путем использования в качестве альтернативы сертификату диагностической карты с уведомлением ЕЭК ООН и стран – участниц Венского Соглашения о принятии единообразных условий для периодических технических осмотров колесных ТС и о взаимном признании таких осмотров от 13 ноября 1997 года в установленном порядке.

6 Развитие сети диагностических станций с обеспечением полного охвата всех административно-территориальных единиц страны достаточной инфраструктурой, обеспечивающей проведение контрольно-диагностических работ по техническому осмотру ТС на постоянной основе.

7 Поддержание в соответствии с предъявляемыми требованиями и развитие материально-технической базы диагностических станций на основе формируемых целевых планов и программ развития.

8 В целях обеспечения прозрачности процедур государственного технического осмотра ТС, борьбы с коррупцией и создания условий общественного контроля за деятельностью инженерного персонала диагностических станций, осуществляющего проведение контрольно-диагностических работ и выдачу разрешений на допуск ТС к участию в дорожном движении, целесообразна организация возможности онлайн-видеонаблюдения непосредственно в зонах ожидания диагностических станций и/или посредством организации доступа граждан через интернет к видеотеке видеозаписей, сделанных на диагностических станциях в ходе процедур.

9 Создание доступной среды для инвалидов и других маломобильных групп населения на диагностических станциях.

10 Реорганизация УП «Белтехосмотр» с изменением организационной структуры управления диагностическими станциями, выделением производственного звена в дочернее предприятие с разделением и оптимизацией функций и полномочий.

11 Организация обслуживания цифровых тахографов на диагностических станциях с внесением необхо-

димых изменений в руководящие документы, что расширит перечень оказываемых ими услуг.

12 Осуществление перехода системы государственного технического осмотра транспортных средств на применение технического регламента ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных ТС» в рамках выполнения Республикой Беларусь своих обязательств, вытекающих из участия в международных соглашениях в сфере безопасности колесных ТС. Реализация данного мероприятия повлияет на объем и глубину контроля технического состояния и конструкции ТС на диагностических станциях и гармонизирует сферу гостехосмотра в Республике Беларусь с положениями международных документов, касающихся безопасности колесных ТС, сформирует предпосылки для создания новой редакции технологической инструкции, описывающей технологию проведения контрольно-диагностических работ в ходе техосмотра ТС.

13 Выработка согласованной позиции с Белорусским бюро по транспортному страхованию и иными уполномоченными госорганами по внесению изменений в законодательство и увязке процедуры прохождения гостехосмотра ТС с процедурой обязательного страхования гражданской ответственности владельцев ТС за вред, причиненный юридическим и физическим лицам при использовании этих средств в дорожном движении на территории Республики Беларусь.

14 Организация в ходе гостехосмотра ТС контроля документа, подтверждающего наличие заключенного договора обязательного страхования гражданской ответственности владельца ТС в электронном формате, посредством использования АИС «Обязательное страхование гражданской ответственности владельцев ТС» Белорусского бюро по транспортному страхованию.

15 Развитие АИС «Белтехосмотр» и построение защищенной информационно-коммуникационной инфраструктуры АИС «Белтехосмотр» по получению, обработке, хранению и предоставлению информации о результатах гостехосмотра и допуска ТС к участию в дорожном движении.

16 Создание информационного операторского центра, обеспечивающего осуществление административных процедур в электронном виде, сопровождающего вопросы технической поддержки программного обеспечения, автоматизированных рабочих мест подсистем АИС «Белтехосмотр», консультационное обеспечение по вопросам гостехосмотра ТС.

17 Содействие созданию условий для удаленной и безналичной форм оплаты услуг, предоставляемых в сфере гостехосмотра ТС для юридических и физических лиц с использованием современных платежных систем и инструментов.

18 Переход на осуществление административной процедуры по выдаче разрешения на допуск ТС (за исключением колесных тракторов, прицепов, полуприцепов к ним) к участию в дорожном движении в электронной форме через единый портал электронных услуг и использование электронного формата диагностической карты и разрешения на допуск ТС к участию в дорожном движении (QR-кода вместо наклейки).

19 Содействие внедрению технических средств и систем фото/видеоконтроля нарушения порядка прохождения гостехосмотра владельцами ТС, основанным на

распознавании регистрационного номера ТС и его сверке с базой данных АИС «Белтехосмотр».

20 Передача диагностическим станциям функции по идентификации ТС (сверке маркировок кузова (кабины), шасси, марки и прочих с регистрационными документами). Это позволит обеспечить всесторонний контроль ТС в структуре гостехосмотра.

21 Участие в выработке согласованной позиции с уполномоченными госорганами по внесению изменений в Положение о порядке проведения государственного технического осмотра ТС и допуска к участию в дорожном движении [6], касающиеся периодичности и сроков проведения гостехосмотра ТС, по вопросу установления для ТС категорий M₁ и N₁ срока до первого технического осмотра 4 (четыре) года, включая год выпуска, за исключением случаев участия таких ТС в ДТП, при которых были повреждены важнейшие, связанные с обеспечением безопасности движения элементы ТС: колеса, подвеска, системы подушек безопасности, рулевое управление или тормозная система, а также если были изменены системы и конструктивные элементы безопасности ТС, в т. ч. экологической безопасности ТС.

22 Реализация выработки согласованной позиции с уполномоченными госорганами по исключению проведения гостехосмотра субъектом хозяйствования, осуществляющим коммерческие перевозки грузов и (или) пассажиров в целях обеспечения требуемого уровня беспристрастности и объективности, исключения конфликта интересов и предупреждения фактов коррупционных проявлений при проведении гостехосмотра ТС. Тем самым предполагается предусмотреть законодательное ограничение для субъектов хозяйствования, имеющих диагностические станции, на выполнение иной коммерческой деятельности (перевозки грузов и (или) пассажиров, ремонт и техническое обслуживание автомобилей, продажа запчастей и т. д.) за исключением прямой функции – проверки состояния ТС и недопущения участия в дорожном движении ТС, представляющих угрозу безопасности дорожного движения.

23 Участие в выработке согласованной позиции с уполномоченными госорганами по созданию и внедрению в Республике Беларусь системы «экомаркировки» вновь регистрируемых и эксплуатируемых автотранспортных средств с организацией специальных процедур технической проверки соответствия фактического состояния ТС «экомаркировке» силами и средствами УП «Белтехосмотр» и диагностических станций в ходе проведения государственного технического осмотра ТС.

24 Участие в выработке согласованной позиции с уполномоченными госорганами по созданию в Республике Беларусь системы выборочного придорожного технического контроля коммерческого транспорта на диагностических станциях, что будет способствовать принятию мер, направленных на гармонизацию национального законодательства Республики Беларусь в сфере государственного технического осмотра ТС с Директивами стран Евросоюза (Директива 2014/47/EU и Директива 2014/45/EU), а также достижению целей нулевой смертности на автомобильных дорогах.

25 Реорганизация и совершенствование системы профессиональной подготовки и повышения квалификации специалистов в сфере технического диагностирования ТС и их допуска к участию в дорожном движении.

Концепция предусматривает реализацию ряда иных мероприятий и инициатив, включая выработку согласованных позиций с причастными ведомствами и организациями по вопросам финансового обеспечения, реализуемых в рамках Концепции инициатив и мероприятий из средств источников, определенных законодательством.

Заключение и выводы. Реализация ключевых инициатив и приоритетных мероприятий, предусмотренных Концепцией, направлена на получение следующих основных результатов:

– обеспечение устойчивого развития института государственного технического осмотра ТС в Республике Беларусь до 2025 года на основе совершенствования национального законодательства и его гармонизации и унификации с международными требованиями и практиками, развития сети и модернизации диагностических станций, совершенствования и упрощения реализуемых административных процедур, повышения качества оказываемых услуг в сфере периодических технических осмотров ТС и роста кадрового потенциала и профессиональных компетенций задействованного персонала;

– снижение физической и имущественной угрозы, проявляющейся в совершении ДТП по причине технической неисправности ТС, приводящих к гибели и травматизму людей, повреждению ТС, грузов, дорожных сооружений, иного имущества;

– снижение экологической угрозы, проявляющейся в загрязнении механическими ТС окружающей среды, повышенном шуме и других факторах, приносящих вред здоровью людей, государству и обществу.

Концепцией предусмотрено, что мероприятия реализуются Министерством транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, УП «Белтехосмотр» и иными субъектами хозяйствования, осуществляющих деятельность в сфере гостехосмотра ТС, научно-исследовательскими и образовательными учреждениями, занятыми в сфере прикладных научных исследований и подготовки специалистов в области технического диагностирования ТС и их допуска к участию в дорожном движении.

Концепция предполагает консолидацию усилий причастных ведомств и организаций и поэтапную реализацию запланированного комплекса мероприятий в период с 2021 по 2025 годы. Возможна корректировка плановых мероприятий с учетом принимаемых изменений в национальном законодательстве, регулирующем сферу гостехосмотра ТС и сертификацию услуг.

Результаты НИР способствуют совершенствованию нормативно-правовой и нормативно-технической базы Республики Беларусь в сфере гостехосмотра ТС, созданию эффективных производственных условий для проведения технического осмотра ТС, обеспечивающих повышение эффективности производственной деятельности.

Получено 21.01.2021

S. N. Karasevich, S. A. Azemsha, S. L. Lapski. Conceptual proposals for Belarussian vehicles inspection development.

The results of research work "Concept for the development of vehicles inspection", carried out at the Department of Automobile Transportation and Traffic Management of the Belarussian State University of Transport, the Ministry of Transport and Communications of the Republic of Belarus on the basis of an agreement with the republican unitary service enterprise "Beltekhosmotr" Ministry of Transport and Communications of the Republic of Belarus. The main provisions of the developed draft concept for the development of vehicles inspection for 2021–2025, as well as comments and some justifications are given. The area of application of the results of research works are: the system of state technical inspection of vehicles; road safety management; public administration in the field of road transport; system of compulsory civil liability insurance of vehicle owners.

Разработка концептуальных предложений, касающихся совершенствования законодательного и нормативного правового регулирования в сфере проведения государственного технического осмотра ТС, реализована на основе унификации и гармонизации с международным законодательством и взаимной увязки с нормативными правовыми актами, техническими нормативными правовыми актами Республики Беларусь.

Предложенные изменения в национальное законодательство, регламентирующее технический осмотр ТС, соответствуют современным тенденциям движения Республики Беларусь к международному взаимодействию на межгосударственном уровне с учетом тенденций интеграции и глобализации в мире.

Результаты проведенных исследований позволяют определить Министерству транспорта и коммуникаций Республики Беларусь и УП «Белтехосмотр» дальнейшие стратегически перспективные направления и мероприятия по развитию системы государственного технического осмотра ТС в Республике Беларусь на 2021–2025 годы.

Список литературы

1 Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа : 05.09.2020.

2 Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2019 году : аналитический сб. / МВД РБ. – Минск : Полиграфический Центр МВД Республики Беларусь, 2020. – 90 с.

3 Закон Республики Беларусь от 5 января 2008 г. № 313-З «О дорожном движении» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://kodeksy-by.com/zakon_rb_o_dorozhnom_dvizhenii.htm. – Дата доступа : 06.09.2020.

4 Стратегия развития системы государственного технического осмотра в Республике Беларусь на 2016–2020 годы, утвержденная заместителем министра транспорта Республики Беларусь А. А. Шишко.

5 Устав УП «Белтехосмотр» : утв. приказом М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь 10.08.2015 года № 260-Ц; с изм.

6 Положение о порядке проведения государственного технического осмотра транспортных средств и их допуска к участию в дорожном движении : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 30 апреля 2008 г. № 630 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C20800630>. – Дата доступа : 05.09.2020.

7 Постановление Совета Министров Республики Беларусь 17 февраля 2012 г. № 156 «Об утверждении единого перечня административных процедур, осуществляемых государственными органами и иными организациями в отношении юридических лиц и индивидуальных предпринимателей» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21200156>. – Дата доступа : 05.09.2020.

УДК 656.3.078

С. Н. КАРАСЕВИЧ, кандидат технических наук, С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, С. Л. ЛАПСКИЙ, магистр технических наук, Т. В. ГРИЩЕНКО, магистр техники и технологии, О. О. ЯСИНСКАЯ, магистр техники и технологии, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОСМОТРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Дана оценка современному состоянию системы государственного технического осмотра транспортных средств в Республике Беларусь. Приведены результаты анализа уровня автомобилизации населения, дорожно-транспортной аварийности, в том числе по причине технической неисправности автотранспортных средств и практики нормативно-правового регулирования периодических технических осмотров транспортных средств. Рассмотрены возможные пути совершенствования нормативно-правового регулирования системы периодических технических осмотров транспортных средств в Республике Беларусь.

Введение. Институт государственного технического осмотра (ГТО) транспортных средств (ТС), подлежащих государственной регистрации и государственному учету, по-прежнему сохраняет свою актуальность для достижения целей обеспечения безопасности дорожного движения (БДД) и охраны окружающей среды [1].

К настоящему времени в Республике Беларусь создана основа нормативного правового регулирования ГТО ТС и функционирует достаточно устоявшаяся система оказания услуг в сфере технического диагностирования ТС и их допуска к участию в дорожном движении. ГТО является обязательным для ТС, самоходных машин, подлежащих государственной регистрации и государственному учету в Беларуси.

Современное состояние автомобильного транспорта в Республике Беларусь характеризуется высокими темпами роста уровня автомобилизации. В период с 2010 по 2019 год автопарк страны увеличился с 3,6 млн ед. до 4,38 млн ед. Ежегодный прирост количества автотранспортных средств в среднем составил 2,23 %. Почти 90 % автомобилей зарегистрированы на личных владельцев и основной прирост показателя происходит за счёт увеличения числа легковых автомобилей, находящихся в собственности граждан.

Статистика дорожно-транспортной аварийности и тяжести ее последствий позволяет говорить об эффективности мер, принимаемых государством в сфере контроля технического состояния ТС. Однако прогнозы на перспективу, подтверждающие ожидаемый неуклонный рост автопарка в стране, бурное развитие автомобилестроения и современных информационных систем требуют принятия адекватных мер и усилий, направленных на совершенствование системы ГТО ТС.

Постановка задачи. Основой для оценки уровня автомобилизации, степени обеспеченности БДД в Республике Беларусь, в том числе аварийности по причине технической неисправности ТС, послужили статистические данные Национального статистического комитета Республики Беларусь и Информационно-аналитического центра МВД РБ [2, 3].

Данные по ДТП с пострадавшими и тяжести их последствий в республике за последние 11 лет (с 2009 по 2019 год) свидетельствуют о снижении смертности на дорогах. При этом доля ДТП с пострадавшими из-за

технических неисправностей ТС в Беларуси ежегодно составляет не более 1 % (таблица 1).

Таблица 1 – Доля ДТП по причине технической неисправности ТС

Год	Всего ДТП	ДТП по причине технической неисправности ТС	
		количество	доля, %
2010	6363	43	0,68
2011	5897	36	0,61
2012	5187	20	0,39
2013	4730	24	0,51
2014	4550	15	0,33
2015	4151	21	0,51
2016	3654	17	0,47
2017	3418	23	0,67
2018	3399	26	0,76
2019	3567	21	0,59

Проанализирована статистика ДТП и тяжести их последствий по причине технических неисправностей ТС в Республике Беларусь за период с 2010 по 2019 год и установлено, что в среднем ежегодно по стране происходит 25 ДТП с пострадавшими по причине технической неисправности ТС. Неисправности тормозной системы, разрыв шин и недопустимый износ протектора являются наиболее распространенными причинами всех ДТП с пострадавшими, зарегистрированных по причине технической неисправности ТС (более 70 % всех таких ДТП).

Результаты расчетов сложившейся тенденции исследуемых показателей аварийности показали, что снижение уровня аварийности, численности погибших, транспортного риска наблюдается на фоне растущего в стране автомобильного парка. Благодаря принимаемым мерам отмечается положительная тенденция к снижению аварийности по причине технической неисправности ТС.

Между тем, к сожалению, в официальный государственный статистический учет попадают только данные об ДТП с пострадавшими (т. н. «учетные» ДТП), в которых физически причинен ущерб жизни и здоровью

людям. Поскольку причины и факторы, обуславливающие учетные и неучетные ДТП однородны, для повышения объективности представляется важным включать в анализ дорожно-транспортной аварийности и неучетные происшествия (ДТП с материальным ущербом).

На перспективы развития системы ГТО ТС оказывают влияние ключевые глобальные тренды, сложившиеся в мировой автомобильной отрасли, в сфере организации дорожного движения, цифровизации услуг, сервисов и документооборота: электрификация ТС (гибридные автомобили и электромобили), повышение экологичности ТС (экологические стандарты, разработка системы экоклассов, внедрение «экомаркировки», ограничение въезда в экологические зоны согласно экоклассу), повышение автономности ТС (автомобили с высокой степенью автоматизации управления), внедрение сетевых (телекоммуникационных) технологий в транспортных системах (подключенные автомобили), внедрение электронных паспортов ТС, создание электронных баз данных и многие другие.

Одновременно с этим требуют своего решения насущные вопросы, касающиеся совершенствования порядка проведения периодических технических осмотров ТС, упрощения административных процедур и поэтапного перевода таких процедур и документооборота в цифровое поле, развития организационной структуры и производственного звена УП «Белтехосмотр», а также реорганизация и совершенствование системы подготовки и повышения квалификации персонала, занятого в сфере технического диагностирования ТС и их допуска к участию в дорожном движении.

Перспективное развитие института ГТО ТС в стране требует применения комплексного подхода и постоянного совершенствования правовых, нормативных, организационных, инфраструктурных и иных условий на основе актуализации нормативной правовой базы, внедрения новых моделей, подходов, технологий и успешных мировых практик.

Особую актуальность имеет имплементация международных правовых норм и правил в национальное законодательство, гармонизация и унификация требований технических нормативных правовых актов с международной практикой. Востребован переход национальной системы ГТО ТС к применению технического регламента Евразийского экономического союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств». Следует ориентироваться на положительный зарубежный опыт, в частности Директивы Евросоюза (2014/45/EU, 2014/47/EU), обновленное российское право, содержащее в себе большое количество предписаний, с помощью которых нормативные правовые акты обеспечивают создание современной и эффективной системы ГТО ТС.

Таким образом, функционирование системы ГТО ТС сталкивается с рядом проблем правового, организационного и технического характера, которые приводят к снижению эффективности деятельности в сфере технического диагностирования ТС и их допуска к участию в дорожном движении. На решение данного спектра насущных проблем и направлено настоящее исследование.

Основная часть. В Республике Беларусь законодательно закреплены требования в сфере государственного технического осмотра транспортных средств (ГТО ТС) как по выполнению международных обязательств (Указ Президента Республики Беларусь от 21.04.2004 г. № 24 «О присоединении Республики Беларусь к Соглашению о принятии единообразных условий для периодических технических осмотров колесных ТС и взаимном признании таких осмотров», постановление Кабинета Министров Республики Беларусь от 31.03.1995 г. «О присоединении к Европейской конференции министров транспорта»), так и в национальном законодательстве (указах Президента Республики Беларусь, законах Республики Беларусь и постановлениях Совмина Республики Беларусь и Министерства транспорта и коммуникаций).

Отношения в сфере технического осмотра в нашей стране регулируются международными соглашениями и договорами Республики Беларусь, Указом Президента Республики Беларусь от 28.11.2005 г. № 551 «О мерах по повышению безопасности дорожного движения», Указом Президента Республики Беларусь от 30.12.2019 г. № 492 «Об изменении указов Президента Республики Беларусь», Законом Республики Беларусь № 313-3 «О дорожном движении», Положением о порядке проведения ГТО ТС и их допуска к участию в дорожном движении, утвержденным постановлением СМ РБ от 30.04.2008 г. № 630, а также принимаемыми в соответствии с ними иными НПА и ТНПА РБ.

Последние существенные изменения и дополнения в базовые НПА РБ внесены более 10 лет назад и не удовлетворяют современным потребностям системы ГТО (Закон Республики Беларусь от 5 января 2008 года «О дорожном движении», Положение о порядке проведения ГТО ТС и их допуска к участию в дорожном движении, утвержденное постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30 апреля 2008 г. № 630).

В соответствии с действующим законодательством Республики Беларусь техническое состояние и конструкция ТС, самоходных машин, а также принадлежностей к ним и запасных частей, включая их экологическую безопасность, должны отвечать требованиям ТНПА. На основании положений закона Республики Беларусь проведение ГТО является обязательным для ТС, самоходных машин, подлежащих госрегистрации и госучету.

Ответственность за нарушение правил эксплуатации ТС, в том числе за управление ТС с техническими неисправностями и ТС, в отношении которого не выдано разрешение на допуск к участию в дорожном движении, предусмотрена Кодексом Республики Беларусь об административных правонарушениях от 21.04.2003 г. № 194-3.

Государственное регулирование и управление в области дорожного движения в Беларуси согласно ст. 7 Закона № 313-3 от 05.01.2008 года «О дорожном движении» включает в себя определение порядка проведения ГТО ТС, самоходных машин и их допуска к участию в дорожном движении, который в настоящее время установлен Постановлением СМ Республики Бела-

рუსь от 30.04.2008 года № 630 с принятыми изменениями и дополнениями.

Для комплексного решения задач в сфере ГТО Министерством транспорта и коммуникаций Республики Беларусь Приказом от 09.06.2003 г. № 208-Ц создано республиканское унитарное сервисное предприятие «Белтехосмотр» (УП «Белтехосмотр»). Уполномоченной организацией по выдаче разрешения на допуск ТС (за исключением колесных тракторов, прицепов, полуприцепов к ним) к участию в дорожном движении является УП «Белтехосмотр».

Уставные цели УП «Белтехосмотр» предусматривают реализацию в соответствии с законодательством Республики Беларусь и предоставленными полномочиями комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на установление надлежащих условий для обеспечения БДД, в части развития и совершенствования системы диагностирования технического состояния ТС, в том числе проведения ГТО ТС, подлежащих государственной регистрации и государственному учету (за исключением колесных тракторов и прицепов к ним), удовлетворения потребности физических и юридических лиц в услугах по проведению ГТО, а также хозяйственная деятельность, направленная на получение прибыли.

Функция осуществления административной процедуры по выдаче разрешения на допуск ТС (за исключением колесных тракторов, прицепов, полуприцепов к ним) к участию в дорожном движении НПА возложена на УП «Белтехосмотр». Разрешение на допуск ТС к участию в дорожном движении выдается работником УП «Белтехосмотр» по месту проведения ГТО ТС.

Административные процедуры, реализуемые УП «Белтехосмотр» в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.04.2008 г. № 630:

- выдача разрешения на допуск ТС к участию в дорожном движении (за исключением колесных тракторов и прицепов к ним);
- подтверждение соответствия ТС требованиям технических норм ЕКМТ;
- выдача международного сертификата технического осмотра ТС (МСТО);
- выдача (продление срока действия) свидетельства о допуске ТС к перевозке опасных грузов;
- выдача сертификата соответствия и его дубликата, внесение изменений и (или) дополнений в сертификат соответствия, выдача решения о прекращении действия сертификата соответствия по инициативе владельца сертификата соответствия осуществляется организациями, аккредитованными органами сертификации.

Основным направлением деятельности УП «Белтехосмотр» и источником дохода является осуществление административной процедуры по выдаче разрешений на допуск ТС к участию в дорожном движении (удельный вес в общем объеме услуг около 65 %). Проведение ГТО на собственных ДС составляет 10 % рынка услуг.

В 2019 году на диагностических станциях осуществлено 1 291 537 проверок ТС. Диагностическими станциями УП «Белтехосмотр» оформлено и выдано 146 028

диагностических карт ТС. Количество разрешений на допуск ТС к участию в дорожном движении за 2019 год составило 1,15 млн (в 2013 году – 1,86 млн). На рисунке 1 показана динамика изменения количества выданных разрешений на допуск ТС к участию в дорожном движении в 2013–2019 годах.

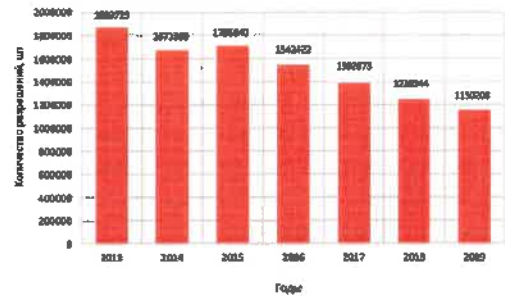


Рисунок 1 – Динамика изменения количества выданных разрешений на допуск ТС к участию в дорожном движении

Снижение анализируемого показателя, представленного на рисунке 1, объясняется дополнительной финансовой нагрузкой на автовладельцев в виде государственной пошлины (дорожного сбора), которая с 2014 года НПА РБ привязана к техническому осмотру ТС. Процентное соотношение количества выданных разрешений к общему количеству ТС, зарегистрированных в Республике Беларусь за период с 2006 по 2019 год, показано на рисунке 2.

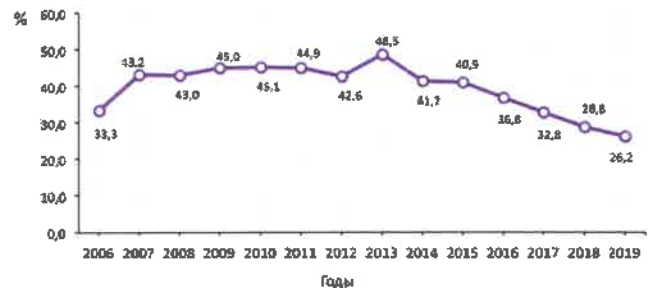


Рисунок 2 – Динамика изменения процентного соотношения количества выданных разрешений к общему количеству зарегистрированных ТС в 2006–2019 годах

Анализ графика на рисунке 2 свидетельствует о том, что с 2014 года наблюдается тенденция к снижению количества ТС, предоставляемых автовладельцами на ГТО. Это объясняется в значительной степени привязкой дорожного сбора к процедуре прохождения ГТО ТС и несовершенством в масштабах государства системы контроля участия в дорожном движении ТС, в отношении которых не выдано разрешение на допуск ТС к участию в дорожном движении. Размер платы дорожного сбора многократно превышает размер платы по штрафным санкциям за управление ТС, в отношении которого не выдано разрешение на допуск к участию в дорожном движении. В этих условиях многие автовладельцы уклоняются от прохождения ГТО, что оказывает негативное влияние на обеспечение БДД, снижает собираемость доходов в формируемый государством дорожный фонд и ухудшает показатели работы ДС.

В Республике Беларусь создана достаточно развитая сеть диагностических станций (ДС) для прохождения

что в Германии, РФ и ряде других стран транспортный налог уплачивается собственником ТС самостоятельно, что обеспечивает удовлетворительные показатели собираемости налога и одновременно с этим стимулирует автовладельцев снимать с государственного учета неиспользуемые ТС. В ряде стран Евросоюза увязывают транспортный налог с вредными выбросами CO₂.

Административная процедура выдачи международного сертификата технического осмотра (МСТО) усложнена из-за того, что проверка ТС проходит на ДС, которые выдают диагностическую карту, и только на ее основании УП «Белтехосмотр» выдает сертификат. С учетом этих обстоятельств целесообразен переход на более простой порядок получения МСТО. Существует возможность усовершенствовать подходы по выдаче МСТО в Республике Беларусь, а именно в качестве альтернативы МСТО использовать диагностическую карту ТС. Такой подход реализован в Российской Федерации. Кроме того, следует отметить, что без проведения технического осмотра и «свежей» диагностической карты в РФ страховые полисы ОСАГО не оформляются.

Для Беларуси актуальна разработка НПА и ТНПА, устанавливающих дополнительные требования к проведению ГТО ТС, обеспечивающих повышение объективности и беспристрастности технического осмотра ТС, обеспечения возможности поэтапного перехода к электронному документообороту и совершению административных процедур в сфере ГТО. Востребованы мероприятия, направленные на цифровизацию предоставляемых услуг в сфере ГТО ТС. Перевод услуг в электронный формат, проактивный формат их предоставления, цифровизация – тренды, по которым идет развитие во всем мире.

Например, выдача свидетельства о допуске ТС к перевозке опасных грузов, продление срока действия ранее выданного свидетельства о допуске ТС к перевозке опасных грузов реализуется в России как государственная услуга, доступная через портал госуслуг (URL: <https://www.gosuslugi.ru>). Предоставление государственной услуги регулируется Приказом МВД России от 10 сентября 2019 г. № 611 «Об утверждении Административного регламента МВД РФ по предоставлению государственной услуги по выдаче свидетельства о допуске ТС к перевозке ОГ», определяющим сроки, порядок и последовательность выполнения административных процедур (действий) должностными лицами подразделений ГИБДД МВД РФ, на которые возложены функции по предоставлению данных государственных услуг. Данный административный регламент устанавливает стандарт качества предоставления государственной услуги.

В частности, для Республики Беларусь в качестве пилотной сферы актуален и возможен переход к осуществлению административной процедуры по выдаче разрешения на допуск ТС к участию в дорожном движении в электронном виде, формированию диагностической карты ТС в электронном виде.

Целевая модель осуществления административной процедуры по выдаче разрешения на допуск ТС (за исключением колесных тракторов, прицепов, полуприцепов к ним) к участию в дорожном движении в электронной форме через единый портал электронных услуг и использование электронного формата диагностиче-

ской карты и разрешения на допуск ТС к участию в дорожном движении предполагает достичь следующие главные принципы: *доступность, простота, удобство, быстрота*. Предложенное решение ориентировано на повышение уровня удовлетворенности автовладельцев результатами взаимодействия с УП «Белтехосмотр» и диагностическими станциями при получении услуг, сокращение документооборота на бумажных носителях и сопутствующих расходов.

Вполне оправданным является внедрение подхода, реализуемого и законодательно закрепленного в РФ по переводу диагностической карты ТС в электронный вид. В соответствии с принятыми изменениями в законодательстве РФ по результатам технического осмотра ТС оператор оформляет в ЕАИСТО в электронном виде по установленной Минтрансом России форме диагностическую карту, содержащую заключение о соответствии или несоответствии ТС обязательным требованиям безопасности ТС (подтверждающую или не подтверждающую допуск ТС к участию в дорожном движении), которая подписывается усиленной квалифицированной электронной подписью технического эксперта, проводившего техническое диагностирование ТС.

В рамках перехода к электронным административным процедурам предлагается усилить роль АИС «Белтехосмотр», а именно обязать ДС в обязательном порядке работать через АИС «Белтехосмотр» для обеспечения обмена данными в режиме онлайн. Данный подход может быть реализован путем внесения изменений и дополнений в постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 24.08.2009 года № 73 (в ред. постановления Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь 16.01.2018 года № 1).

Кроме того, создание и эксплуатация АИС «Обязательное страхование гражданской ответственности владельцев ТС» Белорусским бюро по транспортному страхованию, в том числе наличие сервиса проверки наличия действующего договора обязательного страхования гражданской ответственности владельцев ТС создает предпосылки для организации в ходе ГТО ТС контроля документа, подтверждающего наличие заключения договора обязательного страхования гражданской ответственности владельца ТС в электронном формате.

Представляется вполне оправданным реализовать законодательное решение по привязке процедуры предоставления ГТО к процедуре страхования ТС (обязательному страхованию гражданской ответственности владельцев ТС за вред, причиненный юридическим и физическим лицам при использовании этих средств в дорожном движении на территории Республики Беларусь), что реализовано в Российской Федерации.

Отсутствие возможности приобретения автовладельцем страхового полиса без подтверждения прохождения технического осмотра ТС создаст дополнительные условия, способствующие своевременному предоставлению ТС на обязательный технический осмотр за счет существенного увеличения размера материальной ответственности автовладельцев. Кроме того, в условиях перехода с бумажного на электронный вид разрешения на допуск ТС к участию в дорожном движении, будет актуальным условие оформления пограничного страхования и договора страхования «Зеленая карта»

только в случае наличия подтверждения о прохождении обязательного технического осмотра ТС. Соблюдение данной нормы будет являться гарантией прохождения ГТО ТС для контролирующих органов зарубежных стран.

Страховые полисы ОСАГО и КАСКО выдаются в РФ в электронном виде. Электронный полис ОСАГО специально ввели, чтобы водители экономили время и ежегодно оформляли его в режиме онлайн без посещения страховой компании.

В Республике Беларусь сегодня аналогично уже можно оформить онлайн договор обязательного страхования гражданской ответственности владельцев ТС. Заключить договор страхования можно с любого гаджета, имеющего выход в интернет путем простых процедур.

Со временем в электронный формат перейдут все документы, предоставляемые сегодня автовладельцами для получения разрешения на допуск ТС (за исключением колесных тракторов, прицепов, полуприцепов к ним) к участию в дорожном движении.

На территории государств – членов ЕАЭС вступило в силу Соглашение о введении единых форм паспортов ТС (паспортов шасси ТС), самоходных машин и других видов техники и организации систем электронных паспортов. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24 апреля 2020 г. № 254 УП «Белтехосмотр» определено уполномоченной организацией по оформлению электронных паспортов ТС на ранее зарегистрированные на территории Республики Беларусь ТС. С учетом данных обстоятельств актуальна реализация данных мероприятий, в том числе организация контроля электронного паспорта ТС (электронных паспортов шасси ТС) в электронном формате, посредством использования АИС, созданной оператором системы электронных паспортов ТС (электронных паспортов шасси ТС).

В РФ и некоторых других странах уже много лет ведется работа по переходу на использование электронных водительских прав на основе сформированной электронной базы данных. Логично исходить из того, что аналогичные мероприятия будут реализованы в обозримой перспективе и в Беларуси.

Одновременно с этим целесообразно законодательно предусмотреть предоставление права страховой организации на предъявление регрессионных требований к лицу, ответственному за причинение вреда в ДТП, в случае участия в дорожном движении ТС, не имеющего разрешения на его допуск к участию в дорожном движении. Установление регрессионных требований к владельцу (собственнику) ТС, не соблюдающему обязанности по подтверждению исправности используемого ТС как виновному лицу в случае ДТП соотносится также с положениями по определению страховых рисков, ст. 933, 941 и 948 Гражданского кодекса и призвано установить дополнительный стимул для автовладельцев к соблюдению своевременного прохождения ГТО в установленном порядке.

Востребована унификация и гармонизация нормативного правового регулирования Республики Беларусь в сфере проведения ГТО ТС с международными НПА.

Для обеспечения единства обязательных требований в сфере безопасности колесных ТС, находящихся в эксплуатации, с требованиями Таможенного союза, ЕАЭС

востребован переход системы ГТО РБ на применение технического регламента ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств», что приблизит сферу ГТО к положениям международных документов, касающихся безопасности колесных ТС и сформирует предпосылки для создания новой редакции технологической инструкции.

Развитию системы ГТО Республики Беларусь и ее гармонизации с международным законодательством будет способствовать «имплементация» положений Директивы 2014/45/EU, касающихся системы надзора за диагностическими станциями и инженерами по техническому осмотру ТС, периодичности технических осмотров новых ТС отдельных категорий, в национальное законодательство Республики Беларусь. Стоит отметить применяемую формулу периодичности технического осмотра ТС в процессе его эксплуатации за рубежом (страны ЕС [4], Россия), которая в отличие от используемой формулы периодичности ГТО ТС в Республике Беларусь предусматривает первый технический осмотр ТС категорий M1 и N1 не ранее 3–4 лет.

Наряду с этим видна целесообразность использования положений Директивы 2014/47/EU в правовой системе Республики Беларусь, регламентирующих организацию выборочных придорожных технических проверок коммерческих ТС на диагностических станциях. Поскольку в Республике Беларусь система придорожных технических проверок коммерческих ТС отсутствует, выборочный технический контроль таких ТС не осуществляется.

Периодические технические инспекции как принудительная мера для поддержания пригодности ТС к дорожному движению в странах Евросоюза является законодательно установленной надзорной функцией государств, которая выполняется и самими государственными организациями (довольно редко), и привлекаемыми негосударственными специализированными инспекционными организациями (наиболее распространено).

Беларуси следует ориентироваться на положительный зарубежный опыт. Так, Директивы ЕС 2014/45/EU и Директивы ЕС 2014/47/EU, российское право в сфере технических осмотров ТС содержат в себе большое количество предписаний, с помощью которых НПА обеспечивают более эффективную правовую основу для ГТО ТС.

В Республике Беларусь видна целесообразность создания более действенной системы государственного контроля, аудита и мониторинга за деятельностью ДС с надежными элементами контроля работы инженерного персонала станций. Основными требованиями к формируемой системе надзора за ДС являются: организация системы регулярного мониторинга и аудита работы ДС; проведение периодических внеплановых проверок, скрытых контрольных закупок («тайный покупатель»); профессиональная компетентность, беспристрастность, стандарты квалификации и обучение органов контроля.

Установленный НПА Беларуси порядок ГТО ТС предусматривает, что технический осмотр проводится независимо от места их государственной регистрации на ДС, имеющих разрешение на проведение ГТО ТС, которое выдается Министерством транспорта и коммуникаций, и соответствующих требованиям к ДС, установленным указанным Министерством по согласова-

нию с ГАИ МВД и Государственным комитетом по стандартизации. С учетом этих правовых норм в Беларуси действует разрешительная система организации функционирования ДС, занятых в сфере ГТО ТС.

Постановлением СМ РБ от 05.09.2019 года № 597 утверждено действующее Положение о порядке выдачи разрешений на проведение диагностическими станциями ГТО ТС, которое распространяется на юридических лиц, осуществляющих эксплуатацию ДС и определяет порядок выдачи разрешений на проведение ДС ГТО ТС, продления срока действия разрешений, внесения в них изменений и их аннулирования. При этом стоит отметить, что действующая разрешительная система функционирования ДС, занятых в сфере ГТО ТС, характеризуется относительно слабым контролем, при котором, во-первых, на протяжении длительного срока действия разрешения (почти 5 лет) не реализуются функции надзора. Во-вторых, периодический и специальный (в случае выявления несоответствий) аудит, мониторинг, внеплановые выездные проверки деятельности ДС и инженерного персонала и другие профилактические мероприятия не осуществляются.

Между тем представляется важным предусмотреть вышеуказанные надзорные функции уполномоченными компетентными органами, а также чтобы контроль за соблюдением правильности техпроцесса ГТО мог осуществляться уполномоченной надзорной организацией путем контрольного осмотра ТС непосредственно после прохождения ГТО с правом корректировки его результатов. При этом следует предусмотреть, что ТС может быть перепроверено уполномоченной организацией как на ДС путем просмотра видеозаписей в режиме удаленного доступа, либо уполномоченными должностными лицами иных организаций непосредственно возле (на) станции, так и на автодорогах общего пользования.

Уполномоченные инспекционные инстанции надзора в системе контроля за деятельностью диагностических станций в Республике Беларусь должны иметь адекватные возможности выявлять нарушения в деятельности ДС, что в настоящее время затруднительно из-за существующих пробелов в законодательной базе.

При действующей разрешительной системе функционирования ДС, занятых в сфере ГТО ТС, факты производства работ с применением неисправных или не прошедших в установленном порядке метрологический контроль средств измерений и диагностического оборудования, а также нарушений технологического процесса при проведении ГТО, создающих угрозу БДД и экологической безопасности и т. д. могут быть выявлены разрешительным органом исключительно в ходе по сути планового обследования ДС, осуществляемого по предварительной заявке инспектируемого юридического лица на договорной основе.

В странах ЕС система надзора в сфере обязательных технических осмотров ТС в странах ЕС включает надзор за станциями технического контроля и инженерным персоналом, их мониторинг и аудит уполномоченными контролирующими организациями (Директива 2014/45/EU). Так, правила и процедуры, касающиеся надзорных органов, учреждаемых государствами – членами ЕС, включают:

– *надзор за испытательными центрами* (станциями технического контроля), включая проверку минимальных требований к помещениям и оборудованию, принимаемому при техосмотре ТС;

– *аудит станций технического контроля*, включая: предварительный аудит испытательных центров (станций технического контроля) до получения разрешения; регулярные периодические повторные проверки станций технического контроля; специальный аудит в случае несоответствий; аудит обучающихся / экзаменационных центров;

– *мониторинг* с использованием таких мер, как: повторное испытание статистически достоверной доли испытанных ТС; скрытые проверки по принципу «тайного покупателя»; анализ результатов технических осмотров статистическими методами; проверка жалоб и проверка практики административных апелляций;

– *контроль обучения и сдаваемых экзаменов инженерами по техническому осмотру*, включая: проверку базового обучения (первоначальной подготовки) инженеров по техническому осмотру, проверку регулярного повышения квалификации (переподготовки) инженеров по техническому осмотру, проверку регулярного повышения квалификации (переподготовки) инспекторов органов надзора, прием и наблюдение за экзаменами;

– *валидация результатов измерений технических осмотров*, включая: предложение об отзыве, аннулированию или приостановке полномочий испытательных центров и/или инженеров на основании невыполнения станцией технического контроля или инженером по техническому осмотру существенных требований к полномочию, установления существенных нарушений, продолжительных негативных результатов проведенных аудитов, утраты надежной репутации станции технического контроля или инженера по техническому осмотру.

В рамках развития системы ГТО в Республике Беларусь актуальна «имплементация» вышеизложенных положений Директивы 2014/45/EU, касающихся системы надзора за диагностическими станциями, в национальное законодательство Беларуси. В порядке усиления контроля возможен переход от разрешительной системы организации функционирования ДС, осуществляющих проведение ГТО ТС, к институту аккредитации или сертификации ДС. Так, в особенности переход к институту аккредитации имеет следующие преимущества:

– обеспечение компетентности субъектов хозяйствования в выполнении контрольно-диагностических работ и, как следствие, повышение качества работ;

– создание условий для признания за рубежом результатов, выполненных аккредитованным субъектом хозяйствования работ;

– обеспечение периодической оценки компетентности аккредитованных субъектов хозяйствования и мониторинга деятельности диагностических станций со стороны органа по аккредитации;

– сокращение административной процедуры, осуществляемой государственным органом.

Однако действующим Законом Республики Беларусь от 24.10.2016 г. № 437-З «Об оценке соответствия техническим требованиям и аккредитации органов по оценке соответствия» установлена обязательная аккредитация только в отношении юридических лиц, выполняющих работы по сертификации, декларированию соответствия и испытаниям для данных форм подтверждения соответствия, к которым ДС не относятся. В связи с этим компетентные организации (в особенности УП «Белтехосмотр») могут пройти аккредитацию в качестве органа по сертификации услуг в сфере ГТО ТС и обеспечить сертификацию ДС. Таким образом, возможна организация деятельности ДС, прошедших подтвер-

ждение в Национальной системе подтверждения соответствия Республики Беларусь.

Данными изменениями порядка организации функционирования станций можно общесистемно и принципиально поменять качество ГТО ТС. Путем сертификации ДС может быть обеспечен периодический аудит и верификация оказываемых услуг в сфере ГТО, применены ежегодные контрольные проверки диагностических станций и тем самым усилен институт государственного надзора в сфере ГТО ТС. При существующей разрешительной системе деятельности ДС, занятых в сфере ГТО ТС, такой инструмент управления качеством оказываемых услуг отсутствует.

Стремительное развитие конструктивного исполнения и технического оснащения современных ТС аналогично требует изменения и актуализацию ТНПА и НПА Республики Беларусь. На среднесрочные и долгосрочные перспективы развития системы ГТО ТС непосредственное влияние оказывают ключевые глобальные тренды, сложившиеся сегодня в мировой автомобильной отрасли (автомобилестроении) и в организации дорожного движения, в частности: электрификация ТС и повышение экологичности ТС (экологические стандарты, разработка системы экоклассов ТС, внедрение системы «эко-маркировки» ТС, ограничение въезда в экологические зоны согласно экоклассу ТС).

С учетом мировых тенденций для Беларуси актуально внедрение системы обязательной «экомаркировки» ТС с организацией специальных процедур технической проверки соответствия фактического состояния ТС «экомаркировке» силами и средствами УП «Белтехосмотр» и ДС в ходе проведения ГТО ТС.

Изменение характеристик ТС в процессе эксплуатации приводит к изменению его экологического класса и класса энергоэффективности, что должно выявляться при периодическом техническом осмотре ТС. Периодический технический осмотр как принудительная мера для поддержания пригодности ТС к дорожному движению сегодня является единственным инструментом поддержания технического состояния ТС в рамках требований ТНПА.

К настоящему времени в Беларуси имеются определенные предпосылки для внедрения системы «экомаркировки» ТС. В 2009 году Министерством транспорта и коммуникаций Республики Беларусь разработана Концепция введения экологической классификации механических ТС и нормативно определен экологический класс механических ТС – классификационный код, характеризующий механическое ТС в зависимости от количественного и качественного состава выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в соответствии с государственным стандартом РБ СТБ 1848–2009 «Транспорт дорожный. Экологические классы», утвержденным постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 13.03.2009 г. № 14 «Об утверждении, введении в действие, изменении и отмене ТНПА в области технического нормирования и стандартизации и общегосударственного классификатора РБ».

Получено 21.01.2021

S. N. Karasevich, S. A. Azemsha, S. L. Lapski, T. V. Hryshchanka, V. O. Yasinskaya. The current state of vehicles inspection in Belarus assessment.

An assessment of the current state of the system of vehicles inspection in the Republic of Belarus is given. The results of the analysis of the level of motorization of the population, road transport accidents, including those due to technical malfunction of vehicles and the practice of legal regulation of vehicles inspection, are presented. Possible ways of improving the legal regulation of the system of vehicles inspection in the Republic of Belarus are considered.

Предполагалось разработать и изготовить знак, являющийся носителем информации об экологическом классе, подготовить общедоступную для пользователей базу данных по группам механических ТС при определении экологических классов, реализовать мероприятия по ограничению ввоза в страну автомобилей низких экологических классов путем дифференцирования таможенных платежей, въезда (проезда) в (через) определенные зоны (национальные парки, центр города), отдельные территории; рассмотреть варианты по установлению льгот по производству и эксплуатации экологически чистых автомобилей. Однако дальнейшего развития решение по созданию в РБ «эко-маркировки» ТС не получило.

Обязательная маркировка экологических характеристик ТС должна осуществляться в целях ее использования в различных механизмах управления экологической безопасностью ТС и транспортным спросом: введение в городах «зон низких выбросов», в которые будут допускаться только ТС определенных экологических классов; введение административных запретов на въезд в определенные территории (рекреационные зоны и др.) или участки автодорог ТС, определенных типов; введение преимуществ для ТС высоких экологических классов при парковке; дифференциация налогообложения владельцев ТС и т. д.

Заключение и выводы. Таким образом, в результате проведенных исследований намечены перспективные направления развития системы ГТО ТС в Республике Беларусь. Результаты исследований способствуют совершенствованию нормативно-правовой и нормативно-технической базы Республики Беларусь в сфере ГТО ТС, созданию эффективных условий для проведения технического осмотра ТС. Национальное законодательство Беларуси может и должно предусматривать разработку, принятие и введение в действие новых и совершенствование действующих правовых норм и механизмов правового регулирования ГТО на основе мирового опыта, успешных практик нормативно-правового регулирования системы ГТО ТС и развития современных информационных систем и технологий.

Список литературы

- 1 Концепция развития государственного технического осмотра транспортных средств: отчет о НИР (этап № 1, 2) / Белорус. гос. ун-т. трансп.; рук. НИР С. А. Аземша; отв. исп. НИР: С. Н. Карасевич [С. Л. Лапский, Т. В. Грищенко, О. О. Ясинская]. – Гомель, БелГУТ, 2020. – ГР 20201580 (Заказчик – УП «Белтехосмотр» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, договор № 13958 от 31.07.2020 г.).
- 2 Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа : <https://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа : 03.09.2020.
- 3 Сведения о состоянии о дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2019 году : аналитический сб. / МВД РБ. – Минск : Полиграфический центр МВД Республики Беларусь, 2020. – 90 с.
- 4 Европейская комиссия. Мобильность и транспорт. БДД [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/vehicles/roadworthiness-certificate_en/. – Дата доступа : 21.08.2020.

УДК 681.5

Р. Ю. РУДИН, начальник отделения ОЭАС ГАИ УВД Гомельского облисполкома

ПРАВОВОЙ СТАТУС ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ИНСПЕКЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В ходе анализа современного состояния правового регулирования, организации и использования учета ДТП подразделениями Госавтоинспекции выявлены проблемы, которые требуют особого внимания, поскольку на основании учета ДТП строится ИАД, которая позволяет разработать определенные управленческие решения для устранения негативных тенденций в сфере обеспечения безопасности дорожного движения. В рамках данной статьи разработана система, позволяющая вести учет ДТП на более современном уровне, так как современный подход к обеспечению безопасности дорожного движения требует использования современных интеллектуальных информационных технологий с привлечением географических информационных систем. С помощью данной системы можно решать следующие задачи: формировать единое информационно-аналитическое пространство показателей ситуации в сфере обеспечения БДД; осуществлять мониторинг показателей аварийности, анализ причин, фактов, времени и мест совершения ДТП, а также характеристик участников происшествий; анализировать места концентрации ДТП на дорогах.

Введение. Исследования правового статуса Госавтоинспекции обусловлены тем, что именно Госавтоинспекция является основным звеном, где непосредственно разрабатываются и принимаются административно-правовые решения, направленные на обеспечение безопасности дорожного движения.

Актуальность темы обусловлена теоретической и практической значимостью исследования вопросов, относящихся к правовому статусу подразделений Госавтоинспекции.

Информационное обеспечение Госавтоинспекции неразрывно связано с правовым статусом и является его неотъемлемой частью. Иначе говоря, по своей сути информационное обеспечение является инструментарием Госавтоинспекции, предназначенным для решения стоящих перед ней задач, через призму ее деятельности в рамках правового поля.

Решение многочисленных и разноплановых задач деятельности Госавтоинспекции в настоящее время невозможно без использования средств вычислительной техники и информационных систем (технологий).

У Госавтоинспекции имеется необходимость во внедрении новых подходов и методов к организации работы по повышению безопасности дорожного движения в рамках использования информационного обеспечения служебной деятельности подразделений Госавтоинспекции. Они, прежде всего, должны основываться на информационных системах при анализе разнородной информации, имеющей отношение к решению задач, стоящих перед Госавтоинспекцией. Важнейшую роль в этом плане играют информационные системы, предназначенные для учета дорожно-транспортных происшествий, которые выделяют их среди прочих информационных систем, используемых в деятельности Госавтоинспекции, являются одним из основных элементов процесса разработки управленческих решений в целях устранения негативных тенденций в сфере обеспечения безопасности дорожного движения.

Основная часть. Прежде чем установиться в своем современном административно-правовом статусе Госавтоинспекция прошла следующие основные исторические этапы возникновения и развития (таблица 1).

Таблица 1 – Этапы становления Госавтоинспекции

Период	Основные аспекты
С середины XVII века до 1717 г.	Обеспечение порядка в дорожном движении являлось одной из обязанностей Стрелецкого приказа и иных структур, выполнявших полицейские функции
1718–1919 гг.	Осуществление надзора в области дорожного движения являлось одной из основных обязанностей полиции (милиции)
1919–1935 гг.	Вопросы обеспечения БДД в стране решались двумя службами: милицией и органами управления автомобильным транспортом
1936–1961 гг.	Все контрольно-надзорные функции по обеспечению БДД были переданы милиции. В ее структуре стали действовать два самостоятельных подразделения – ГАИ и ОРУД
1962–1977 гг.	Происходит постепенная передача ОРУД в подразделения ГАИ, в составе которой образовывается инспекция дорожного надзора в виде строевых подразделений
1978–1990 гг.	Строевые подразделения инспекции дорожного надзора преобразованы в дорожно-патрульную службу ГАИ МВД БССР
1991–2005 гг.	Упразднено МВД СССР, в результате чего пересмотрена структура МВД БССР. Как итог, отдел ГАИ был преобразован в управление ГАИ МВД Республики Беларусь
2006–2019 гг.	Утверждена новая штатная структура управления ГАИ МОБ МВД Республики Беларусь. В состав входило три отдела: дорожно-патрульной службы; регистрационно-экзаменационной деятельности и технического надзора; научно-методического и правового обеспечения
2020 г. – настоящее время	Управления ГАИ МОБ МВД Республики Беларусь реорганизовано в главное управление ГАИ МОБ МВД Республики Беларусь, с одновременным введением трех самостоятельных управлений

Состояние правовой регламентации деятельности Госавтоинспекции по обеспечению безопасности дорожного движения на сегодня представлено на следующих уровнях (таблица 2).

Таблица 2 – Состояние правовой регламентации деятельности Госавтоинспекции

Уровень	Правовые акты
Первый (законодательные акты)	Конституция Республики Беларусь, Уголовный кодекс, Кодекс об административных правонарушениях, Закон Республики Беларусь «О дорожном движении»; Указ Президента Республики Беларусь от 28 ноября 2005 г. № 551 и др.
Второй (нормативные правовые акты)	Постановления Совета Министров Республики Беларусь (например, от 31.12.2002 № 1851 «Об утверждении Положения о Государственной автомобильной инспекции Министерства внутренних дел») и др.
Третий (локальные акты)	Постановления и приказы Министерства внутренних дел (например, приказ МВД Республики Беларусь от 01.06.2012 № 155 «О дорожно-патрульной службе Государственной автомобильной инспекции МВД Республики Беларусь») и др.

Правовым статусом Госавтоинспекции как отдельного подразделения в системе МВД Республики Беларусь следует понимать закрепленную в нормативных правовых актах совокупность целей, задач, функций и полномочий Госавтоинспекции и ее сотрудников, согласно которым Госавтоинспекция осуществляет контроль и надзор за безопасностью дорожного движения в целях охраны жизни, здоровья и имущества граждан, защиты их прав и законных интересов, интересов общества и государства, а также реализации единой государственной политики в области безопасности дорожного движения [8].

Государство в своем отношении к аварийности указало на необходимость получения объективных статистических данных для правильной оценки состояния аварийности, дорожно-транспортного травматизма на дорогах Беларуси [16].

Поскольку основная цель Госавтоинспекции – это повышение безопасности дорожного движения, сокращение уровня аварийности на дорогах, гибели и травматизма людей в дорожно-транспортных происшествиях, то важную роль в информационном обеспечении Госавтоинспекции играют информационные системы, предназначенные для учета ДТП.

В целом согласно Положению о Госавтоинспекции МВД Республики Беларусь одной из основных задач Госавтоинспекции является ведение учета и анализа дорожно-транспортных происшествий [7].

Учет ДТП осуществляется в соответствии с Инструкцией о порядке учета дорожно-транспортных происшествий, которая утверждена приказом МВД Республики Беларусь № 97, для оценки состояния аварийности, анализа причин и условий возникновения ДТП и принятия мер по их устранению.

Для обеспечения полного и объективного учета ДТП данной Инструкцией утверждена карточка учета ДТП и порядок ее заполнения. Заполненная карточка в установленном порядке помещается в базу данных, которая формируется с помощью программного продукта «Paradox».

Соответственно государственная отчетность о ДТП проводится на основании карточек учета ДТП. Но несовершенство этих карт вызывает нарушение общегосударственного учета и анализа дорожно-транспортной аварийности.

Сегодня первичный учет ДТП осуществляется работниками ГАИ, которые документируют ДТП. Они на месте происшествия заполняют первичную карточку учета ДТП. Таким образом, формируется соответствующий информационный массив, полнота и достоверность которого имеют первостепенное значение в обеспечении результативности соответствующего анализа [11, с. 121].

Осуществляемый учет, особенно анализ аварийности, нельзя назвать всеобъемлющим и объективным также и по причине того, что Госавтоинспекция проводит учет только ДТП с травмированными в них людьми [5, с. 23].

Но анализ только ДТП с пострадавшими не дает объективной картины причин аварийности. Следовательно, для оценки деятельности ГАИ по профилактике аварийности необходимо использовать другие показатели, которые повысили бы эффективность деятельности их подразделений. Общепринятый показатель количества ДТП и пострадавших в них не может оценивать деятельность ГАИ, поскольку он был связан с количеством транспортных средств, их техническими характеристиками, качеством ремонтных запчастей, пропускной способностью и фактической загруженностью улично-дорожной сети, количеством транзитного транспорта и рядом других факторов [13, с. 23].

Основной задачей учета ДТП является обеспечение постоянного и последовательного накопления сведений о ДТП, условиях, обстоятельствах, причинах их возникновения и последствиях в целях последующего анализа имеющейся информации и выработки управленческих решений для повышения уровня безопасности дорожного движения.

Становление и развитие правового регулирования в части учета ДТП в Республике Беларусь исторически обусловлено появлением и увеличением количества транспортных средств, строительством дорог, осуществлением по ним перевозок. Оно характеризуется постепенной централизацией усилий государства в осуществлении данной функции.

В процессе развития дорожного движения государством применялись различные подходы к формированию учета ДТП, исходя из чего представляется возможным условно выделить следующие этапы его формирования на территории Республики Беларусь.

Начальный этап (30–50-е годы XX века) характеризуется зарождением правового регулирования учета ДТП.

Этап становления (с 1950 по 1996 год) характеризуется формированием нормативно-правовой базы, в частности Правил учета дорожно-транспортных происшествий.

Этап автоматизации (с 1996 года по настоящее время) – современный этап. Только на данном этапе были введены новые Правила учета ДТП с применением информационной системы учета ДТП. Таким образом, только с 1996 года анализ аварийности производится автоматизированно.

Изучение данных этапов является основой для выработки оптимальных предложений и рекомендаций по совершенствованию указанной деятельности в современных условиях, поскольку с каждым днем процесс информатизации общества нарастает, охватывая все сферы жизнедеятельности страны. Не могут обойти этот процесс и органы внутренних дел. От эффективной системы информационного обеспечения основных направлений деятельности органов внутренних дел, и в первую очередь такого важного направления, как обеспечение безопасности дорожного движения транспорта и пешеходов, зависит уровень правопорядка и безопасности в государстве. Существующая система штрафных санкций за совершение правонарушений не позволит в полном объеме устранить негативные тенденции в области обеспечения безопасности дорожного движения. Соответственно, одним из путей решения проблемы является развитие коммуникационных систем, информационных ресурсов, что, в свою очередь, требует от МВД Республики Беларусь в целом и, в частности, от Государственной автомобильной инспекции (далее – ГАИ) соответствующей организации и правового реагирования.

Отдельные правовые аспекты, связанные с проблемами использования информационно-коммуникационных технологий в органах государственного управления, осуществления информационного обеспечения органов внутренних дел частично рассматривались в работах различных украинских и российских ученых. Но в условиях создания информационного общества в Республике Беларусь необходимость комплексного исследования специфики внедрения информационно-коммуникационных технологий в деятельность ГАИ обусловлена наличием пробелов в законодательстве, отсутствием эффективной организации, соответствующего программно-технического обеспечения системы учета дорожно-транспортных происшествий, а также ряда иных факторов, которые тормозят развитие информационной системы органов внутренних дел.

В свою очередь достижения в области современных информационных технологий позволяют уже сегодня осуществлять эффективное управление в органах внутренних дел, достигать лучших результатов во всех сферах их деятельности. При этом следует отметить, что с точки зрения деятельности органов внутренних дел под технологией понимается совокупность средств и методов для достижения целей и задач, поставленных перед правоохранительной структурой [4, с. 32].

Касательно сферы нашего исследования для достижения основной цели Госавтоинспекции процесс обеспечения безопасности дорожного движения через призму информационного обеспечения неразрывно связан с качеством учета дорожно-транспортных происшествий. Главной задачей учета и анализа дорожно-транспортных происшествий является изучение причин, условий их возникновения, а также принятие соответствующих мер по их устранению. Без полного, объективного учета и анализа ДТП невозможно выполнение этой задачи. Характеристика дорожно-транспортной аварийности как массового явления состоит из совокупности данных по отдельным ДТП. Поэтому особенности анализа единичных ДТП влияют на значение и смысл общих показателей аварийности. Анализ их со-

вокупности позволяет с высокой степенью точности выявить общие закономерности возникновения, вычислить величину потерь и на основании этого разработать профилактические мероприятия [5, с. 24].

Современная система информационного обеспечения ГАИ представляет собой совокупность информационных подсистем определенных учетов. В свою очередь принадлежность информационной подсистемы к определенному уровню определяется принципами территориальности и централизованной топологии и организована в виде трехуровневой иерархичной модели, которая была описана выше (т. е. республика – область – район).

Главная цель информационной системы состоит в том, чтобы на основании собранных исходных данных получить итоговую информацию, которая будет составлять основу для подготовки управленческих решений в системе органов внутренних дел. Государство в своем отношении к аварийности указало на необходимость получения объективных статистических данных для правильной оценки состояния аварийности, дорожно-транспортного травматизма на дорогах Беларуси.

Сегодня присутствуют многочисленные дискуссии и предложения по поводу необходимости реформирования и совершенствования системы информационного обеспечения ГАИ. В свою очередь, оценивая существующие показатели аварийности, состояние аналитической деятельности с целью повышения ее эффективности, считаем необходимым реализовать следующие мероприятия:

- оптимизация законодательной и нормативной базы в сфере дорожного движения;
- усовершенствование порядка учета ДТП, пересмотр показателей аварийности, причин и условий совершения ДТП;
- полный учет всех ДТП, в том числе с материальным ущербом, с последующим анализом всего массива данных;
- широкое использование новых информационно-коммуникационных технологий, позволяющих получить объективные данные для дополнительной оценки ДТП.

Наличие информации является неотъемлемым гарантом эффективности функционирования органов внутренних дел. В свою очередь, анализируя нормативно-правовые акты Беларуси, практику их реализации в области информатизации деятельности Госавтоинспекции, можно сделать вывод, что развитие и внедрение новых информационных технологий в информационной системе учета ДТП является главным условием модернизации информационного обеспечения Госавтоинспекции, что в свою очередь способствует повышению безопасности дорожного движения в стране.

В ходе анализа современного состояния правового регулирования, организации и использования учета ДТП подразделениями Госавтоинспекции выявлены определенные проблемы, которые требуют особого внимания, поскольку на основании учета ДТП строится информационно-аналитическая деятельность, которая позволяет разработать определенные управленческие решения для устранения негативных тенденций в сфере обеспечения безопасности дорожного движения. Если учет ДТП будет осуществляться на более качественном

уровне, то разработанные, принятые решения будут наиболее эффективными и поспособствуют созданию наиболее безопасных дорожных условий.

Основные проблемы учета ДТП:

– в настоящее время организован «двойной» учет ДТП: первый раз сотрудник территориального подразделения ГАИ вносит сведения в карточку учета ДТП в соответствующую базу данных, после чего сотрудник УГАИ УВД после проверки достоверности введенной информации распечатывает данную карточку и повторно вносит полученную информацию вручную в программный продукт «Paradox». Данное обстоятельство увеличивает трудозатраты сотрудников на формирование итоговой статистической информации о дорожной безопасности, которые выражаются во временном ресурсе, а также происходит дублирование соответствующей информации в двух информационных системах, которые предназначены для учета ДТП;

– не ведется учет ДТП с материальным ущербом, что не позволяет в полной мере выявлять наиболее опасные места на улично-дорожной сети с целью разработки соответствующих мероприятий по их устранению;

– при данном подходе к учету ДТП очень трудно организовать качественное проведение топографического анализа;

– отсутствует возможность загрузки фотографий с места ДТП в базу данных, данное обстоятельство позволило бы в случае необходимости наглядно рассмотреть место совершения ДТП, повреждения автомобилей и т. д., а также на основании данных фотографий и сведений, заполненных в карточке учета ДТП, можно было бы воссоздать модель соответствующего ДТП (в программном продукте PC Crash) для выяснения определенных обстоятельств, послуживших его совершению;

– затруднено осуществление качественного и количественного анализа ДТП, что существенно снижает эффективность разработки мер по снижению аварийности;

– отсутствует возможность внесения геокоординат места совершения происшествия в базу данных, что в свою очередь не позволяет оперативно провести анализ наиболее аварийно опасных мест ДТП;

– отсутствует возможность визуализации запрошенных сведений (выборка) в программном продукте «Paradox», в частности автоматизированное построение графиков, диаграмм и т. д.

Вышеуказанные проблемы негативно влияют на информационное обеспечение Госавтоинспекции, поскольку в существующих информационных системах, предназначенных для учета ДТП, отсутствуют современные подходы к выполнению поставленных задач. В настоящее время разработана система, позволяющая вести учет ДТП на более современном уровне, так как современный подход к обеспечению безопасности дорожного движения требует использования современных интеллектуальных информационных технологий с привлечением географических информационных систем.

С помощью данной системы можно решать следующие задачи: формировать единое информационно-аналитическое пространство показателей ситуации в сфере обеспечения БДД; осуществлять мониторинг показателей аварийности, анализ причин, фактов, времени и мест совершения ДТП, а также характеристик участ-

ников происшествий; анализ мест концентрации ДТП на дорогах и т. д.

Таким образом, топографический анализ и места концентрации ДТП будут выявляться автоматически, что будет положительно влиять на анализ аварийности, который решает главную задачу – разработку мероприятий по повышению уровня безопасности. Также несомненным плюсом является разработка автоматизированных систем очагов аварийности путем проведения топографического анализа, который выявляет тенденции совершения ДТП, что позволяет своевременно обнаруживать потенциальные проблемы в области обеспечения безопасности дорожного движения, оценивать состояние безопасности дорожного движения, а также анализировать причины и условия их совершения.

В целом данная система позволила бы оптимизировать порядок учета ДТП и, самое главное, решила бы основную проблему двойного учета ДТП и стала бы определенным шагом к совершенствованию информационных систем в условиях современного мира. Также при внедрении такой системы появляется возможность ведения учета ДТП с материальным ущербом, что позволило бы в полной мере выявлять наиболее опасные места на улично-дорожной сети с целью разработки соответствующих мероприятий по их устранению.

Выводы. Рассмотренные перспективы использования информационных технологий в информационном обеспечении Госавтоинспекции будут способствовать решению проблем повышения эффективности управления в сфере обеспечения безопасности дорожного движения в стране. Также необходимо развитие новых видов информационных технологий в деятельности Госавтоинспекции, создание эффективной правовой и организационной базы для их внедрения, формирование соответствующего программно-технического обеспечения системы учета дорожно-транспортных происшествий.

Список литературы

- 1 Современная философия: словарь и хрестоматия. – Ростов н/Д: Феникс, 1996. – 511 с.
- 2 Кузнецов, И. Н. Учебник по информационно-аналитической работе / И. Н. Кузнецов. – М.: Яуза, 2001. – 320 с.
- 3 Сляднева, Н. А. Информационно-аналитическая деятельность: проблемы и перспективы / Н. А. Сляднева. – М.: Факт, 2006. – С. 25–36.
- 4 Антанович, Н. А. Становление политического анализа как отрасли профессиональных исследований и деятельности / Н. А. Антанович // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Сер. 1. Філасофія. Паліталогія. Сацыялогія. – 2008. – № 2(33).
- 5 Курносков, Ю. В. Аналитика: методология, технология и организация информационно-аналитической работы / Ю. В. Курносков, П. Ю. Конотопов. – М.: Русаки, 2004. – 512 с.
- 6 Бурьяк, А. В. Аналитическая разведка: учеб. пособие для вузов / А. В. Бурьяк. – М.: Мир, 2000. – 187 с.
- 7 Овчинский, А. С. Информация и оперативно-розыскная деятельность: [монография] / А. С. Овчинский. – М., 2002. – 206 с.
- 8 Махинин, В. И. Основы управления в органах безопасности: учеб. / В. И. Махинин / отв. ред. Б. С. Тетерин. – М., 2001. – С. 113.
- 9 Информационно-аналитическое обеспечение правоохранительной деятельности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.spi2.ru>. – Дата доступа: 30.03.2017.

10 Белов, В. С. Информационно-аналитические системы. Основы проектирования и применения : учеб. пособие / В. С. Белов. – М. : МЭСИ. – 2005. – 111 с.

11 Волков, И. В. Архитектура современной информационно-аналитической системы / И. В. Волков, И. Ю. Галахов. – М. : Директор ИС. – 2002. – № 3.

12 Спирли, Э. Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка, реализация. Т. 1 / Э. Спирли. – М. : Вильямс, 2001.

13 Оперативно-розыскная деятельность / под ред. К. К. Горяинова, В. С. Овчинского, Г. К. Синилова. – М. : ИНФРА-М, 2007. – С. 407.

14 Беляев, К. В. Обзор и сравнительный анализ информационно-аналитических систем / К. В. Беляев, А. В. Босов, Д. В. Краюшкин. – М. : ИПИ РАН, 2008. – 136 с.

15 Фармагей, Л. К. Реализация контрольно-надзорной функции государства / Л. К. Фармагей, Т. В. Врублевская // Конституционно-правовое регулирование общественных отношений в Республике Беларусь и других европейских государствах : сб. науч. ст., посвящ. 20-летию каф. гос., тр. и с.-х. права ГрГУ им. Я. Купалы. – Гродно, 2011. – С. 110–116.

16 Федоров, В. А. Контроль или надзор: пора определиться / В. А. Федоров, М. Е. Денисюк // Промышленно-торговое право. – 2012. – № 5. – С. 85–90.

17 Чичелов, Ю. В. Правовое положение министерств Республики Беларусь : дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.14 / Ю. В. Чичелов. – Минск, 2004. – 133 с.

18 Яковец, Е. Н. Административное право : учеб. для студентов вузов : в 2 ч. / Е. Н. Яковец, А. П. Крамник. – Минск : БГУ, 2013. – Ч. 1 : Управленческое право. – 567 с.

Получено 19.06.2020

R. Yu. Rudin. Legal status of bodies of road police in Belarus.

In the course of analyzing the current state of legal regulation, organization and use of traffic accidents accounting by the State Traffic Inspectorate units, certain problems have been identified that require special attention, since on the basis of traffic accidents accounting, an IAD is being built, which allows you to develop certain management decisions to eliminate negative trends in the field of road safety. Within the framework of this work, a system has been developed that makes it possible to keep records of accidents at a more modern level, since the modern approach to ensuring road safety requires the use of modern intelligent information technologies with the involvement of geographic information systems. With the help of this system it is possible to solve the following tasks: to form a unified information and analytical space of indicators of the situation in the field of road safety; monitor accident rates, analyze the causes, facts, time and places of road accidents, as well as the characteristics of the participants in the accidents; analysis of the places of traffic accidents concentration on the roads.

УДК 330.34; 338.2

Л. А. ДУБЕШКО, магистрант, Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск

ПРЕДПОСЫЛКИ И ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Изучены состояние информационных технологий на автомобильном транспорте и в дорожной деятельности Республики Беларусь. Развитие автоматизированных систем рассматривается на примере г. Минска, анализируются отдельные элементы интеллектуальной транспортной системы, процесс создания центра управления движением с использованием автоматизированных систем государственного дорожного хозяйства. Рассматриваются возможность реализации интеллектуальной транспортной системы пассажирских перевозок посредством создания единой платформы, объединяющей существующие информационные системы, а также необходимость их интеграции. Делаются выводы о первоочередных действиях реализации интеллектуальной транспортной системы пассажирских перевозок.

На современном этапе начинают широко использоваться цифровые методы создания, передачи, обработки и хранения информации, что приводит к широкому внедрению статических и динамических баз данных, организации телекоммуникационной связи для доступа к информации через наземные и спутниковые информационные каналы. Цифровизация транспортной деятельности предполагает интеграцию информационных потоков, коммуникационного обеспечения и автоматизации процессов в перемещении грузов и пассажиров. В Парке высоких технологий (далее – ПВТ) на начало 2020 года осуществляли деятельность 563 резидента, из них 21 организация реализовывала свою деятельность в области разработки и внедрения программного обеспечения и решений в области транспорта и логистики, что составляло порядка 3,7 % от общего количества резидентов ПВТ. Активно занимались разработкой программных продуктов в транспортной сфере республики восемь организаций. Остальные внедряли свои разработки за рубежом. Большинство программных продуктов ПВТ в области транспорта касались картографии, позволяющей обеспечить автомобилистов набором инструментов для взаимодействия с объектами инфраструктуры (паркинги, АЗС и т. п.), а также получения актуальных данных о состоянии автомобиля, наличии правонарушений и иной полезной информации о дорожной обстановке [1].

Внедрение автоматизированных систем в сфере пассажирских перевозок способствует реализации главных задач транспорта: безопасность, удобство, доступность для людей и бизнеса пассажирских перевозок, снижение издержек.

Интеллектуальная транспортная система (ИТС) внедряется в крупных городах с развитой транспортной инфраструктурой. Это капиталоемкий продукт. В США затраты на ее создание составляли порядка 1,23 млрд дол. США, аналогичная версия Японского проекта обошлась стране в 2,5 млрд дол. США, в России создание ЦОДД в Москве, образованного в форме государственного казенного учреждения, оценивается в размере 17,5 млрд руб.

Наиболее крупный город Республики Беларусь – Минск, характеризующийся увеличенным пассажиропотоком.

На объемы пассажирских перевозок влияют такие факторы, как численность населения, его мобильность. Несмотря на ежегодное снижение численности населения республики в г. Минске наблюдается ежегодный прирост (таблица 1).

Таблица 1 – Численность населения г. Минска и Республики Беларусь в 2017–2020 годы

Территория	Год				Соотношение 2020 к 2019, %
	2017	2018	2019	2020	
г. Минск	1978,6	1987,6	1996,3	2020,6	101,2
Республика Беларусь в целом	9491,8	9475,2	9413,4	9408,4	99,9

Примечание – Источник: [2].

Активность населения в передвижениях наблюдалась в 2018–2019 годах (таблица 2).

Таблица 2 – Объем перевезенных пассажиров в г. Минске

Вид транспорта	Единица измерения	Год				
		2015	2016	2017	2018	2019
Автобусы	млн чел.	289,9	276,2	279,6	303,0	316,6
	%	95,4	95,3	101,2	108,4	104,5
Трамваи	млн чел.	31,2	28,6	29,2	29,8	33,3
	%	79,2	91,7	102,1	102,1	111,7
Троллейбусы	млн чел.	173,1	155,4	150,8	154,7	160,8
	%	90,2	89,8	97,0	102,6	103,9
Метрополитен	млн чел.	305,3	291,0	284,1	283,4	293,7
	%	95,9	95,3	97,6	99,8	103,6
Воздушный	млн чел.	2,1	2,5	3,0	3,4	4,1
	%	105,0	119,0	120,0	113,3	120,6
Таксомоторный	млн чел.	3,0	3,4	3,6	7,9	12,7
	%	111,1	113,3	105,9	219,4	160,8
ВСЕГО	млн чел.	804,6	757,1	750,4	782,1	821,2
	%	93,7	94,1	99,1	104,2	105,0

Примечание – Источник: [2].

В 2020 году повышение уровня заболеваемости и принятые профилактические меры, такие как перевод работников (студентов, учащихся) на удаленную работу (учебу), ограничение на направление в командировки, привели к уменьшению потребности населения в перемещениях. В г. Минске объемы перевозок пассажиров автомобильным, городским электрическим транспортом и метрополитеном и пассажирооборот снизились к уровню прошлого года на 16,5 и 23,6 % соответственно.

За пятилетку спрос на услуги по перевозкам пассажиров автомобильным, городским электрическим транспортом и метрополитеном, измеряемый пассажирообо-

ротом в расчете на одного жителя в год, прирастал до 2020 года (таблица 3).

Это было связано с введением безвизового режима, проведением Европейских игр и иных спортивных мероприятий. Также немало важную роль играли: внутренняя трудовая миграция (по данным Национального статистического комитета, прирост внутриреспубликанской миграции в 2016–2019 годах наблюдался только в г. Минске и Минской области [3]); особенности планирования структуры, связанные с взаиморасположением на территории города и пригорода обособленных жилых и промышленных районов, что вызывает необходимость в трудовых перемещениях на значительные расстояния.

Таблица 3 – Спрос на услуги транспорта в г. Минске в 2016–2020 гг.

Показатель	Год				
	2016	2017	2018	2019	2020
Пассажирооборот, млн пас·км	5641,3	5642,1	5841,4	6280,2	4798,7
Процент к предыдущему периоду	99,9	100,0	109,2	117,0	76,4
Пассажирооборот в расчете на одного жителя, пас·км	2864,2	2850,1	2938,9	3145,9	2374,9
Процент к предыдущему периоду	98,5	99,5	103,1	107,0	75,5
Среднее расстояние поездки, км	7,48	7,54	7,50	7,69	7,02

Примечание – Источник: собственная разработка автора.

В г. Минске функционирует развитая маршрутная сеть магистральных видов городского транспорта (метрополитен, трамвай, автобус, троллейбус), обладающих высокими провозными возможностями и бесперебойной работой.

Маршрутная сеть г. Минска представлена 517 маршрутами (230 городских, 244 пригородных, 17 междугородных и 26 международных). В столице действуют три ветки метро с 31 станцией, в том числе двумя пересадочными. В городе протяженность автобусных маршрутов составляет 2452,9 км, троллейбусных – 661 км, трамвайных – 82,8 км.

В Минске и прилегающих районах Минской области используется ещё один вид скоростного общественного транспорта – минская городская электричка, которая обслуживает два железнодорожных маршрута в пределах Минска и ближайшего пригорода. Альтернативой общественному транспорту выступают аренда авто, каршеринг, прокат велосипедов. В городе с 2019 года работает система общественного проката велосипедов и самокатов – «Колобайк», которая располагает 3000 велосипедами, 300 электровелосипедами и 250 электросамокатами. При этом никаких стационарных станций не предусмотрено: транспорт можно взять в прокат с помощью мобильного приложения App Store и Google Play. В столице Беларуси представлено несколько операторов каршеринга – Anytime, «Везуха», Westgroup, Hello.

Сегментация потребителей услуг по перевозкам пассажиров, которые выполняются автомобильным транспортом (автобусами), городским электрическим транспортом (трамваями и троллейбусами) и метрополитеном по критерию «вид транспорта» показывает, что наи-

большим спросом пользуются услуги по перевозкам пассажиров автобусами и метро (рисунок 1).

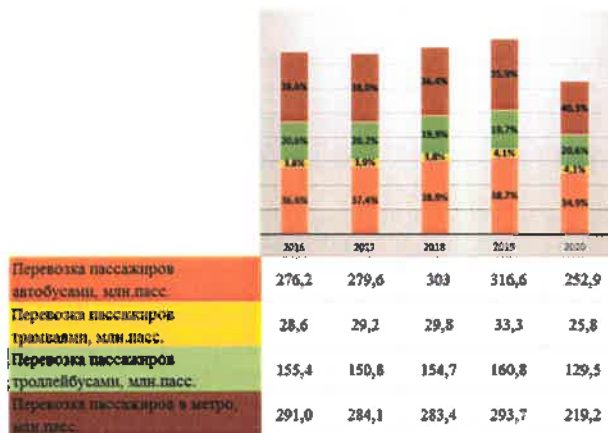


Рисунок 1 – Структура объема перевозок пассажиров автомобильным, городским электрическим транспортом и метрополитеном за 2016–2020 годы по видам транспорта (собственная разработка автора)

Наземный автомобильный и городской электрический транспорт лидируют по объему перевезенных пассажиров, поскольку имеют разветвленную, плотную маршрутную сеть, что позволяет максимально приблизить пассажиров к целям поездки в любом районе города, в том числе к станциям метрополитена и железнодорожным станциям, а также имеют более низкий тариф на транспортные услуги. Метрополитен по сравнению с наземным транспортом обладает рядом существенных преимуществ: более высокой комфортностью и скоростью передвижения, низким интервалом движения в часы пик.

Минск располагает большим потенциалом транспортных услуг, что требует организации и четкой логистики пассажирских перевозок.

На сегодня отсутствует взаимосвязь между видами транспортных услуг и самими перевозчиками. Наблюдаются только отдельные элементы координации маршрутов автомобильного общественного транспорта. В г. Минске оператором автомобильных перевозок выступает государственное предприятие «Столичный транспорт и связь», который обеспечивает организацию автомобильных перевозок пассажиров в регулярном сообщении на определенной территории.

Услуги по перевозке пассажиров наземным транспортом в г. Минске оказывают субъекты государственной и негосударственной форм собственности: 70 юридических лиц и 6 индивидуальных предпринимателей. Около 640 единиц транспортных средств негосударственного сектора экономики регулярно осуществляют перевозку пассажиров на 44-м городском и 28-м пригородном экспрессном маршрутах.

На рынке городских перевозок наибольшей конкурентоспособностью (исходя из выполняемых объемов перевозок) обладают государственное предприятие «Минсктранс» и Минский метрополитен.

Указанные организации-перевозчики обладают парком подвижного состава с наибольшими правовыми возможностями, состоящим (по данным на 01.01.2020) из 1542 автобусов (на городских маршрутах используется 1394 автобуса), 80 электробусов, 756 троллейбусов,

137 трамваев, 361 вагона электропоездов метрополитена. Такая численность и структура парка подвижного состава транспорта общего пользования, большую часть которого составляют транспортные средства большой и особо большой вместимости, необходима для обеспечения потребностей в городских и пригородных перевозках пассажиров в часы пик – временные промежутки, когда происходит массовое передвижение людей, чаще всего от места их проживания к местам работы, и наоборот.

Вместе с тем сложившаяся структура парка подвижного состава транспорта общего пользования не позволяет использовать его с максимальной эффективностью в межпиковый период, то есть в период спада пассажиропотока, что является слабой стороной организаций, обязанных выполнять автомобильные перевозки транспортом общего пользования. Такое использование транспортных средств ведет к необоснованным расходам, увеличению затрат, оказанных транспортных услуг. Кроме того, сложившаяся организация перевозочного процесса не позволяет гибко регулировать процесс перевозки.

Организации и индивидуальные предприниматели, выполняющие иные автомобильные перевозки пассажиров в регулярном сообщении, несмотря на незначительную рыночную долю (исходя из объемов выполняемых перевозок), занимают лидирующие позиции при выполнении автомобильных перевозок пассажиров в регулярном сообщении по экспрессным маршрутам, так как такие перевозки отвечают запросам потребителей, отдающих наибольшее предпочтение скорости и комфорту перевозки вне зависимости от её стоимости.

Для совершенствования работы пассажирского транспорта общего пользования с точки зрения государства необходимо повысить его привлекательность, при этом заинтересовать транспортные организации в минимизации расходов транспортного обслуживания населения с целью уменьшения субсидирования.

Имеющиеся проблемы требуют разработки и внедрения новых технологий учета пассажиров и транспортной работы в целом. Использование цифровых информационных технологий на автомобильном, городском электрическом транспорте и метрополитене позволит обеспечить не только доступность информации пассажиру, но и вести учет каждой единицы транспорта и объем перевозимых пассажиров, прогнозировать спрос на данный вид услуг, регулировать потоки и многое другое.

Для внедрения цифровых технологий на транспорте устанавливается соответствующее оборудование.

В г. Минске 2376 единицы пассажирского транспорта оборудованы системами видеонаблюдения (в том числе 1406 автобусов, 753 троллейбуса, 80 электробусов, 137 трамваев). Внедрена навигационная спутниковая система для автомобильного транспорта. Валидаторы отечественного производства установлены в наземном транспорте Минска: автобусах, троллейбусах, трамваях, электробусах и поездах городских линий. Всего более 15500 валидаторов для бесконтактной оплаты проезда.

Имеются следующие автоматизированные системы (АС):

- АС управления дорожным движением (АСУДД);
- АС диспетчерского управления общественным транспортом;
- система видеонаблюдения в местах массового скопления граждан;

- система фотофиксации скоростных режимов;
- система контроля инцидентов и маршрутного ориентирования;
- система управления движением грузового транспорта;
- система управления парковочным пространством;
- АС оплаты и контроля проезда (АСОКП).

АСУДД предназначена для обеспечения эффективного процесса управления движением транспортных потоков в городе при помощи средств световой сигнализации. На базе АСУДД, которая имеет программно-технический комплекс центрального управляющего пункта, проводится интеграция других вышеперечисленных систем. Наиболее подробно ее функционал описан в статье Д. В. Капского и Д. В. Навоя «Создание интеллектуальной транспортной системы крупнейших городов» [4]. В настоящее время основными пользователями АСУДД являются органы Министерства внутренних дел Республики Беларусь. Ограниченность функциональности АСУДД позволяет говорить о ней как об одном из элементов интеллектуальной транспортной системы. Такими являются и другие указанные системы.

В рамках автоматизированной системы диспетчерского управления пассажирским транспортом действует информационное табло для остановок, которое предоставляет актуальную информацию о движении общественного транспорта в режиме онлайн. Работает мобильное приложение «Транспорт ВУ», которое позволяет отслеживать движение общественного транспорта онлайн, узнавать актуальное расписание, фактическое время прибытия транспорта на конкретную остановку и выстраивать удобный маршрут к месту назначения [5].

В г. Минске АСОКП внедрена с 2014 года. На смену бумажным проездным пришли электронные проездные билеты, которые используются на всех видах общественного транспорта. Пассажирам предоставлена новая форма оплаты проезда, которая позволяет выбрать наиболее выгодный и удобный вариант. Количество предлагаемых тарифов увеличилось с 96 до 226 видов, на одну бесконтактную смарт-карту (БСК) можно записать до шести разных тарифов. Оплата проезда занимает несколько секунд, а пополнять проездные на БСК теперь можно через терминалы «БПС-Сбербанка» [6]. С января 2019 года оплатить проезд в метро можно картой Visa PayWave и MasterCard Contactless, также кобейджинговыми картами «Белкарт-Maestro». В мае 2019 года бесконтактные банковские карты заработали в наземном транспорте. Открыт первый интерактивный остановочный пункт, на котором установлено сенсорное табло с расписанием движения транспорта, позволяющее задать маршрут и выбрать требуемые виды транспорта для поездки. Кроме того, на остановке можно зарядить мобильный телефон, при необходимости вызвать специалистов служб МЧС или милиции, воспользоваться услугами банкомата, инфокиоска и бесплатного Wi-Fi.

Параллельно с автоматизированными системами, используемыми на транспорте, существуют автоматизированные системы, которые используются при строительстве и содержании автомобильных дорог.

На базе РУП «Белдорцентр» создан и развивается информационный центр дорожного хозяйства (URL: <https://i.cent.by>) (далее – ИЦДХ), который предназначен для обеспечения актуальной информацией об автомо-

бильных дорогах и сооружениях на них, их параметрах, характеристиках, условиях функционирования. ИЦДХ – это единая база данных дорожного хозяйства с обеспечением доступа для работы с системой в корпоративной сети и сети Интернет организациям дорожного хозяйства, имеющим распределенную пространственную структуру и разветвленную филиальную сеть [6].

В составе ИЦДХ функционируют информационные системы:

- корпоративный банк данных параметров автомобильных дорог, обеспечивающий формирование и ведение базы данных об элементах автомобильных дорог и их параметрах, выполняемых ремонтах;

- система управления транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог «Ремонт», основывается на диагностике автомобильных дорог, которая выполняется ежегодно. В процессе диагностики собираются данные о продольной и поперечной ровностях, прочности покрытия, сцепных качествах покрытия, объеме дефектов на покрытии, интенсивности движения, геометрических характеристиках покрытия и др. Сбор основных данных осуществляется с использованием мобильных лабораторий, по окончании которых информация вносится в базу данных этой системы для анализа и подготовки программы работ по текущему и капитальному ремонту;

- система управления состоянием мостов «Белмост» обеспечивает автоматизацию управления состоянием мостов. База данных системы содержит практически всю информацию о мостовых сооружениях на автомобильных дорогах страны, что позволяет анализировать соответствие технического состояния мостовых сооружений нормативным требованиям, которые гарантируют безопасный и беспрепятственный пропуск грузопассажирских перевозок с учетом оптимальных капиталовложений;

- «Учет и анализ дорожно-транспортных происшествий» обеспечивает автоматизацию процесса их учета и анализа на сети дорог общего пользования, является средством статистики. Система позволяет пользователям получать различные справочные сведения о дорожно-транспортных происшествиях на автомобильных дорогах общего пользования;

- информационно-поисковая система «Фонд документов дорожного хозяйства» предназначена для ознакомления специалистов государственного дорожного хозяйства с нормативными документами, которые используются при проектировании, строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог и искусственных сооружений на территории Республики Беларусь;

- система управления персоналом – кадровая программа, обеспечивающая автоматизацию кадрового делопроизводства и поддержку управления персоналом в организациях государственного дорожного хозяйства;

- движение фонда дорог и дорожных сооружений – программа, предназначенная для сбора, хранения и обработки информации о параметрах, транспортно-эксплуатационном и техническом состоянии автомобильных дорог общего пользования и сооружений на них;

- автоматизированная информационная система оформления специальных разрешений на проезд тяжелых и (или) крупногабаритных транспортных средств

(ТКТС) позволяет обеспечить оформление таких разрешений посредством сети Интернет с возможностью отслеживания этапов рассмотрения подаваемых заявлений в режиме реального времени;

- геоинформационная система (ГИС) кадастра автомобильных дорог базируется на основе географических данных и атрибутивной информации из различных баз данных;

- «Автоматизированная система управления зимним содержанием автомобильных дорог», отображающая состояние поверхности дорожного полотна и погодных условий;

- «Оперативная информация о дорожных условиях по данным дорожно-измерительных станций» – веб-приложение со свободным доступом пользователям.

Также в дорожной отрасли созданы и функционируют система автоматического сбора платы за проезд по платным автомобильным дорогам «Beltoll», а также система высокоскоростного динамического взвешивания.

Все перечисленные автоматизированные системы, используемые на автомобильном транспорте и в дорожной деятельности, являются элементами ИТС. Вместе с тем отсутствует единая платформа, способная интегрировать элементы в единую ИТС.

Имеются предпосылки для создания ИТС: масштабность города Минска, развитость инфраструктуры, а самое главное – уже внедрены некоторые элементы ИТС (навигационная система, электронная оплата проезда, имеются автомобильные системы дорожного хозяйства и автоматизированная система управления дорожным движением).

В настоящее время одной из проблем создания ИТС является отсутствие необходимой основы ее существования.

Анализ отдельных элементов интеллектуальной транспортной системы и процесса создания Центра управлением движения показывает, что ИТС образуется через интеграцию информационных систем посредством образования единой платформы с центрами управления. Создание интеллектуальной транспортной системы пассажирских перевозок возможно при четко выстроенной архитектуре.

В Республике Беларусь в 2019 г. разработан и принят государственный стандарт СТБ 2556–2019 (ISO 14813-1:2015) «Интеллектуальные транспортные системы. Архитектура интеллектуальных транспортных систем. Технические требования. Часть 1. Сервисные домены интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы», который основывается на международном стандарте [8]. В данном стандарте определена общая архитектура ИТС, он служит отправной базой для системного инженерного задания.

Для создания ИТС пассажирских перевозок необходима целостная научно обоснованная концепция, четко определяющая архитектуру: процессы и субъекты, совместимость различных систем. Этот документ должен описывать взаимодействие между техническими компонентами транспортных систем, включая оборудование на борту транспортного средства участников дорожного движения, дорожного оборудования и центров управления движением, определять протоколы обмена данными, а также нормативные документы и стандарты. Для работы ИТС пассажирских перевозок необходимо организо-

вать оперативное, в режиме реального времени, взаимодействие с автоматизированными системами Государственной автоинспекции, дорожно-спасательной службы Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, организаций, осуществляющих дорожную деятельность, Центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, служб скорой помощи, органов городского управления, средств массовой информации, транспортных организаций и потребителей этих услуг.

В настоящее время в Республике Беларусь различными организациями по заказам и инициативному порядку ведутся работы по созданию целого ряда информационных систем с функционалом ИТС. Вместе с тем единая стратегическая концепция создания и развития в рамках единой информационной среды транспортного комплекса не выработана. Одной из задач органов власти является разработка концепции развития ИТС с определением, в первую очередь, ее функций (рисунок 2).



Рисунок 2 – Функции ИТС (собственная разработка)

Концептуальную схему построения ИТС следует рассматривать как организацию системной формы взаимодействия всех видов транспорта, более эффективное использование транспортного ресурса за счет совместных транспортных операций с наиболее рациональными вариантами поточных схем движения пассажиров, с обеспечением наиболее высокого уровня качества транспортных услуг.

С учетом мировой практики при разработке и внедрении ИТС как инвестиционного проекта необходима последовательность действий [9].

Иерархия структуры ИТС состоит из нескольких слоев. Исследовав теоретические знания в этой области [10] и рассматривая ИТС в рамках города Минска, можно выделить три слоя (рисунок 3).

Первый слой представляет собой самый низкий уровень системы, которая образована как детекторами, так и исполнительными элементами, и в нем проводится как сбор данных, так и незначительные действия по управлению. Происходит сбор статистических и динамических данных о транспортно-эксплуатационных качествах пути, транспортных средствах и транспортных терминалах, изменение состояния управляемых дорожных знаков, изменение состояния светофоров и т. д. Второй слой характеризует оперативное управление небольшими участками

транспортных сетей, отдельных терминалов или транспортных средств. Здесь функционируют системы управления метро и центры управления: обслуживания инфраструктуры, управления движением автобусов и трамваев, дорожным движением, платежными системами, по чрезвычайным ситуациям и другие. Третий слой характеризует всю транспортную систему больших участков, в частности города Минска. Здесь происходит обработка, унификация и извлечение информации из подсистем второго слоя.



Рисунок 3 – Иерархическая структура ИТС г. Минска (собственная разработка)

Иерархическая структура ИТС одинакова как для потребителей, так и для инфраструктуры. Отдельные подсистемы (сервисные домены) ИТС располагаются в нескольких слоях ИТС. Существует тесная связь в обмене информацией между подсистемами [11].

ИТС должна учитывать политическую и институциональную структуры страны, описывать взаимодействие между техническими компонентами транспортных систем, включая оборудование на борту транспортного средства участников дорожного движения, дорожного оборудования и центров управления, а также служить отправной базой для системного инженерного задания, которые должен проводиться в ходе разработки проекта. Должны быть прописаны требования к информационно-коммуникационным системам, определены протоколы обмена данными, а также нормативные документы и стандарты.

Таким образом, для создания основы ИТС пассажирских перевозок необходимо:

- разработать национальную концепцию ИТС;
- выстроить четкую архитектуру ИТС, определяющую связи между слоями ИТС;
- совершенствовать существующие аппаратно-программные и информационные системы в рамках единой стратегической концепции внедрения ИТС в соответствии с разработанными и принятыми нормативными документами;
- подготовить и принять нормативные документы в области проектирования, строительства, внедрения и эксплуатации ИТС, использования единых стандартов, форматов, баз данных при разработках информационных систем для обеспечения дальнейшей интеграции в единое информационное пространство;
- разработать перечень первоочередных объектов автоматизации с применением информационных технологий по результатам анализа процессов и деятельности организации пассажирского транспорта и дорожного хозяйства.

Список литературы

1 Бизнес-задачи. Транспорт и логистика [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://iba.by/industries/transport-logistics>. – Дата доступа : 04.06.2020.

2 Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.belstat.gov.by. – Дата доступа : 24.09.2020.

3 Общие итоги миграции населения по областям и г. Минску [Электронный ресурс] // Труд и занятость в Республике Беларусь : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева (пред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Режим доступа : <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/97e/97e9d257e0d9bb1c5f9b1b1071c116ca.pdf>. – Дата доступа : 02.02.2021.

4 Капский, Д. В. Развитие автоматизированной системы управления дорожным движением Минска как части интеллектуальной транспортной системы города / Д. В. Капский, Д. В. Навой // Наука и техника [Электронный ресурс]. – Т. 16. – № 1 (2017). – С. 38–48. – Режим доступа : https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/27593/Razvitie_avtomatizirovannoj_sistemy_upravleniya_dorozhnym_dvizheniem_Minska.pdf?sequence=1&isAllowed=y. – Дата доступа : 15.07.2020.

5 Smart-системы – Современные банковские цифровые технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.belcard.by/smart-systems>. – Дата доступа : 15.07.2020.

6 Валидатор совести: оправдывает ли себя автоматизированная система оплаты проезда. Общество [Электронный ресурс] // Агентство Минск-новости : информационно-городской портал. – Режим доступа : <https://minsknews.by/validator-sovesti-opravdyivaet-li-sebya-avtomatizirovannaya-sistema-oplatyi-proezda/>. – Дата доступа : 15.08.2020.

7 Инфоцентр : информ. центр дорож. хоз-ва [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://i.centr.by/>. – Дата доступа : 02.02.2021.

8 Об утверждении, введении в действие, отмене и изменении технических нормативных правовых актов [Электронный ресурс] : постановление Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 8 июля 2019 г., № 42 // Консультант-Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.

9 Ампилов, А. В. Использование системы ГЛОНАСС в целях повышения эффективности транспортных систем городов / А. В. Ампилов // Т-СОММ: телекоммуникации и трансп. – 2011. – № 2. – С. 30–32.

10 Гейдт, А. А. Механизм и система стратегического планирования развития дорожно-транспортной инфраструктуры / А. А. Гейдт. – СПб. : Нестор, 2004. – 117 с.

11 Кочерга, В. Г. Интеллектуальные транспортные системы в дорожном движении / В. Г. Кочерга, В. В. Зырянов, В. И. Конопляно. – Ростов н/Д : Рост. гос. строит. ун-т, 2001. – 107 с.

Получено 05.05.2021

L. A. Dubeshko. Implementation of an intelligent passenger transport system.

The article examines the state of information technologies in road transport and road activities in the Republic of Belarus. The development of automated systems is considered on the example of Minsk, individual elements of an intelligent transport system are analyzed, and the process of creating a traffic control center using automated systems of the state road management is analyzed. The article considers the possibility of implementing an intelligent passenger transport system by creating a single platform that combines existing information systems, as well as the need for their integration. Conclusions are drawn about the priority actions for the implementation of an intelligent passenger transport system.

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

УДК 629.4.015

А. В. ПУТЯТО, доктор технических наук, Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНОГО СМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС ГРУЗА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЛУВАГОНА ПРОТИВ СХОДА С РЕЛЬСОВ

Приведено описание компьютерной модели динамики полувагона с грузом, центр тяжести которого имеет продольное смещение. Выполнена оценка влияния продольного смещения центра масс груза на устойчивость полувагона против схода с рельсов при различном техническом состоянии рельсового пути и прохождении стрелочных переводов. Установлено, что смещение центра тяжести груза в продольном направлении при движении в кривой и по стрелочным переводам может привести к снижению устойчивости колеса против схода с рельса на 25 % и более.

Введение. В соответствии с Приложением 3 к ВСМГС [8] допускаемое продольное смещение общего центра тяжести груза в 4-осном вагоне относительно его поперечной оси симметрии установлено в зависимости от массы груза. Так, для груза массой 60 т допускается при погрузке продольное смещение центра тяжести на 600 мм (в пути следования – 720 мм), а при массе 70 т при погрузке смещение не допускается вовсе (в пути следования – 60 мм).

В то же время в процессе транспортировки сыпучих и гранулированных грузов вследствие воздействия продольных усилий в автосцепные устройства, трогания и торможения поезда, а также при соударении вагона при роспуске с сортировочной горки может иметь место продольное смещение груза и, как следствие, перераспределение осевых нагрузок, что, в свою очередь, влияет на динамические показатели вагона.

В 60–70-х гг. XX в. проведены обширные экспериментальные исследования, связанные с обозначенной проблемой. Так, в работе [5] методом сравнительной динамики выполнен анализ движения полувагона с тележками 18-100 при его симметричном загрузке массой груза 60 т и при смещении центра тяжести груза в продольном направлении – на 0,5 м, а в поперечном – на 0,05 м. В результате сделан вывод, что наибольшие значения рамных сил в диапазоне скоростей от 60 до 120 км/ч при смещении центра масс груза соизмеримы с соответствующим показателем при симметричном загрузке вагона, но с превышением динамических добавок вертикальных нагрузок на 10–15 %.

Связь параметров смещения центра тяжести груза с допускаемыми скоростями движения груженого вагона установлена в работах ученых ВНИИЖТа [1, 2]. Экспериментальное обоснование предельного допускаемого смещения центра тяжести груза для 4-осных платформ выполнено на основе анализа показателей динамических качеств движения при скоростях до 100 км/ч в прямых и кривых участках пути. В части практического результата установлено, что при нормировании параметров несимметричной загрузки вагона определяющими для грузов массой менее 50 т являются статические критерии, а массой более 50 т – показатели динамики.

Дальнейшие исследования рассматриваемой проблемы связаны с анализом влияния на динамические качества вагона смещения центра тяжести груза общей массой, близкой или несколько превышающей грузо-

подъемность. Так, в работах [3, 4, 10] выполнен комплекс динамических испытаний груженых 4-осных платформ, загруженных грузами единичной массы при их различном расположении. Установлено, что по совокупности динамических критериев наиболее неблагоприятным случаем является вариант с существенно несимметричным расположением центра тяжести груза, имеющего массу, близкую к грузоподъемности вагона, в продольном направлении относительно оси симметрии платформы [10].

Активное развитие методов компьютерного моделирования динамики подвижного состава позволяет выполнять многовариантный анализ показателей безопасности движения вагонов в зависимости от широкого спектра исходных данных. Применительно к рассматриваемой задаче проведение численных экспериментальных исследований не требует высоких материальных затрат по сравнению с натурными испытаниями. В то же время установление влияния смещений груза (в том числе представляющего сплошную среду) относительно кузова вагона на показатели динамики при движении в рельсовой колее с различной микро- и макрогеометрии, а также техническим состоянием ходовых частей вагона остается до конца не решенной.

Целью работы является оценка влияния продольного смещения центра масс сыпучего груза на устойчивость полувагона против схода с рельсов.

Компьютерная модель полувагона с грузом. Для оценки динамики полувагона с грузом, центр тяжести которого смещен, в программном комплексе «Универсальный механизм» на базе имеющейся библиотеки моделей подвижного состава разработана динамическая твердотельная модель. Соотношения динамики формируются на основе уравнений Ньютона и Эйлера для каждого тела многомассовой системы применительно к движению центра масс тела [6]:

$$m_i \underline{a}_i^{(0)} = \underline{F}_i^{(0)} + \underline{R}_i^{(0)}; \quad (1)$$

$$\underline{I}_i^{(i)} \underline{\varepsilon}_i^{(i)} + \underline{\omega}_i^{(i)} \underline{I}_i^{(i)} \underline{\omega}_i^{(i)} = \underline{M}_i^{(i)} + \underline{L}_i^{(i)}, \quad (2)$$

где m_i – массы тел системы; i – номер тела; $\underline{a}_i^{(0)}$ – ускорения центров масс тел; $\underline{F}_i^{(0)}$, $\underline{M}_i^{(i)}$ – главный вектор и главный момент относительно центра масс активных сил; $\underline{R}_i^{(0)}$, $\underline{L}_i^{(i)}$ – главный вектор и главный момент относительно центра масс сил реакций связей; $\underline{I}_i^{(i)}$ – тензор инерции i тела в системе координат тела; $\underline{\varepsilon}_i^{(i)}$ –

угловые ускорения тел; $\hat{\omega}_i^{(i)}$ – кососимметрическая матрица, которую можно рассматривать как тензор, то есть при переходе от одной системы координат к другой ее матричное представление измеряется по тензорному закону; $\omega_i^{(i)}$ – угловые скорости тел.

Уравнения движения (1), (2) записаны в разных системах координат: первое – в базовой, второе – в связанной с телом. Если уравнения дополнить соотношениями кинематики для угловых скорости и ускорения, то получим полные уравнения движения системы. С учетом кинематических соотношений уравнения (1), (2) приводятся к уравнениям движения в обобщенных координатах

$$\underline{M}(q, t)\ddot{q} + \underline{\Phi}(q, \dot{q}, t) = \underline{Q}, \quad (3)$$

где \underline{M} – симметричная матрица масс; q – матрица-столбец координат; t – время; $\underline{\Phi}$ – матрица-столбец сил инерции; \underline{Q} – матрица-столбец обобщенных сил.

При разработке математической модели кинематики и динамики вагона в пространстве решались следующие задачи: описание полувагона и его составных частей как системы тел, которые совершают сложные взаимосвязанные движения в различных системах отсчета; определение и запись в матричном виде кинематических характеристик движения (линейных и угловых скоростей и ускорений) вагона в целом и его составных частей; составление уравнений движения в матричном виде для их последующего численного интегрирования [6].

Голономная система полувагона представлена $19 + i$ телами, где $i = 1 \dots b$, b – число элементов, моделирующих перевозимый груз, и четырьмя голономными ограничениями k .

При разработке модели взаимодействия колеса и рельса использована программная процедура, реализованная в программном комплексе «Универсальный ме-

ханизм» и включенная в структуру модели движения вагона. Процедура включает решение задачи о контактировании колеса рельсового экипажа с поверхностью рельса для определения двух точек контакта колеса с рельсом в путевой системе координат. Для описания силовых процессов в контакте использована модель контакта по Калкеру, которая выполняет следующие операции: нахождение точки контакта колеса с рельсом; вычисление сил взаимодействия колеса с гребнем; определение сил крипа; определение реакций во взаимодействии «колесо – рельс» при геометрическом задании неровностей путевой структуры в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Для учета податливости путевой структуры использована линейная упруго-вязкая модель рельсового основания [9].

Таким образом, динамическая модель вагона с грузом (рисунок 1) включает в себя кузов вагона, перевозимый груз (в рассматриваемой задаче представлен одним телом); тележки, модельные характеристики которых соответствуют тележкам модели 18-100; автосцепное устройство, включающее силовые элементы, характеристики которых соответствуют поглощающему аппарату Ш-2-В. Модельные характеристики (размеры, массы, моменты инерции и пр.) приняты соответствующими полувагону модели 12-132.

Исходя из результатов проведения экспериментальных и теоретических исследований при соударении полувагонов с сыпучим грузом [7], изменение параметра продольного смещения центра тяжести груза массой 70 т рассмотрено в диапазоне 0–1,5 м. В таблице 1 приведены частные случаи геометрических моделей перевозимого груза, используемые при анализе динамических качеств вагона, а также координаты его центра тяжести, причем начало координат осей x и y совпадает с продольной и поперечной плоскостями симметрии вагона, а ось z ведет отсчет от вершины головки рельса.

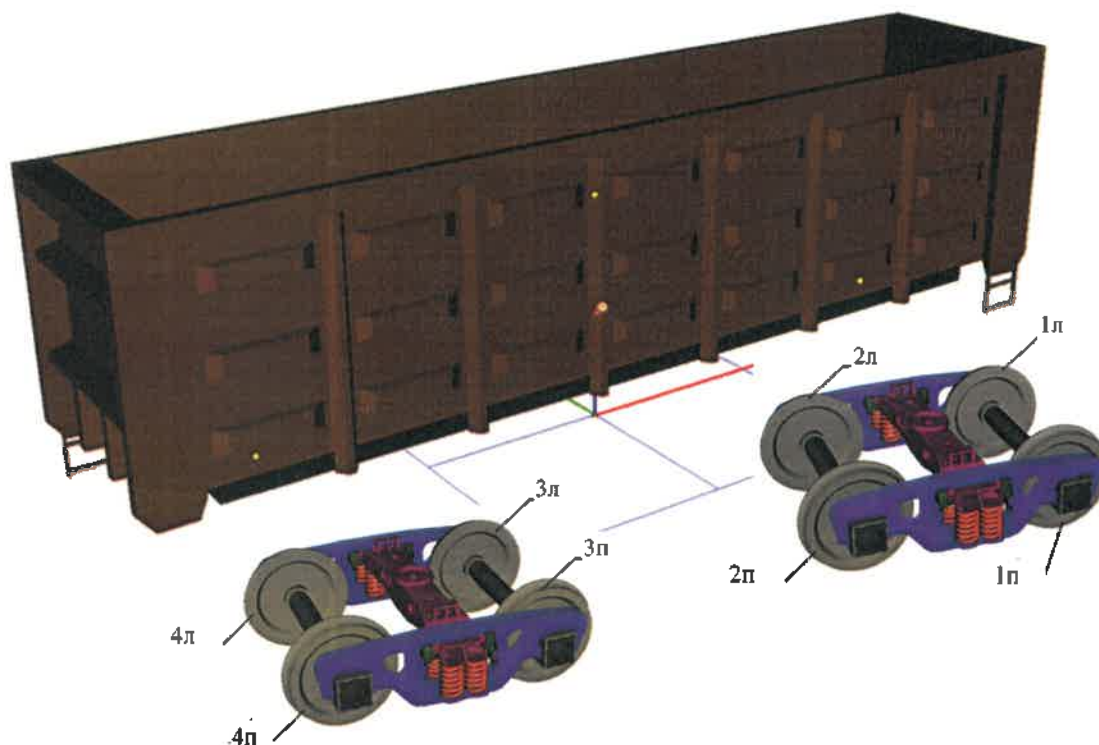



Рисунок 1 – Динамическая модель вагона с грузом

Таблица 1 – Геометрические модели перевозимого груза и координаты его центра тяжести

Геометрическая модель груза	Координаты центра тяжести, м	Геометрическая модель груза	Координаты центра тяжести, м
	$x = 0;$ $y = 0;$ $z = 2,12$		$x = \pm 0,546;$ $y = 0;$ $z = 2,14$
	$x = \pm 1,02;$ $y = 0;$ $z = 2,19$		$x = \pm 1,497;$ $y = 0;$ $z = 2,27$

Генерация путевых неровностей выполнена на основе подхода, используемого Международным объединением железных дорог (UIC). Функциональные зависимости, описывающие спектральную плотность неровностей, имеют следующий вид [9]:

– для горизонтальных неровностей

$$\Phi(\Omega) = \frac{a_H \cdot \Omega_C^2}{(\Omega^2 + \Omega_R^2) \cdot (\Omega^2 + \Omega_C^2)}, \Omega > 0.$$

В таблице 2 приведены значения параметров функций спектральных плотностей, для различных вариантов состояния пути.

Таблица 2 – Значения параметров функций спектральных плотностей

Параметр	Качество пути	
	Хорошее (вариант 1)	Плохое (вариант 2)
$a_H, \text{см}^2 \text{ рад/м}$	$0,2119 \cdot 10^{-6}$	$0,611125 \cdot 10^{-6}$
$a_V, \text{см}^2 \text{ рад/м}$	$0,4032 \cdot 10^{-6}$	$1,08 \cdot 10^{-6}$
$\Omega_C, \text{рад/м}$	0,8226	
$\Omega_R, \text{рад/м}$	0,0206	
$\Omega_S, \text{рад/м}$	04380	
b_A	0,75	

– для полусуммы вертикальных неровностей

$$\Phi(\Omega) = \frac{a_V \cdot \Omega_C^2}{(\Omega^2 + \Omega_R^2) \cdot (\Omega^2 + \Omega_C^2)}, \Omega > 0;$$

– для полуразности вертикальных неровностей

$$\Phi(\Omega) = \frac{1}{b_A^2} \cdot \frac{\Omega^2}{(\Omega^2 + \Omega_S^2)} \cdot \frac{a_V \cdot \Omega_C^2}{(\Omega^2 + \Omega_R^2) \cdot (\Omega^2 + \Omega_C^2)}, \Omega > 0.$$

Результаты компьютерного моделирования. Используя описанную модель, выполним оценку влияния продольного смещения груза в вагоне на безопасность движения по критерию схода колеса с рельса. Рассмотрим движения одиночного полувагона с постоянной скоростью при различных положениях перевозимого груза, состояниях рельсового пути в кривой малого радиуса, а также при прохождении стрелочных переводов. Рассмотренные расчетные случаи в общем виде сведены в таблицу 3, в которой положительное смещение центра масс груза соответствует направлению движения вагона, отрицательное – противоположному.

Таблица 3 – Расчетные случаи

Макрогеометрия пути	Состояние рельсовой колеи	Смещение центра масс груза в продольном направлении относительно геометрического центра кузова	Скорость движения, км/ч
I Кривая радиусом 350 м	Ia Неровности пути в горизонтальной и вертикальной плоскостях отсутствуют	$0 \leq \Delta x \leq 1,5$ $-1,5 \leq \Delta x \leq 0$	$10 \leq v \leq 80$
	Iб Неровности пути в горизонтальной и вертикальной плоскостях имеются (вариант 1)	$\Delta x = \pm 1,5$	
	Iв Неровности пути в горизонтальной и вертикальной плоскостях имеются (вариант 2)	$0 \leq \Delta x \leq 1,5$ $-1,5 \leq \Delta x \leq 0$	
II Стрелочный перевод 1/9, 1/11	IIa Неровности пути в горизонтальной и вертикальной плоскостях имеются (вариант 2)	$0 \leq \Delta x \leq 1,5$ $-1,5 \leq \Delta x \leq 0$	$10 \leq v \leq 50$

На рисунке 2 приведены результаты определения коэффициента запаса устойчивости колес против схода с рельс при движении в кривой с радиусом 350 м, для режима Ia и при максимальном продольном смещении центра тяжести груза $\Delta x = \pm 1,5$ м, а также при его отсутствии. Графики изменения минимального значения коэффициента устойчивости приведены в зависимости от скорости движения для колес 1л и 3л (обозначения приведены на рисунке 1). Отметим, что для других колес $k_{уст}$ имеет существенно большие значения, а левая сторона вагона соответствует внешней стороне кривой.

Из приведенных на рисунке 2 графиков видно, что при отсутствии смещения центра тяжести груза в про-

дольном направлении наблюдается тенденция снижения значения $k_{уст}$ для всех рассмотренных случаев по мере увеличения скорости движения.

В то же время при смещении груза происходит перераспределение нагрузок на оси. В частности, при смещении в сторону движения вагона первая тележка (колеса 1л, 2л, 1п, 2п) оказывается более нагруженной по отношению ко второй (колеса 3л, 4л, 3п, 4п), соответственно, имеем обратную ситуацию при смещении груза в сторону, противоположную движению вагона. Как следствие, наблюдается увеличение значения $k_{уст}$ для колес первой по ходу тележки. Закономерна и ситуация, связанная со снижением коэффициента запаса

устойчивости колеса от схода при снижении вертикальной нагрузки вследствие смещения центра тяжести перевозимого груза. Важно отметить, что для рассматри-

ваемого режима движения снижение значения $k_{уст}$ достигает 20 % для колеса 1л, причем процент снижения значения растет по мере снижения скорости движения.

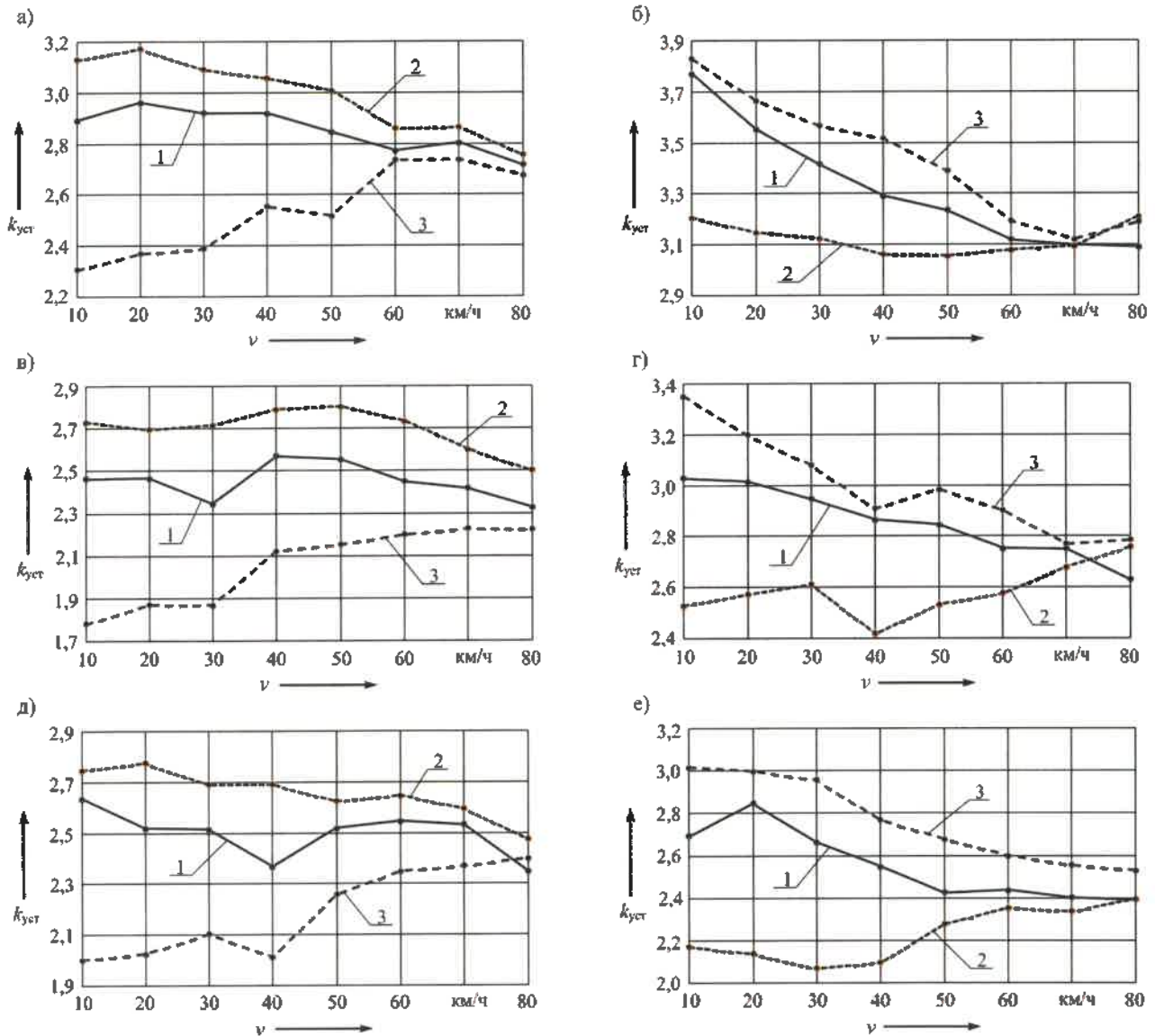


Рисунок 2 – Результаты определения коэффициента запаса устойчивости колес против схода с рельс при движении в кривой с радиусом 350 м: 1 – $\Delta x = 0$; 2 – $\Delta x = +1,5$ м; 3 – $\Delta x = -1,5$ м

Аналогичные тенденции наблюдаются и при режимах движения Iб и Iв (рисунок 1, в–е). В то же время выявлены особенности, которые связаны с минимальным значением $k_{уст}$ для колеса 3л с неровностями пути, соответствующими варианту II (рисунок 1, е) при движении вагона со скоростями 30–40 км/ч, а также с максимальным снижением значения $k_{уст}$ в результате смещения груза для колеса 3л в диапазоне скоростей 20–40 км/ч. Следует отметить, учет рассмотренных неровностей пути приводит к снижению $k_{уст}$ более чем на 25 % (рисунок 3).

Рассмотрим изменение значения $k_{уст}$ по мере смещения центра масс перевозимого груза при разных скоростях движения в кривой и состоянии пути, соответствующему варианту 2. На рисунке 4 приведены результаты оценки $k_{уст}$ левого набегающего колеса 1л, причем рассмотрены случаи смещения груза как в по-

ложительном направлении, так и в отрицательном. Установлено, что по мере смещения груза в направлении движения вагона значение $k_{уст}$ практически для всего рассмотренного диапазона скоростей увеличивается, что можно объяснить ростом вертикальной составляющей силы от колеса на рельс. В то же время при обезгруживании первой тележки вследствие смещения центра масс груза в обратную от направления движения вагона сторону наблюдается снижение $k_{уст}$ более чем на 20 %.

Рассмотрим отдельные результаты оценки снижения $k_{уст}$ при смещении центра масс груза на величину $-1,5$ м в случае движения по стрелочным переводам 1/9 и 1/11. На рисунке 5 приведены зависимости относительного изменения значений $k_{уст}$ для различных скоростей движения относительно случая отсутствия смещения груза.

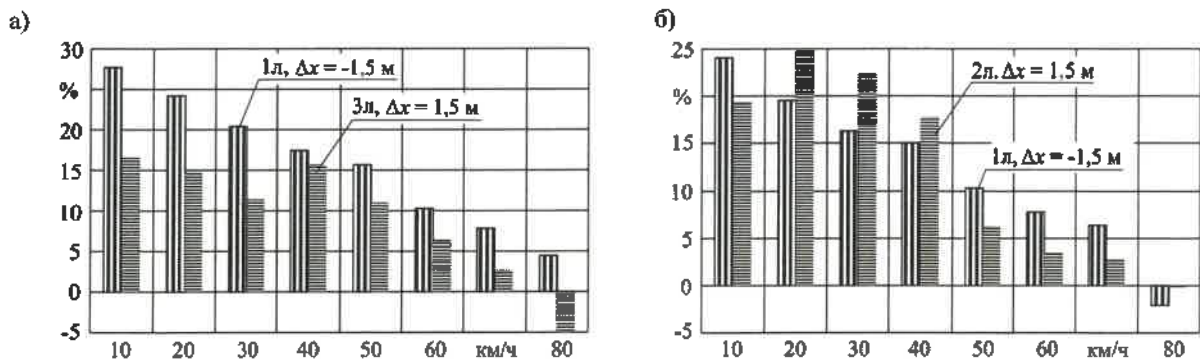


Рисунок 3 – Изменение $k_{уст}$, %, относительно случая отсутствия смещения груза:
а – вариант 1; б – вариант 2

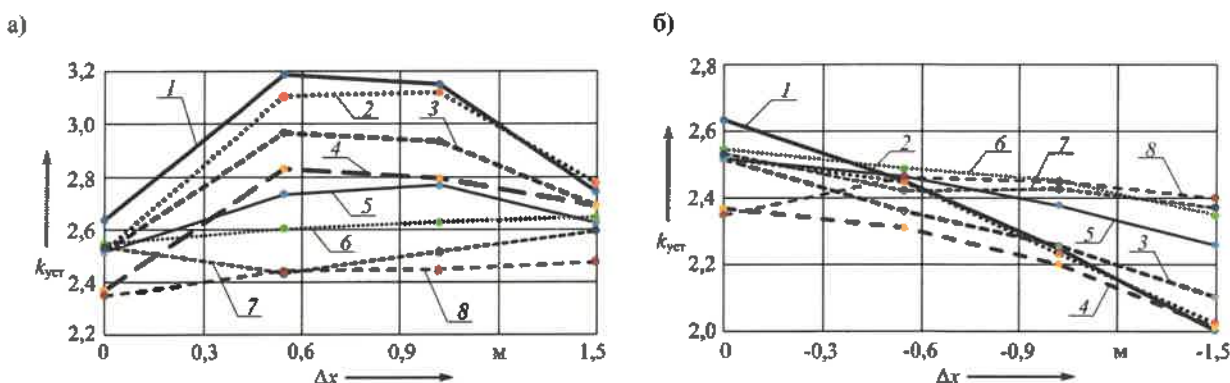


Рисунок 4 – Результаты моделирования устойчивости левого набегающего колеса 1л:
1 – $v = 10$ км/ч; 2 – $v = 20$ км/ч; 3 – $v = 30$ км/ч; 4 – $v = 40$ км/ч; 5 – $v = 50$ км/ч; 6 – $v = 60$ км/ч; 7 – $v = 70$ км/ч; 8 – $v = 80$ км/ч

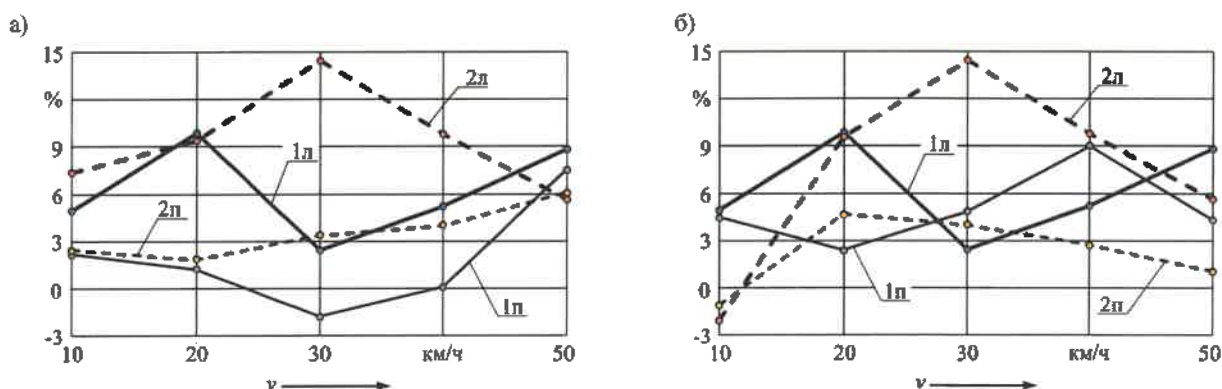


Рисунок 5 – Зависимости изменения, %, значений $k_{уст}$ при движении по стрелочным переводам относительно случая отсутствия смещения груза:
а – стрелка 1/11; б – стрелка 1/9

Результаты компьютерного моделирования показали, что смещение груза в продольном направлении может привести к снижению значения коэффициента устойчивости против схода колеса с рельса при движении по стрелочному переводу более чем на 14 %.

Заключение. С использованием программного комплекса «Универсальный механизм» выполнено компьютерное моделирование движения одиночного полувагона с грузом с учетом смещения его центра масс в продольном направлении. Оценка значений коэффициента запаса устойчивости от схода колеса с рельса показала, что:

- смещение центра тяжести груза в продольном направлении при движении в кривой радиусом 350 м и идеальном состоянии пути может привести к снижению $k_{уст}$ до 20 %, а с учетом неровностей путей в вертикаль-

ной и горизонтальной плоскостях приводит к снижению на 25 % и более;

- смещение груза в продольном направлении может привести к снижению значения $k_{уст}$ при движении по стрелочному переводу более чем на 14 %.

Следует отметить, что получены значения $k_{уст}$, значительно превышающие минимально допустимое значение. В то же время приведенные результаты характерны для идеального состояния ходовой части вагона, и учет отклонений геометрических размеров колесных пар, профиля колеса, дефектов поверхности катания, допускаемых в эксплуатации, а также характеристик рессорного подвешивания может привести к более существенному снижению динамических качеств вагона.

Список литературы

- 1 Анисимов, П. С. Влияние несимметричного размещения грузов на динамические показатели четырехосных платформ / П. С. Анисимов, Л. О. Грачева // Вестник ВНИИЖТ. – 1975. – № 4. – С. 31–36.
- 2 Анисимов, П. С. Условия перевозки крупногабаритных и негабаритных грузов на четырехосных платформах / П. С. Анисимов, Л. О. Грачева. – М. : Транспорт, 1977. – 41 с.
- 3 Бржезовский, А. М. Нормативы несимметричной загрузки вагонов при реализации максимальной грузоподъемности / А. М. Бржезовский // Проблемы механики железнодорожного транспорта : тез. докл. – Днепропетровск, 1996. – С. 10.
- 4 Бржезовский, А. М. О нормировании параметров несимметричной загрузки универсальных грузовых вагонов / А. М. Бржезовский // Вестник ВНИИЖТ. – 2019. – № 2. – С. 82–89.
- 5 Львов, А. А. Динамика четырехосного полувагона при несимметричном его нагружении / А. А. Львов, В. А. Музыкин // Вестник ВНИИЖТ. – 1965. – № 4. – С. 8–12.
- 6 Погорелов, Д. Ю. Введение в моделирование динамики систем тел : учеб. пособие / Д. Ю. Погорелов. – Брянск : БГТУ, 1997. – 156 с.
- 7 Путятю, А. В. Теория и практика совершенствования конструкций кузовов вагонов с учетом взаимодействия с перевозимыми грузами : [монография] / А. В. Путятю. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 295 с.
- 8 Технические условия размещения и крепления грузов: Приложение 3 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) // Организация сотрудничества железных дорог (ОСЖД) [Электронный ресурс]. – 2015. – 714 с. – Режим доступа : https://www.rw.by/uploads/userfiles/files/prilogenije_3_smsg_2015.pdf. – Дата доступа : 08.05.2021.
- 9 Универсальный механизм 9. Руководство пользователя: моделирование динамики железнодорожных экипажей [Электронный ресурс]. – 2020. – 269 с. – Режим доступа : <http://www.umlab.ru/pages/index.php?id=3>. – Дата доступа : 08.05.2021.
- 10 Brzhezovskiy, A. Availability Coach Loading at Full Use of Load – Carrying Capacity / A. Brzhezovskiy // STS-Conference IHNA «Wheel/Rail Interface», Moscow, June 14–17 1999. – М. : Intext, 1999. – Vol. 2. – P. 559–560.

Получено 17.05.2021

A. V. Putsiata. Estimation of the influence of longitudinal displacement of the center of the cargo masses on the stability of a gondola car against derailment.

A description of a computer model of the dynamics of a gondola car with a load, the center of gravity of which has a longitudinal displacement, is given. An assessment of the influence of the longitudinal displacement of the center of mass of the load on the stability of the gondola car against derailment at different technical conditions of the track and the passage of turnouts is carried out. It was found that the displacement of the center of gravity of the load in the longitudinal direction when moving in a curve and along turnouts can lead to a decrease in the stability of the wheel against derailment by 25 % or more.

УДК 656.0.224.072

Ю. Г. САМОДУМ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
Е. В. ПИСАРЕНКО, ЗАО «Штадлер Минск»

ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЗОВ СЕРИИ ТМЭ

Проанализированы неисправности электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 маневровых локомотивов серии ТМЭ1 и ТМЭ2. Установлено, что количество отказов функциональных блоков преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 растет с увеличением срока работы тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2. Приведено распределение отказов составляющих электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4. Предложен алгоритм выявления работоспособности электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 маневровых локомотивов серии ТМЭ1 и ТМЭ2.

Современный локомотив представляет собой сложную систему механических и электронных устройств, правильная работа которых обеспечивает безопасность движения и соблюдение графика движения. Применение электроники позволяет автоматизировать управление системами локомотива, адаптировать их работу к различным условиям движения поезда. В то же время при ряде положительных моментов внедрения электронных систем управления появились и новые проблемы, связанные со сложностью диагностирования и устранения неисправностей микропроцессорного оборудования.

В процессе эксплуатации тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 наблюдаются случаи выхода из строя электронного оборудования, в частности блоков преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 распределительного шкафа РЗ. Преобразователь собственных нужд типа РМ120-4 разработан для маневровых локомотивов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 и обеспечивает питание вспомогательного оборудования локомотива (электродвигатель компрессора и вентиляторов), бортовых сетей локомотива 24 В и 110 В, зарядку аккумуляторных батарей, а также возбуждение вспомогательного и тягового генераторов переменного тока.

С целью определения частоты отказов электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 выполнен анализ выхода из строя комплектующих преобразователя на пятнадцати тепловозах серии ТМЭ1 и трех тепловозах серии ТМЭ2 2011–2014 за период с 01.01.2016 по 30.10.2019 год.

Анализ показал, что неисправности составляющих электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 по убывающей распределились следующим образом:

- блок возбуждения тягового генератора *GU4* – 27,5 %;
- инвертор, питающий электродвигатель компрессора и вентилятора охлаждения компрессора *GS1* – 17,3 %;
- инвертор, питающий вентиляторы охлаждения двигателя внутреннего сгорания *GS3* – 14,3 %;
- инвертор, питающий вентиляторы охлаждения тяговых электродвигателей локомотива *GS2* – 9,2 %;
- зарядное устройство *GU1* – 9,2 %.

На рисунке 1 представлена доля неисправности электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4.

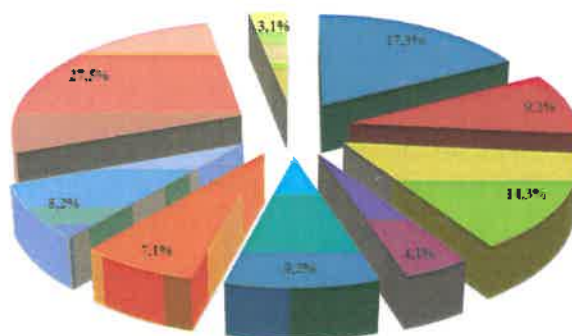


Рисунок 1 – Доля неисправности электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4:

■ GS1 ■ GS2 ■ GS3 ■ GS4 ■ GU1 ■ GU2
■ GU3 ■ GU4 ■ GU5

Учитывая, что инверторы *GS1*, *GS2* и *GS3* аппаратно реализованы одинаково, то в соответствии с диаграммой, представленной на рисунке 1, можно сделать вывод, что наибольшее число неисправностей приходится на электронные блоки *GS1*–*GS3* (40,8 %).

Также выполненный анализ показал, что количество отказов функциональных блоков преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 растет с увеличением срока работы тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 (рисунок 2).

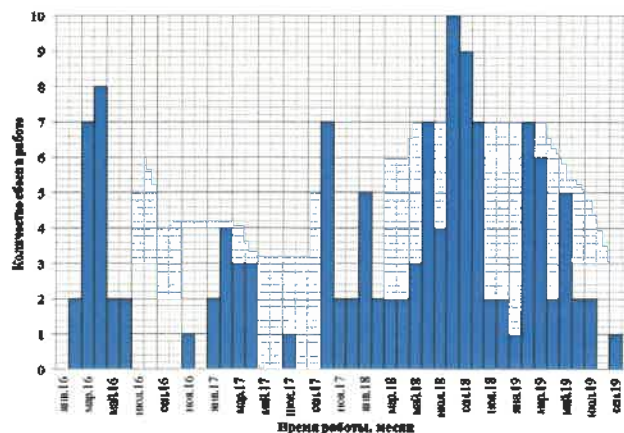


Рисунок 2 – Количество отказов функциональных блоков преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 от времени работы

В большинстве случаев при отказе электронных блоков GS1–GS3 их меняют на исправные. В то же время есть необходимость определить неисправную деталь в блоках, замена которой значительно снизит затраты на ремонт. Таким образом, необходимо выработать алгоритм поиска неисправности, поскольку при отсутствии утвержденной методики ремонта таких блоков, используются самые разнообразные подходы.

Начальный этап диагностирования электронных блоков распределительного шкафа R3 тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 заключается в проверке наличия питания, соответствующего 24 В. Для этого необходимо выполнить осмотр индикации светодиодов функциональных блоков распределительного шкафа R3 [1]. Отклонения в индикации у блоков преобразователя собственных нужд R3 типа РМ120-4 тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 сигнализирует об отсутствии или частичной потере напряжения питания, равного 24 В.

Следующий этап проверки работоспособности электронного оборудования распределительного шкафа R3 типа РМ120-4 сводится к визуальному осмотру всех подводящих разъемов на наличие дефектов. При обнаружении трещин на корпусе, оплавления контактов, поврежденной защелки разъем необходимо заменить. Проверить целостность клеммных соединений, а также осмотреть дисплей прибора контроля изоляции BENDER на наличие тревожных сообщений «ALARM1» и «ALARM2», сигнализирующих о низкой изоляции цепи преобразователя собственных нужд R3 тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 [1].

При появлении на дисплейном модуле локомотива тревожного сообщения, связанного с одновременным выходом из строя ряда оборудования распределительного шкафа R3, например, инверторов GS1, GS2 и GS3, необходимо выполнить проверку исправности CAN-шины, так как в большинстве случаев возникновение данного сообщения вызвано выходом из строя любого элемента CAN-шины, по которой происходит передача и обмен информации с электронным регулятором тепловоза.

Сокращение CAN расшифровывается как Controller Area Network, то есть сеть контроллеров. CAN-шина – это одно из устройств в электронной автоматике локомотива, основной задачей которой является объединение различных датчиков и процессоров в общую синхронизированную систему. Она обеспечивает сбор и обмен данными, посредством чего в работу различных систем и узлов тепловоза вносятся необходимые корректировки.

На тепловозах серии ТМЭ1 и ТМЭ2 используется CAN-шина, состоящая из трех каналов:

- CAN-H (служит для передачи высокоуровневых сигналов);
- CAN-L (служит для передачи низкоуровневых сигналов);
- CAN-0 (служит для выравнивания потенциалов отдельных узлов, чтобы повысить помехозащищенность при воздействии синфазной помехи).

Упрощенная схема соединения функциональных блоков распределительного шкафа R3 типа РМ120-4 по CAN-шине представлена на рисунке 3 [2].

Для диагностирования неисправностей в цепях с последовательным подключением элементов можно использовать известный метод «средней точки».

Сущность данного метода заключается в том, что проверяемый участок схемы на каждом этапе проверки разделяют на два равных участка.

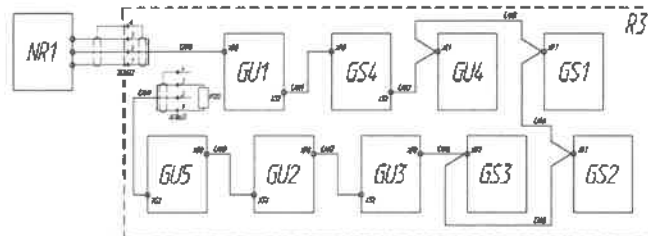


Рисунок 3 – Схема соединения функциональных блоков распределительного шкафа R3 типа РМ120-4 по CAN-шине

При выполнении проверки CAN-шины с использованием цифрового мультиметра в режиме «прозвонка» разъемы XC86/2 и XC86/3 необходимо отключить. Так как на схеме, представленной на рисунке 3, двадцать девять элементов (включая кабели), то для первой проверки можно выбрать соединение XP7 электронного блока GS2. Если зуммер мультиметра M при подключении, показанном на рисунке 4, будет издавать звуковой сигнал, значит, цепь от соединения XP7 до разъема XC86/3 исправна. Дальнейшую проверку необходимо осуществлять на участке от разъема XC86/2 до соединения XP7 инвертора GS2. Если зуммер мультиметра M не издавал звукового сигнала, неисправность находится на участке от соединения XP7 электронного блока GS2 до разъема XC86/3 и дальнейшую проверку необходимо выполнять на этом участке.

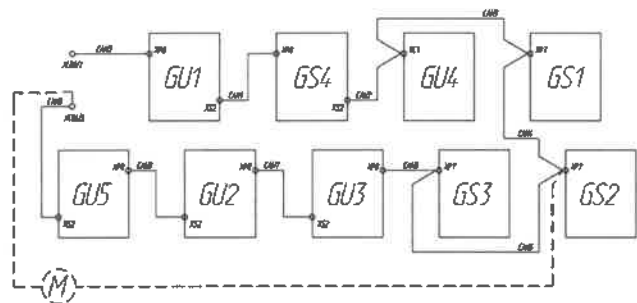


Рисунок 4 – Схема подключения щупов мультиметра при проверке методом «средней точки» CAN-шины распределительного шкафа R3 типа РМ120-4

Согласно проведенному анализу работы электронных блоков распределительного шкафа R3 типа РМ120-4 тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 наибольшее количество неисправностей приходится на электронные блоки GS1, GS2 и GS3 (40,8 %).

При выявлении неисправности одного из указанных электронных блоков необходимо выполнить проверку наличия питания и величину напряжения питания – 24 В. Для этого необходимо убедиться, что контрольный светодиод на блоке питания инвертора горит зеленым цветом. Не горящий светодиод указывает на отсутствие напряжения, приходящего в блок питания инвертора. Если светодиод горит красным цветом, то это указывает на перегорание предохранителя и требует его проверки.

Дальнейшая диагностика блока питания инверторов GS1, GS2 и GS3 сводится к проверке наличия трех выходных напряжений: «+15 В», «-15 В» и «+5 В», что

должно подтверждаться наличием зеленого свечения трех соответствующих светодиодов. В противном случае высока вероятность, что неисправны стабилизаторы.

По индикации светодиодов на плате процессора электронных блоков *GS1–GS3* можно определить наличие напряжения «+5 В». Если светодиод мигает зеленым цветом с определенной частотой, то это указывает на исправность блока питания инвертора и наличие «+5 В» на плате процессора электронного блока. Если светодиод горит красным цветом, это указывает на потерю питания или нестабильное питание платы процессора напряжением «+5 В».

Если указанные выше индикаторы не сигнализируют о каких-либо неисправностях, то необходимо выполнить проверку силовых модулей. В качестве силовых модулей используются собранные в модуль биполярные транзисторы с изолированным затвором *IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)* – это гибрид биполярного и полевого транзистора с изолированным затвором. Данное сочетание привело к тому, что модуль унаследовал положительные качества как полевого транзистора, так и биполярного. Суть его работы заключается в том, что полевой транзистор управляет мощным биполярным. В результате переключение мощной нагрузки становится возможным при малой мощности, так как управляющий сигнал поступает на затвор полевого транзистора.

Схема силового *IGBT*-модуля, используемого в инверторах *GS1, GS2* и *GS3* распределительного шкафа *R3* типа *PM120-4*, представлена на рисунке 5.

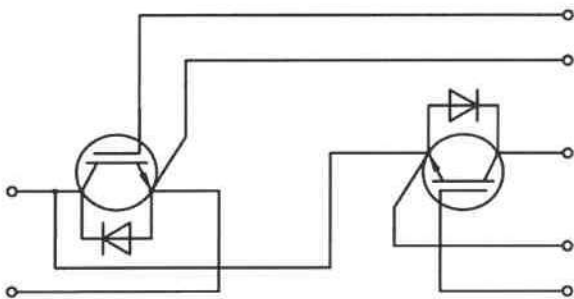


Рисунок 5 – Схема силового *IGBT*-модуля типа *FF300R12KE4*

Диагностирование *IGBT*-модуля сводится к проверке целостности диодов *VD1, VD2* и исправности транзисторов *VT1, VT2*.

Для проведения проверки диодов *VD1* и *VD2* необходимо применить цифровой мультиметр в режиме «проверка диодов». Чтобы убедиться в функционировании элемента, необходимо произвести прямое включение: подключить анод к плюсовому значению (красный щуп), а катод – к минусовому (черный). При этом на дисплее мультиметра должно появиться значение пробивного напряжения диода, это значение в среднем составляет от 100 до 800 мВ. При обратном под-

ключении на мониторе будет отображаться символ – «*OL*», который означает, что сопротивление велико настолько, что электрический ток не протекает. Выполнение всех описанных выше условий сигнализирует об исправности диодов силового модуля.

Для диагностирования биполярного транзистора с изолированным затвором, входящего в состав модуля типа *FF300R12KE4*, необходимо проверить его открытие при подаче управляющего напряжения 5 В на затвор и его закрытие при снятии управляющего питания [2]. Для диагностирования транзистора *VT1* необходимо подключить блок питания к выводам «6», «7» *IGBT*-модуля, а также установить щупы мультиметра, переведенного в режим «прозвонка», на контакты «1» (красный щуп) и «2» (черный щуп).

Если при отсутствии управляющего сигнала на затворе, при условии исправности диода *VD1*, на дисплее мультиметра отображается символ «*OL*», а при подаче питания наблюдается небольшое падение напряжения, лежащее в диапазоне 300–500 мВ, то проверяемый транзистор является исправным. В противном случае требуется их замена. Данный способ диагностирования инверторов *GS1, GS2* и *GS3* распределительного шкафа *R3* типа *PM120-4* позволяет определить дефектный модуль функционального блока, тем самым сократив время на поиск неисправности.

Можно сделать вывод, что, основываясь на опыте эксплуатации тепловозов серии *ТМЭ1* и *ТМЭ2*, необходимо разработать и утвердить алгоритм выявления неисправностей электронных блоков с целью снижения затрат на их восстановление.

Так, стоимость одного трехфазного инвертора *GS1–GS3* типа *SN400-70.ZV* составляет 17092,80 рублей [3]. Согласно анализу коммерческих предложений на комплектующие ремонт указанного электронного оборудования составит около 8546,40 рублей, что позволит на 50 % снизить затраты на ремонт по отношению к варианту, когда приобретается новый инвертор.

Далее возможно разработать методику ремонта такого оборудования, реализовав ее в технологических инструкциях по техническому обслуживанию и ремонту электронных блоков тепловозов серии *ТМЭ* в локомотивных депо Белорусской железной дороги.

Список литературы

- 1 Электрическая схема распределительного шкафа *R3* типа *PM120-4: V00070B*. – Введ. 2012-29-06. – Ческа-Тршебова : CZ LOKO, 2012. – 8 с.
- 2 Преобразователь собственных нужд *R3* типа *PM120-4*. Руководство по эксплуатации: *TGP016269_1*. – Введ. 2014-23-02. – Ческа-Тршебова : CZ LOKO, 2014. – 25 с.
- 3 Центр заключения контрактов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://contract-center.ru>. – Дата доступа : 24.11.2019.

Получено 30.04.2021

Yu. G. Samodum, E. V. Pisarenko. Diagnostics of electronic control units of locomotiv series TME.

The analysis of the malfunction of the electronic equipment of the *PM120-4* type auxiliary converter for shunting locomotives of the *TME1* and *TME2* series has been carried out. It has been established that the number of failures of functional blocks of the *PM120-4* type auxiliary converter increases with the increase in the service life of *TME1* and *TME2* diesel locomotives. Distribution of failures of components of electronic equipment of auxiliaries converter of *PM120-4* type is given. An algorithm for detecting the operability of the electronic equipment of the *PM120-4* type converter of auxiliary locomotives of the *TME1* and *TME2* series shunting locomotives is proposed.

УДК 656.212.5.073:658.011.56

В. В. БУРЧЕНКОВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСКОРЕНИЙ ГОРОЧНЫХ ТЕПЛОВЗОВ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТИ РОСПУСКА СОСТАВОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ

Повышение перерабатывающей способности сортировочных станций зависит от эффективной реализации переменной скорости надвига и роспуска составов, это обусловлено ускорениями, которые может развивать горочный тепловоз. Применение тепловозов с повышенной секционной мощностью актуализирует формулирование и решение задачи определения влияния ускорения на повышение средней скорости расформирования составов.

Введение. Для управления скоростью надвига и роспуска составов с горки на сортировочных станциях используется система телеуправления горочным локомотивом ТГЛ, являющаяся составной частью комплексной системы автоматического управления сортировочным процессом КСАУ СП. К одному из основных требований, предъявляемых к задаваемым скоростям надвига и роспуска, относится их реализуемость [1]. При вычислении средней скорости роспуска состава между двумя последовательными отрывами отцепов необходим учет ряда факторов, влияющих на расчетное время, которое обеспечивает прохождение первым отцепом участка регулирования определенной длины. К числу указанных факторов следует отнести ускорение (замедление), развиваемое горочным локомотивом во время роспуска состава; недоучет его может привести не только к искажению начальных интервалов скатывания отцепов, но и к повторному сцепу вагонов на вершине горки; и то и другое снижает качество расформирования составов [2, 3].

Постановка задачи. Использование на крупных сортировочных станциях мощных маневрово-вывозных тепловозов ТЭМ7А, оснащенных современной системой телеуправления, (станция Усть-Лужская Октябрьской ж. д., станция Свердловск-Сортировочный Свердловской ж. д. и др.) актуализирует формулировку и решение задачи повышения средней скорости надвига и роспуска составов за счет реализации повышенных ускорений при увеличении и уменьшении заданий по скорости движения [4]. Система автоматического регулирования скорости тепловоза САР СТ, в качестве локомотивной части системы ТГЛ предназначена для решения этой задачи. Она обеспечивает поддержание заданной скорости при изменении сопротивления движению, а также автоматическое управление дизель-генераторной установкой тепловоза и пневматическими тормозами при увеличении или уменьшении скорости надвига и роспуска.

При этом необходимо ответить на вопрос: какие ускорения и замедления должны и могут развивать горочные тепловозы ТЭМ7А и ЧМЭЗ для реализации тех перепадов скоростей, которые задаются устройством управления в процессе роспуска составов с горки.

Основная часть. *Определение ускорений (замедлений), которые должен обеспечить тепловоз при реализации заданного изменения скоростей движения смежных отцепов.* Примем скорость роспуска в момент отрыва от состава i -го отцепа равной V_i ; $(i + 1)$ -го отцепа –

V_{i+1} . Перепад скоростей роспуска двух смежных отцепов, м/с,

$$v_n = \pm(v_{i+1} - v_i). \quad (1)$$

Временной интервал t_n , в течение которого тепловозом должен быть реализован перепад скоростей v_n , определяется ускорением (замедлением), которое развивает тепловоз, с:

$$t_n = (v_{i+1} - v_i) / a. \quad (2)$$

Временной интервал t_0 между смежными отцепами определяется моментами прохода центров тяжести их через вершину горки [7], с:

$$t_0 = \left(\frac{l_{i+1}}{2} + \frac{l_i}{2} \right) / v_{i+1}, \quad (3)$$

где l_i, l_{i+1} – длины i -го и $i+1$ -го отцепов соответственно.

Очевидно, t_0 должно быть больше или равно t_n . Из условия $t_0 = t_n$ получим выражение для определения ускорения (замедления) a состава при роспуске, которое следует обеспечить тепловозу при переходе от скорости v_i до v_{i+1} для различных длин смежных отцепов, м/с²:

$$a = 2v_{i+1}v_n / (l_{i+1} + l_i). \quad (4)$$

Результаты расчетов по формуле (4) (длина одиночного вагона принята равной 15 м) приведены в таблице 1. В дальнейшем под v_{i+1} будем представлять задаваемую скорость роспуска v .

Таблица 1 – Значения ускорений (замедлений) a , которые должен обеспечить тепловоз для реализации заданного изменения скоростей

$l_i + l_{i+1}, \text{ м}$	$v_{i+1}, \text{ м/с}$	$v_n, \text{ м/с}$		
		0,28	0,55	0,83
28	2,22	0,044	0,087	0,131
	1,67	0,033	0,065	0,099
	1,11	0,022	0,043	0,066
42	2,22	0,029	0,058	0,088
	1,67	0,022	0,043	0,066
	1,11	0,015	0,029	0,044
56	2,22	0,022	0,043	0,066
	1,67	0,016	0,033	0,049
	1,11	0,011	0,022	0,033
70	2,22	0,017	0,035	0,052
	1,67	0,013	0,026	0,039
	1,11	0,009	0,017	0,026
84	2,22	0,019	0,029	0,044
	1,67	0,011	0,022	0,033
	1,11	0,007	0,014	0,022

Из таблицы 1 видно, что наибольшие значения ускорений (замедлений) имеют место для смежных отцепов, являющихся одиночными вагонами, при изменении скоростей свыше 1 км/ч. Это, очевидно, связано с тем, что в данном случае временной интервал t_0 не велик.

Оценка ускорений, реализуемых горочным тепловозом. Значения ускорений, развиваемых локомотивом, ограничиваются как техническими возможностями тепловоза и весом состава, так и параметрами подвижной и спускной части горки, определяющими условия отрыва отцепов от состава.

Уравнение движения подвижного состава при надвиге [7] имеет вид

$$F_k - W_k = \frac{P+Q}{g} a, \quad (5)$$

где F_k – касательная сила тяги локомотива; W_k – сила сопротивления движения; P, Q – вес тепловоза и состава, соответственно; g – ускорение свободного падения; a – ускорение, развиваемое тепловозом.

Из формулы (5) находим величину a , м/с²:

$$a = \frac{F_k}{P+Q} g - \frac{W_k}{P+Q} g = g(f_k - \omega_k), \quad (6)$$

где f_k – удельная сила тяги; ω_k – удельное сопротивление движению, Н/кН.

Касательная сила тяги F_k в диапазоне скоростей роспуска для локомотивов ТЭМ2, ЧМЭЗ и ТЭМ7А, применяемых на сортировочных станциях, получена на основе анализа тяговых характеристик этих тепловозов (таблица 2).

Силу сопротивления W_k трудно выразить аналитически, поэтому ее рассчитывают через основное удельное сопротивление движению подвижного состава ω_0 , определяемое по эмпирическим формулам [11].

Таблица 2 – Касательная сила тяги маневровых тепловозов
В килоньютонах

v, м/с	Локомотив		
	ТЭМ2	ЧМЭЗ	ТЭМ7А
0,83	370	365	570
1,11	362	361	560
1,39	360	356	540
1,67	350	352	505
1,94	340	349	460
2,22	300	345	430
2,50	250	342	390
2,78	240	274	355

Основное удельное сопротивление движению поезда

$$\omega_0 = (\omega_0' P + \omega_0'' Q) / (P + Q), \quad (7)$$

Таблица 3 – Ускорения a и замедления a_3 , развиваемые горочными локомотивами типа ЧМЭЗ и ТЭМ 7А, при различных массах составов и скоростях роспуска

v, м/с	Тип тепловоза	В метрах в секунду									
		$P+Q, \tau$									
		500		1500		2500		3500		4500	
		a	a_3	a	a_3	a	a_3	a	a_3	a	a_3
0,83	ЧМЭЗ	0,647	0,112	0,169	0,0835	0,0744	0,0776	0,0335	0,0751	0,0107	0,0737
	ТЭМ7А	1,049	0,127	0,303	0,0843	0,1540	0,0806	0,0909	0,0772	0,0554	0,0753
1,11	ЧМЭЗ	0,639	0,111	0,167	0,0830	0,0728	0,0773	0,0343	0,0749	0,0098	0,0735
	ТЭМ7А	1,029	0,125	0,297	0,0877	0,1510	0,0802	0,0881	0,0769	0,0532	0,0751

где ω_0', ω_0'' – основное удельное сопротивление движению тепловоза и вагонов в составе соответственно, кгс/тс.

Величина ω_0' зависит от скорости движения локомотива V

$$\omega_0' = 1,9 + 0,01V + 0,003V^2. \quad (8)$$

В диапазоне скоростей надвига и роспуска (от 0,83 до 2,78 м/с) ω_0' мало зависит от v и может быть принято постоянной величиной.

Основное удельное сопротивление движению всех вагонов в составе можно определить по формуле

$$\omega_0'' = 1,0 + 0,044v + 0,00024v^2. \quad (9)$$

Учитывая незначительное влияние v в диапазоне от 0,83 до 2,78 м/с на ω_0'' , можно дать численное значение ω_0'' , рассчитанное по формуле (9) и равное 1,46 Н/кН.

Дополнительное сопротивление движению от противоуклона, стрелок и кривых принимается постоянным при длине состава L_n , большей длины противоуклона L_y . При $L_n < L_y$ дополнительное сопротивление определяется длиной состава, находящегося на противоуклоне. Дополнительное удельное сопротивление движению от кривых участков пути определяется для всех видов подвижного состава по следующим формулам:

– для кривых радиусом $R \geq 300$ м

$$\omega_r = 700 / R; \quad (10)$$

– для кривых радиусом $R < 300$ м

$$\omega_r = 900 / (100 + R). \quad (11)$$

Таким образом, полное удельное сопротивление движению состава при надвиге и роспуске ω_k можно найти из выражения

$$\omega_k = \omega_0 + \omega_{nb} + \omega_r. \quad (12)$$

Численное значение полного удельного сопротивления, состоящего из основного и дополнительных сопротивлений, определенных по формулам (9)–(12), составит 7,02 Н/кН [6]. Учитывая, что ω_k мало зависит от скорости (в диапазоне от 0,83 до 2,78 м/с) и веса состава, именно это численное значение принято в расчетах развиваемых тепловозом ускорений. При увеличении скорости движения удельная тормозная сила b_r равна нулю, при торможении удельная касательная сила тяги f_k также равна нулю.

Расчет ускорений a при надвиге и роспуске состава в зависимости от веса состава и локомотива и типа локомотива при различных скоростях движения осуществлен по формуле (6), а результаты расчета приведены в таблице 3.

v, м/с	Тип тепловоза	P + Q, т									
		500		1500		2500		3500		4500	
		a	a ₃	a	a ₃	a	a ₃	a	a ₃	a	a ₃
1,39	ЧМЭЗ	0,639	0,110	0,164	0,0826	0,0708	0,0771	0,0309	0,0747	0,0088	0,0734
	ТЭМ7А	0,990	0,123	0,284	0,0872	0,0143	0,0798	0,0825	0,0767	0,0489	0,0749
1,67	ЧМЭЗ	0,621	0,108	0,161	0,0822	0,0693	0,0768	0,0298	0,0745	0,0079	0,0733
	ТЭМ7А	0,922	0,122	0,216	0,0866	0,1290	0,0795	0,0727	0,0764	0,0412	0,0748
1,94	ЧМЭЗ	0,615	0,107	0,159	0,0818	0,0681	0,0766	0,0290	0,0744	0,0073	0,0731
	ТЭМ7А	0,833	0,120	0,232	0,0861	0,1110	0,0792	0,0601	0,0762	0,0314	0,0746
2,22	ЧМЭЗ	0,608	0,106	0,156	0,0815	0,0665	0,0764	0,0278	0,0742	0,0064	0,0730
	ТЭМ7	0,774	0,119	0,212	0,0857	0,0999	0,0789	0,0517	0,0760	0,0249	0,0744
2,50	ЧМЭЗ	0,602	0,105	0,154	0,0811	0,0654	0,0762	0,0271	0,0741	0,0057	0,0729
	ТЭМ7А	0,696	0,118	0,186	0,0852	0,0842	0,0787	0,0405	0,0759	0,0162	0,0743

Развиваемые замедления движения при торможении состава. При торможении касательная сила тяги $F_k = 0$, поэтому формула (6) приобретает вид

$$a_3 = -g(b_k + \omega_k), \quad (13)$$

где b_k – удельная тормозная сила, т. е. сила, приходящаяся на 1 т состава $P + Q$, Н/кН.

В свою очередь

$$b_k = B_r / (P + Q), \quad (14)$$

где B_r – тормозная сила состава (поезда), кН.

Тормозную силу B_r определяют как произведение суммы действительных сил нажатия тормозных колодок $\sum K$ на действительный коэффициент трения φ_k :

$$B_r = 100 \sum_1^n K \varphi_k, \quad (15)$$

где n – число колес тепловоза.

Коэффициент трения чугунной стандартной колодки о колесо определяется по формуле

$$\varphi_k = 0,6 \frac{16K + 100}{80K + 100} \frac{V + 100}{5V + 100}, \quad (16)$$

где v – скорость движения, км/ч.

Сила нажатия K чугунных тормозных колодок тепловозов типа ЧМЭЗ и ТЭМ7А составляет 11,0 кН на ось, т. е. 5,5 кН на колесо [8].

Результаты расчетов замедления по формулам (13)–(16) приведены в таблице 3. Из таблицы 3 следует, что достигаемые величины a и a_3 слабо зависят от скорости роспуска, а требуемые значения a и a_3 , напротив, сильно от нее зависят. Для эффективной реализации переменной скорости роспуска по условиям интервального регулирования движения отцепов на спускной части горки тепловоз должен развивать ускорение 0,05–0,08 м/с² (при массовых скоростях роспуска 0,28–2,8 м/с). Максимально возможные ускорения, реализуемые горочным тепловозом, определяются при расформировании составов с начальной массой 5000 т до конечного значения, определяемого массой тепловоза. При этом ускорения рассчитаны для диапазона скоростей, используемых при роспуске составов с горки, 0,83–2,78 м/с с шагом 0,28 м/с. По результатам вычислений построены графики зависимости ускорения (рисунок 1) и замедления движения состава (рисунок 2) от скорости для поездов массой от 500–5000 тонн для тепловозов ТЭМ7А и ЧМЭЗ соответственно.

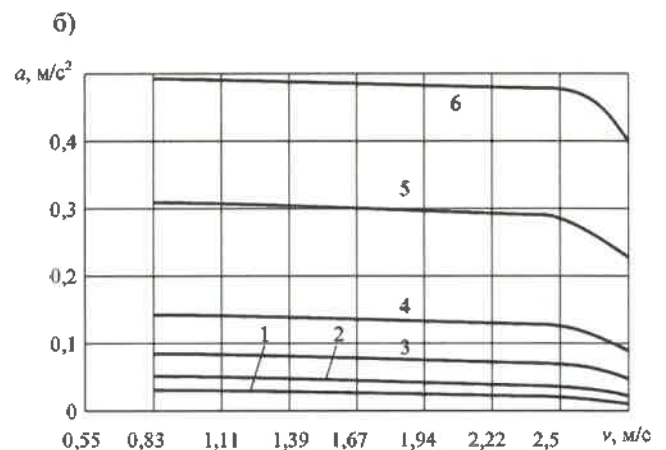
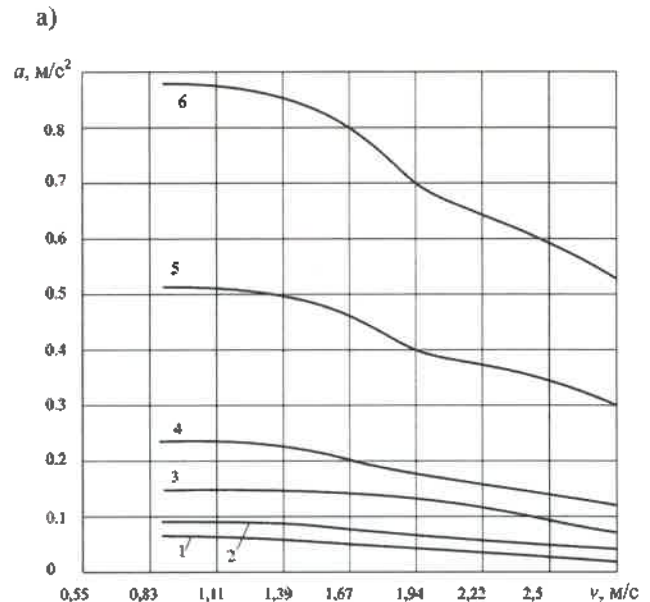


Рисунок 1 – Зависимости ускорений a , реализуемых тепловозами ТЭМ7А (а) и ЧМЭЗ (б), от скорости движения v , при различной массе состава Q : 1 – $Q = 5000$ т; 2 – $Q = 4000$ т; 3 – $Q = 3000$ т; 4 – $Q = 2000$ т; 5 – $Q = 1000$ т; 6 – $Q = 500$ т

Заключение. Наиболее рациональным ускорением для тепловоза ЧМЭЗ следует считать 0,05 м/с², так как ускорение 0,06–0,08 м/с² обеспечивается тепловозом данного типа лишь на предельных эксплуатационных режимах. Тепловоз ЧМЭЗ такое ускорение развивает при массе поезда до 2800 т полностью и до 4000 т частично, а замедление – до 5000 т включительно. Тепловоз ТЭМ7А ускорение 0,05 м/с² обеспечивается при

массе состава до 3800 т полностью и до 5000 частично, а замедление $0,05 \text{ м/с}^2$ тепловоз развивает с массой поезда свыше 5000 т. Из анализа приведенных зависимостей для тепловоза ТЭМ7А следует, что повышение секционной мощности тепловозов позволяет резко увеличить весовые нормы расформировываемых составов и обеспечить прирост скорости роспуска на $0,3\text{--}0,5 \text{ м/с}$ при переходе от локомотива ЧМЭЗ к ТЭМ7А. При этом перерабатывающая способность сортировочной горки увеличивается на 290 вагонов в сутки [9].

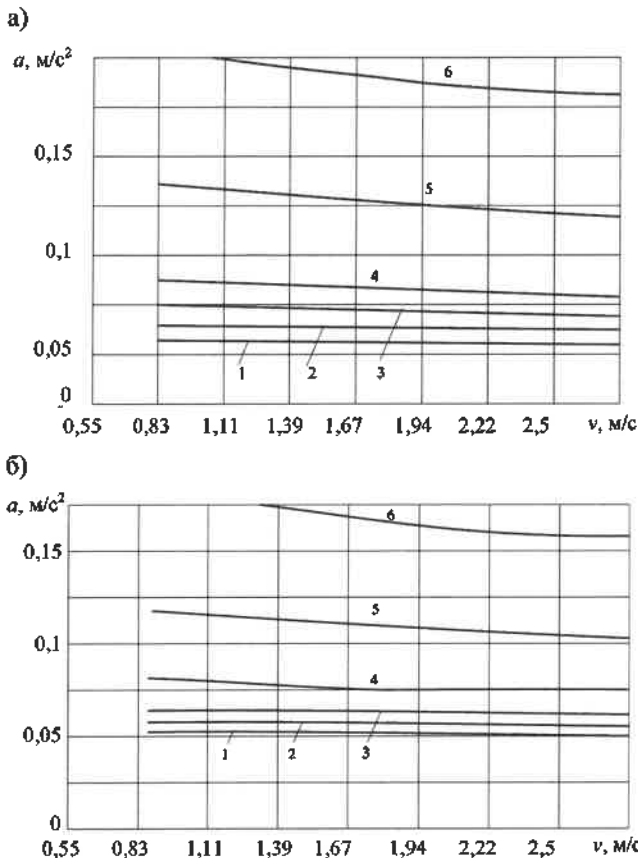


Рисунок 2 – Зависимость замедления a , развиваемого тепловозами ТЭМ7А (а) и ЧМЭЗ (б), от скорости движения v при различной массе состава Q : 1 – $Q = 500 \text{ т}$; 2 – $Q = 2000 \text{ т}$; 3 – $Q = 3000 \text{ т}$; 4 – $Q = 4000 \text{ т}$; 5 – $Q = 5000 \text{ т}$

Требования к показателям качества САР СТ. В обобщенных эксплуатационно-технических требованиях к комплексной системе автоматизации [7] точность поддержания скорости движения состава в диапазоне от $0,5$ до $2,8 \text{ м/с}$ должна быть не менее $0,1 \text{ м/с}$; в диапазоне от $2,8$ до $5,6 \text{ м/с}$ – не менее $0,3 \text{ м/с}$. Быстродействие САР СТ связано с реализацией необходимых ускорений $0,05\text{--}0,08 \text{ м/с}^2$ и параметрическими характеристиками горочных тепловозов.

Получено 03.03.2021

Burchenkov V. V. Assessment of the influence of the acceleration of hump locomotives on the implementation of the variable speed of breaking up trains on marshalling humps.

An increase in the processing capacity of marshalling yards depends on the effective implementation of a variable speed of advancing and breaking up of trains, this is due to the accelerations that a hump locomotive can develop. The use of diesel locomotives with increased sectional power actualizes the formulation and solution of the problem of determining the effect of acceleration on an increase in the average speed of disbandment of trains.

Выводы. Для проверки достаточности тяговых и тормозных возможностей тепловоза при реализации переменной скорости роспуска расформировываемого состава составлены аналитические выражения, которые связывают между собой скорость роспуска, перепад скоростей и величины достижимых ускорений и замедлений, определяемых техническими возможностями тепловоза и весом состава, а также силами сопротивления движению при роспуске.

Повышение секционной мощности тепловозов позволяет существенно увеличить весовые нормы расформировываемых составов и обеспечить прирост средней скорости роспуска на $0,3\text{--}0,5 \text{ м/с}$ при переходе от локомотива ЧМЭЗ к ТЭМ7А. Эффективная реализация переменной скорости роспуска повышает перерабатывающую способность сортировочной горки на 290 вагонов в сутки.

Список литературы

- 1 Шабельников, А. Н. Комплексная система автоматизированного управления сортировочными процессами – инновационный проект российских железных дорог : [монография]. – М. : ВНИТИ РАН, 2017. – 242 с.
- 2 Савицкий, А. Г. Инновационный подход к управлению движением на станциях / А. Г. Савицкий, А. В. Шурдак, И. В. Мирошкин // Автоматика, связь, информатика. – 2016. – № 3. – С. 24–27; № 4. – С. 36–38; № 5. – С. 25–28.
- 3 Серганов, И. Г. Расчет системы автоматического управления горочным тепловозом / И. Г. Серганов // Вестник ВНИИЖТ. – 1996. – № 8. – С. 45–56.
- 4 Shabelnikov, A. N. Intellectualization of Sorting Processes Control on the Basis of Instrumental Determination of Analogies (Скопус) / A. N. Shabelnikov, N. N. Lyabakh // Proceeding of the Second International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (IT17). – Vol. 1. – 2017. – P. 138–145.
- 5 Burchenkov, V. V. Prospects for the use of digital technologies in marshalling yards / V. V. Burchenkov, A. A. Markavtsov // Транспорт Евразии XXI века : Современные цифровые технологии на рынке транспортных и логистических услуг : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. – Алматы : КазАТК, 2018. – С. 23–24.
- 6 Модин, Н. К. Механизация и автоматизация станционных процессов / Н. К. Модин. – М. : Транспорт, 1985. – 224 с.
- 7 Бурченков, В. В. Определение параметров регулятора скорости горочного тепловоза / В. В. Бурченков // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2019. – № 1 (39). – С. 56–58.
- 8 Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М. : Транспорт, 1985. – 287 с.
- 9 Негрей, В. Я. Перспективы использования цифровых технологий на сортировочных станциях / В. Я. Негрей, В. В. Бурченков // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование : тр. седьмой науч.-техн. конф. (ИСУЖТ-2018). – М. : НИИАС, 2018. – С. 153–154.

УДК 681.518.54:629.4.067

В. В. БУРЧЕНКОВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, В. Д. ШАНТУР, Белорусская железная дорога, г. Минск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И ВЫЯВЛЕНИЯ КОНТРАФАКТНЫХ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Разработана технология защитного маркирования деталей и узлов подвижного состава с целью повышения уровня выявления контрафактных и фальсифицированных изделий как в эксплуатационных условиях, так и при ремонте. Предложены варианты размещения специальных датчиков на боковых рамах тележек, колесных парах и автосцепках, а также дооснащение существующих систем автоматического контроля подвижного состава устройствами для обработки информации от считывающих устройств скрытого защитного маркирования.

Введение. Разработка мер защиты от контрафактных изделий при проектировании грузовых вагонов, непрерывный контроль их в эксплуатации – актуальные задачи, стоящие сегодня перед специалистами вагонного хозяйства. Значимость этих проблем обусловлена большим количеством эксплуатируемых контрафактных деталей от списанных и разукomплектованных вагонов [1].

В ситуации с хищением узлов и деталей вагонов, их разборованием на железных дорогах РФ отмечено, что в 2011 г. было допущено 153 случая хищения с ущербом 2,5 млн руб., а в 2012 году – 99 случаев. В том же году на сети дорог РФ выявлено 8,8 тыс. дефектных боковых рам тележек вагонов – в 2,2 раза больше, чем годом ранее. В 2014 году списано 46 тыс. грузовых вагонов, в 2015 году – 104 тыс., за 9 месяцев 2016 года – 90 тыс. [2]. Разукomплектование или хищение деталей на вагонах железных дорог Украины (Укрзалізниця – УЗ) начало возрастать в 2016–2017 гг. В 2019 году сумма ущерба, нанесенного УЗ в связи с разукomплектованием вагонов, составила более 76,8 млн грн. (2,815 тыс. дол. США в эквиваленте) [3].

Эксплуатация грузовых вагонов с контрафактными и фальсифицированными деталями и узлами обусловлена следующими факторами:

- отсутствие контроля за работой «частных» площадок массового списания грузовых вагонов и учета движения деталей (в первую очередь литых деталей тележки);
- заинтересованность собственников в реализации всех полученных от разделки деталей вне зависимости от их ремонтнопригодности. Следует учесть, что в РФ в частной собственности перевозчиков находится 85 % списочного состава грузовых вагонов;
- установка под вагон «неизвестных деталей» при ремонте грузовых вагонов.

Постановка задачи. Обнаружение необоснованно замененных на железных дорогах стран СНГ и Балтии колесных пар, боковых рам и надрессорных балок тележек осуществляется по клеймам, нанесенным на определенные места этих деталей. При поступлении вагонов в текущий отцепочный ремонт ТОР бригадир (мастер) проверяет вагоны, отремонтированные плановым ремонтом для выявления необоснованно замененных основных деталей вагонов (колесных пар, боковых рам и надрессорных балок тележек).

В случае замены колесных пар за пределами дороги они должны иметь под левым болтом смотровой буксовой крышки бирку, на которой ремонтное предприятие ставит

дату (месяц, год), присвоенное ремонтному предприятию клеймо и цифровой код железнодорожной администрации, производившей замену колесной пары. Номер клейма соответствует коду государства – собственника вагона, наносится в определенном для каждого государства СНГ месте и обводится белилами.

Если при осмотре обнаруживаются вагоны с замененными основными деталями, то бригадир (мастер) записывает номер вагона, дату последнего капитального и деповского ремонта (и текущего, если есть), номер и год изготовления боковых рам и надрессорных балок тележек, номер колесной пары, клеймо полного освидетельствования, клеймо государства и вагонного депо, выполнившего замену детали. Указанные сведения, размещенные на надрессорной балке после ремонта, приведены на рисунке 1.

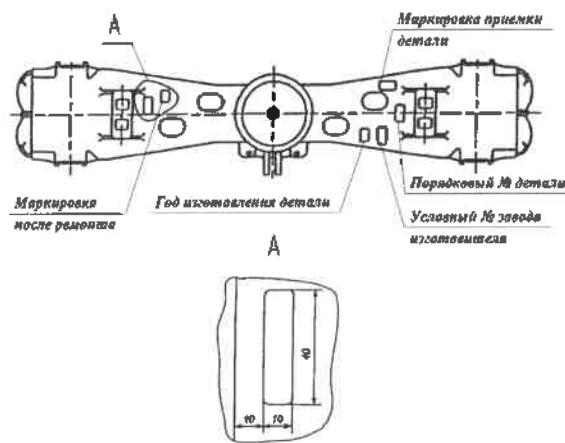


Рисунок 1 – Места маркировки надрессорной балки тележки после ремонта

Мастер текущего отцепочного ремонта ТОР или мастер пункта технического осмотра ПТО при поступлении вагона в ремонт проводит проверку документации на него. Проверяется наличие копии телеграфного извещения о замене детали, приложенного к перевозочным документам. Если извещение есть и замена детали обоснованная и равноценная – проверка прекращается. Если извещения нет, проводится дальнейшее разбирательство.

Существующая система клеймения продукции предприятий железнодорожного машиностроения не позволяет полноценно производить сбор и учет информации. В частности, это обусловлено несовершенством справочника «Условные коды предприятий» С ЖА 1001.

Не решают проблему и работы специалистов ВНИИЖТа по устранению недостатков документа и формированию справочника «Условные коды предприятий, осуществляющих изготовление, техническое обслуживание, ремонт подвижного состава и его составных частей» С ЖА 1015 [4].

Рассмотренные мероприятия не обеспечивают гарантийного непрерывного отслеживания комплектации вагона во время эксплуатации, а следовательно, не устраняют возможности хищения технически исправных элементов ходовых частей путем их подмены контрафактными или ранее отбракованными. Это объясняется тем, что эксплуатация вагона осуществляется без постоянного контроля комплектации вагона непосредственно его владельцем и допускает применение обезличенного метода ремонта. Отсутствие непрерывного контроля обуславливает сложность определения географических координат мест хищений [5].

Основная часть. Для снижения случаев хищения необходимо создание комплексной системы защиты комплектации вагонов, установленной производителем или ремонтным предприятием, и недопущение использования в комплектации вагона контрафактных и ранее отбракованных (неисправных) деталей. Это может быть достигнуто за счет комплекса взаимосвязанных мер, реализующих: единую систему нумерации однородных деталей для возможности распознавания детали; применение комбинированной маркировки, включающей рабочую маркировку, обеспечивающую визуальное восприятие информации, и защитную маркировку, позволяющую считывать информацию с применением специальных устройств; организацию непрерывного постоянного (автоматического) контроля комплектации вагона в процессе эксплуатации и регистрацию факта её нарушения с указанием географических координат места хищения деталей.

Для непрерывного контроля деталей вагонов на подлинность как при движении поезда, так и при ремонте авторами предложено использовать технологию радиочастотной идентификации объектов контроля RFID (Radio Frequency Identification). RFID – это способ хранения и передачи информации от объекта контроля получателю информации с помощью удобного носителя – RFID-метки и специальных считывающих устройств (ридеров). Назначение RFID-системы на транспорте заключается в обеспечении непрерывного контроля и выявления контрафактных деталей вагонных тележек и других не менее важных деталей подвижного состава.

Приемник, передатчик, антенна и блок памяти – основные части RFID-метки. Всё кроме антенны помещается в корпус маленькой микросхемы – чипа. Таким образом, RFID-метка состоит из многовитковой антенны и чипа [6].

Принимаемая антенной RFID-метки от антенны считывающего устройства электромагнитная волна активизирует ее и становится возможным считывание данных с метки. Антенна считывающего устройства служит, таким образом, многофункциональным каналом связи между приемопередатчиком и RFID-меткой, полностью обеспечивающим процесс передачи и получения данных.

Приемопередатчики RFID-системы (рисунок 2) могут встраиваться в сканеры, габаритные ворота, турникеты

для работы с RFID-метками с целью обеспечения считывания информации, хранящейся в метках деталей и узлов вагонов, перемещаемых через зону действия антенны сканера. Приемопередатчик может непрерывно считывать информацию с RFID-меток для передачи через стандартный интерфейс на компьютер оператора для дальнейшей обработки полученных данных.

После получения внешнего сигнала от приемопередатчика, RFID-метка отвечает собственным сигналом, в котором содержится определенная идентификационная информация (рисунок 3). Таким образом, RFID-метки – это своего рода запоминающие устройства с возможностью принимать и передавать информацию [6].

На RFID-метку информация может быть записана разными способами в зависимости от конструкции метки. Для маркирования деталей вагонов могут применяться RFID-метки следующих типов: R/O – метки только для считывания (Read Only), когда данные заносятся на стадии изготовления детали; R/W – метки для многократной записи и считывания информации (Read/Write).

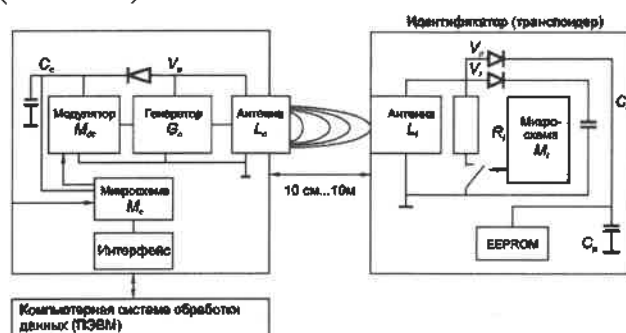


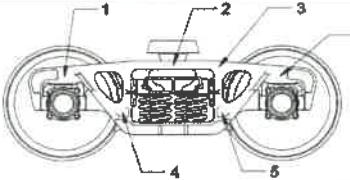
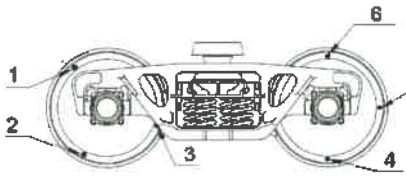
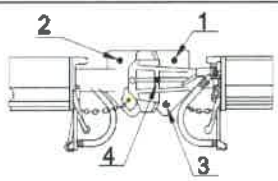
Рисунок 2 – Функциональная схема взаимодействия приемопередатчика с RFID-метками

Система учёта и регистрации грузовых вагонов при помощи RFID-меток позволяет автоматически назначать вагонам различные статусы, гибко менять разрешение на промежуточный контроль или поступление в ремонт, учитывать и отслеживать перемещение подвижного состава по стыкам железных дорог и оперировать данной информацией в автоматическом режиме, в том числе онлайн.

Основными деталями вагонов, на которых авторами предложено установить радиочастотные идентификаторы, являются колесные пары, боковые рамы тележки и автосцепки. Эти детали наиболее часто подвергаются замене на контрафактные. Замена новых деталей на старые, использованные (изношенные) детали, либо применение ранее использованных изделий влечет за собой сход подвижного состава с серьёзными и необратимыми последствиями для населения и окружающей среды, где произойдет авария [7].

На боковой раме вагонной тележки варианты размещения контрольных меток определены в силу доступности для считывания и контроля на подлинность деталей подвижного состава (таблица 1), а также обработки данных о наличии RFID-меток на раме в указанном месте и передачи информации оператору ПТО. Для надежного определения подлинности детали предусмотрено размещение на ней не менее трех датчиков (варианты их размещения обозначены цифрами 1, 2, 3 и 4, 5, 6 в таблице 1).

Таблица 1 – Схемы размещения контрольных RFID-меток на деталях ходовой части вагонов

Схемы установки RFID-меток	Детали вагона для размещения RFID-меток
На боковой раме вагонной тележки	
На колесной паре вагона	
На боковой стороне корпуса автосцепки	

Для контроля колесных пар (таблица 1) целесообразно разместить датчики треугольником, приблизительно под углом в 120 градусов. Такое размещение позволит считывающему устройству, при движении поезда, обнаружить датчики и удостовериться в подлинности детали или узла вагона. Для надежной идентификации объекта контроля необходимо не менее трех датчиков на колесной паре (варианты размещения датчиков обозначены цифрами 1, 2, 3 и 4, 5, 6 в таблице 1). Размещение датчиков для контроля колесных пар можно осуществлять как с наружной, так и с внутренней стороны колеса. В этом случае существенно повышается уровень маскировки датчиков. Для считывания информации с таких датчиков необходима дополнительная напольная камера.

Для контроля автосцепки сверху целесообразно использовать существующую систему автоматического контроля механизма автосцепки САКМА.

Надежного контроля автосцепки при применении RFID-меток можно достичь, если устанавливать не менее двух датчиков на одну сторону автосцепки; осуществлять контроль автосцепного устройства в двух положениях (варианты размещения датчиков обозначены цифрами 1, 2, 3 и 4, 5, 6 в таблице 1). Установка датчиков с четырех сторон автосцепки обеспечит максимальную надежность контроля.

Установку RFID-меток осуществляет завод-изготовитель данной детали. Работа заводской специализированной бригады будет заключаться в следующем: установка RFID-меток на контролируемой детали; маскировка и защита датчиков от внешних воздействий; ведение строгой учетной записи по количеству и нумерации установленных датчиков на детали; передача учетной записи в места, где будут осуществляться технический осмотр, деповской ремонт и капитальный ремонт вагонов.



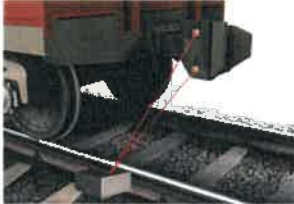
Для считывания информации с приемно-передающих устройств RFID-системы возможно использо-

вание многофункциональных комплексов технических средств КТСМ, систем автоматической идентификации инвентарных номеров подвижного состава САИПС, а также переносных считывающих терминалов.

Аппаратура КТСМ-02 комплектуется напольными камерами КНМ-05 с креплением на рельс. Конструкция этой камеры обеспечивает измерение величины инфракрасного излучения (ИК) при «осмотре» нижней и частично задней стенок корпуса буксового узла. В программном обеспечении КТСМ-02 предусмотрено подключение до 15 дополнительных измерительных систем, в том числе и подсоединение RFID-системы [8]. Информация о результатах контроля передается оператору пункта технического осмотра ПТО.

Для считывания RFID-меток приемопередающее устройство RFID-системы устанавливается на корпусе напольной камеры. При проходе поезда напольные камеры и контролируемые буксовые узлы перемещаются в одной системе координат, поэтому RFID-метки, как и буксовые узлы, обязательно попадают в зону осмотра приемопередающего устройства RFID-системы и приемника ИК излучения. Примеры ориентации считывающих устройств с использованием напольных камер КНМ-90 комплексов КТСМ-02 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Ориентация считывающих устройств

Схемы ориентации считывающих устройств КТСМ	Детали вагонов для идентификации
На RFID-метки вагонной тележки 18-100	
На RFID-метки колесной пары	
На автосцепки при считывании сбоку	

Для считывания инвентарных номеров вагонов на сети железных дорог СНГ применяются системы автоматической идентификации подвижного состава САИПС-В. Дополнение системы САИПС устройствами RFID технически решается просто, так как ориентация приемосчитывающей антенны аппаратуры САИПС и приемопередающих устройств RFID-системы совпадает, а программное обеспечение САИПС для обработки информации от RFID-системы требует незначительной модернизации.

Список литературы

Заключение. Для практической реализации защищенных систем RFID-контроля рекомендованы технические предложения, приведенные в таблице 2. Показаны зоны контроля боковой рамы вагонной тележки 18-100 с RFID-метками при установке считывающих устройств на корпусе напольной камеры КТСМ-02. В таблице 2 также показаны зоны контроля колесной пары с RFID-метками и зоны контроля автосцепного устройства с RFID-метками.

Использование переносных терминалов сбора данных с RFID-меток для выявления контрафактных деталей непосредственно в цехах ремонтного депо позволяет в режиме реального времени следить за соблюдением технологической дисциплины ремонта и восстановления деталей и перевести на более высокий качественный уровень весь процесс составления списков контрафактных или фальсифицированных деталей и их изъятие [5].

Выводы. Дополнение существующих систем контроля подвижного состава доступными и защищенными устройствами идентификации подлинности ответственных деталей и узлов грузовых вагонов позволит существенно уменьшить применение контрафактных деталей в подвижном составе. В первую очередь это относится к периоду эксплуатации и ремонта грузовых вагонов, особенно при перемещении подвижного состава с одной железной дороги на другую.

Получено 08.09.2020

V. V. Burchenkov, V. D. Shantour. Improvement of technical control and detection of counterfeit parts and units of freight cars.

The technology of protective marking of parts and units of rolling stock has been developed in order to increase the level of detection of counterfeit and falsified products both in operational conditions and during repair. Variants of placement of special sensors on the side frames of bogies, wheelsets and automatic couplings, as well as retrofitting of existing automatic control systems of rolling stock with devices for processing information from reading devices of hidden protective marking are proposed.

1 Неумоин, В. А. Учет комплектации грузового вагона средствами комплексной информационной системы вагонного хозяйства / В. А. Неумоин // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2016. – № 4. – С. 2–4.

2 Клавдиенко, О. А. Сохранность вагонного парка / О. А. Клавдиенко // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 23–24.

3 Буреш, Ф. Как «Укрзалізниця» будет бороться с разворыванием на вагонах [Электронный ресурс] / Ф. Буреш. – Режим доступа : <https://biz.censor.net.ua/m3209138>. – Дата доступа : 15.08.2020.

4 Кузнецов, М. А. Условные номера клеймения в сфере железнодорожного транспорта / М. А. Кузнецов // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 3. – С. 40–44.

5 Грибунов, О. П. К вопросу о значимости исследования технической документации на вагоны при расследовании хищения комплектующих деталей железнодорожного транспорта / О. П. Грибунов, Е. А. Малыгина // Проблемы правоохранительной деятельности. – 2017. – № 2. – С. 124–127.

6 Radio Frequency IDentification, радиочастотная идентификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/RFID>. – Дата доступа : 15.10.2018.

7 Елохин, В. А. Высокотехнологические решения по защите продукции от контрафакта / В. А. Елохин // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 25–27.

8 Миронов, А. А. Перспективные направления совершенствования средств контроля КТСМ-02 и АСК ПС / А. А. Миронов // Автоматика, связь, информатика. – 2009. – № 1. – С. 38–41.

УДК 629.7.083, 621.45.04

А. А. ЖУКОВА, кандидат технических наук, Е. А. ШАПОРОВА, кандидат химических наук, С. О. СТОЙКО, магистр технических наук, Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

МОНИТОРИНГ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА НАЛИЧИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В МАСЛЕ

Изучены актуальные вопросы внедрения новых систем эксплуатации по техническому состоянию и надежности в практику эксплуатации авиационных двигателей для обеспечения их высокой готовности, безопасности полетов при заданной надежности, больших ресурсах и низких эксплуатационных расходах. Однако реализация этих систем возможна только при наличии в эксплуатации эффективных инструментальных методов и средств технического диагностирования для оценки контроля, прогнозирования технического состояния авиационных двигателей. Мониторинг за состоянием масла и включенными в него примесями является немаловажным механизмом, обеспечивающим эффективность контроля и регулирования состояния двигателя.

Статистика авиационных происшествий свидетельствует о том, что их причиной чаще всего становятся нарушения работы двигателей. Такая ситуация может быть связана с неэффективностью диагностики работы топливной системы воздушного судна (далее – ВС). И это несмотря на то, что существуют и применяются в эксплуатации самые различные способы контроля технического состояния авиационной техники. Наиболее распространенными являются методы контроля с использованием видеосэндоскопов, по термогазодинамическим параметрам за камерой сгорания, по наличию вредных примесей в системе кондиционирования воздуха, по показателям качества масла и др. [1, 4].

Постановка задачи. В настоящее время всё в большей степени внедряется система эксплуатации авиационной техники по фактическому техническому состоянию. Это способствует своевременному обнаружению неисправностей и повышает экономическую эффективность технического обслуживания (ТО) и ремонта. Тем не менее до сих пор до конца не решенным остается вопрос о надежности и корректности данных, получаемых различными методами контроля состояния узлов и агрегатов ВС, что тормозит распространение системы ТО по состоянию на эксплуатацию систем и агрегатов авиадвигателя. По оценкам специалистов инструментальные методы диагностики, используемые в настоящее время для обнаружения дефектов на ранней стадии развития, чаще всего не дают возможности надежного прогнозирования дальнейшего функционирования двигателя [1]. Одним из наиболее перспективных и надежных направлений оценки состояния маслосистемы двигателя нам представляется трибодиагностика, основанная на комплексном подходе [3, 4].

Основная часть. Анализ металлов в смазочных материалах (SOAP – программа спектрометрического анализа нефти и нефтепродуктов; JOAP – программа анализа реактивного масла) по изменению характеристик масла позволяет делать заключение о качестве рабочего масла, стабильности присадок, износе узлов трения [9]. Большинство производителей двигателей предпочитают, чтобы интерпретация анализа металлов проводилась на основе отклонений от «установленных тенденций», а не относительно «пороговых или контрольных пределов», поскольку именно в первом случае имеется возможность своевременного обнаружения развивающихся дефектов. В каждом типе двигателя используются разные марки металлов, поэтому характер износа

будет различным и в некотором смысле уникальным. Эти формы износа будут специфичными для каждого типа двигателя, вне зависимости от марки масла. В то же время известно, что некоторые масла лучше/хуже контролируют износ [8]. В соответствии с концепцией SOAP идентификация и количественная оценка тенденции износа узлов трения в двигателях по наличию и содержанию металлов в маслах позволяет определить и своевременно изолировать конкретные проблемы с внутренними узлами двигателя.

Немалую роль в диагностике состояния масла будут играть непосредственно его физико-механические параметры, такие как:

- вязкость, изучение которой позволяет определить, как изменяется способность сохранять смазывающую способность в зависимости от температурных условий для работающего авиационного масла;
- температура вспышки, определение которой позволяет контролировать загрязнение масел легкими фракциями, снижающими пожаробезопасность и технические характеристики;
- механические примеси, по концентрации которых в масле можно установить степень износа узлов двигателя; особое внимание уделяется примесям (наличие, содержание и форма частиц) железа, меди, алюминия, свинца, хрома, олова и никеля;
- реакция водной вытяжки, которая используется для определения наличия таких примесей, как кислоты и щелочи, – их наличие свидетельствует о загрязнении масла и приводит к снижению коррозионной стойкости контактирующих металлов;
- кислотное число, показывающее деградацию комплекса присадок-антиоксидантов, присутствующих в масле, и указывает на необходимость его замены.

Изменение этих параметров обычно говорит о воздействии на масло высоких температур в масляной системе двигателя, что приводит к его термическому или окислительному гидролизу. Металлические примеси обуславливают износ узлов трения.

Непосредственно окисление будет протекать по следующему механизму: масло, контактируя с воздухом, особенно при высокой температуре, разлагается с образованием органических кислот. Этот процесс в определенной степени предотвращается за счет наличия в масле присадок-антиоксидантов, молекулы которых взаимодействуют с активными радикалами, снижая их количество, тем самым замедляя процесс окисления базовых

компонентов масла. После того, как антиоксиданты израсходованы, начнут окисляться углеводороды масла, что приведет к ухудшению смазывающих свойств и усилению трения в подшипниках, редукторах и других аналогичных узлах. По результатам измерения общего кислотного числа масла, можно оценить, израсходованы ли антиоксидант и имеет ли место значительное ухудшение качества масла в процессе эксплуатации. На основании этих данных можно сделать вывод относительно правильности выбора масла, подвергалось ли оно чрезмерной термической нагрузке при работе, то может даже являться признаком необходимости изменения периода замены масла.

Разрушение молекул масла при температурном воздействии сопровождается образованием нерастворимых соединений, которые в дальнейшем становятся загрязнителями системы. Термодеструкция чаще всего становится следствием эффекта кавитации или электростатического разряда искры при внутреннем молекулярном трении, создающем высоковольтный электрический заряд. Образовавшиеся твердые загрязнения могут выступать абразивными частицами, еще в большей степени усиливающими трение, что приводит к повышению износа материалов в узлах трения.

Вода в масле считается потенциальным загрязнителем. В маслах для реактивных двигателей на основе сложных эфиров большое количество воды в сочетании с теплом может вызвать гидролиз, что приведет к увеличению кислотного числа. Вода может попасть в масляную систему реактивного двигателя как случайное загрязнение, так и в результате конденсации, поскольку сложные эфиры гигроскопичны и способны поглощать воду из воздуха. Основное беспокойство при этом вызывает возможность коррозии из-за образования органических кислот.

Предельные значения параметров качества масел, используемые большинством производителей двигателей, показаны в таблице 1. Периодический контроль этих параметров должен указывать на развитие проблемы в масляной системе двигателя до того, как будет достигнута хотя бы одна из приведенных величин [7].

Таблица 1 – Основные параметры масла и их пределы

Параметры масла	Пределы
Вязкость	+25 ... -10 %
Кислотное число	+2,0 мг КОН/г
Содержание воды	1000 ppm

Мониторинг металлов помогает выявить медленно прогрессирующие повреждения подшипников и лабиринтных уплотнений опор роторов, деталей коробки приводов и центрального привода, включенных в маслосистему авиационного двигателя.

При анализе результатов износа важно учесть, какие металлы используются в конструкции двигателя, как происходит износ узлов трения в зависимости от времени наработки двигателя. Увеличенное содержание железа, титана и хрома в масляной системе обычно приводит к образованию крупных металлических частиц, которые нелегко проконтролировать с помощью спектрометрического анализа масла, но может быть проанализировано другими способами, такими как феррография и анализ металлических примесей с помощью детекторов магнитного чипа.

На рисунке 1 приведены результаты измерений концентраций химических элементов загрязнения проб масла Mobil Jet Oil, отобранного с турбовинтового двигателя Д-436-148 самолета АН-148 [2]. В начальный период (до 3000 часов наработки) в масле имеется только незначительное количество (не более 0,1 г/т) частиц железа. Это соответствует удовлетворительному состоянию двигателя. Затем наблюдается постепенное увеличение содержания частиц Fe (до 0,7 г/т) и появление некоторого количества частиц хрома, что свидетельствует о начальной приработке двигателя и относительно небольшом значении величин износа его узлов. Далее в масле появляется незначительное количество частиц меди, никеля, титана и цинка, количество железосодержащих частиц снижается, что указывает на незначительный износ в процессе эксплуатации.

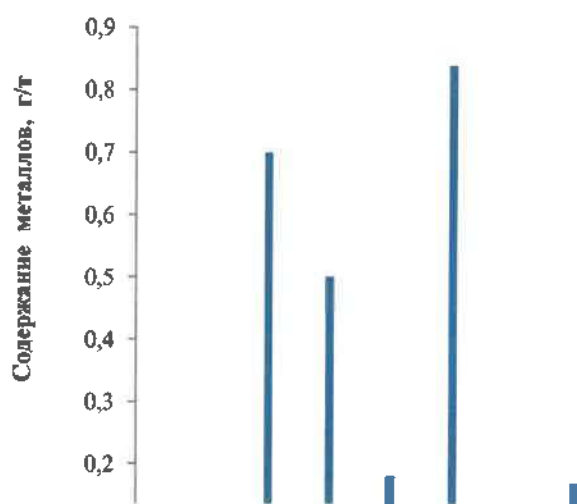


Рисунок 1 – Изменение содержания частиц металлов в работающем масле

Наличие кремния может указывать на загрязнение пробы масла или попадание грязи/пыли во впускную систему двигателя. Другой причиной может быть чрезмерное использование силиконовых герметиков для уплотнения некоторых частей двигателя/коробки передач. Высокий уровень этого типа Si может привести к вспениванию масла и возможной потере смазочных свойств и способности теплопередачи.

Фосфор входит в состав противоизносных присадок [8, 10], поэтому его содержание в масле может уменьшаться при нормальном функционировании силовой установки. Однако значительное снижение его концентрации более чем на 50 % в первые 100 часов работы может указывать на значительное трение металлов движущихся элементов узлов трения, что может быть ранним признаком аномального отказа подшипника или шестерни. Важно определить уровень фосфора в новом масле и контролировать изменение его значения. Иногда увеличение измеренного содержания фосфора может указывать на загрязнение другим фосфорсодержащим маслом (например, гидравлической жидкостью на основе сложного эфира фосфорной кислоты), что также может привести к пагубным последствиям и снижению устойчивости к окислению работающего масла.

Повышенное содержание алюминия обычно связано с повреждением торцевых крышек поршневых пальцев

и часто является признаком того, что двигатель не прогревается должным образом перед взлетом [2].

Проведенный анализ свидетельствует о перспективности использования трибологических данных для диагностики технического состояния авиационных двигателей.

Тем не менее проводимый в авиационных организациях мониторинг параметров качества масла редко является эффективным: не более 5 % от всех неисправностей двигателя удастся определить по трибологическим данным [2]. Это связано в основном с тем, что используемое оборудование и методики устарели и не отвечают современным требованиям, в результате регистрируемые данные не иллюстрируют реальные процессы.

Кроме того, важную роль играет место отбора проб. Контроль масла из маслобака не всегда является эффективным, поскольку значительная часть загрязнений оседает на фильтре. Поэтому отбор проб целесообразно осуществлять до фильтра или анализировать смыски фильтров [5]. Применение современного оборудования, позволяющего получать точные данные, и отбор проб масла из смысков фильтров маслосистемы позволит использовать результаты мониторинга работающего масла для разработки прогнозных моделей работоспособности авиационных двигателей.

Математическое моделирование позволяет выявлять характерные особенности функционирования узлов и агрегатов на основе глубокого теоретического анализа эксплуатируемых двигателей [6]. Разработка математической модели работы двигателя на основе эксплуатационных данных о состоянии масла обеспечит контроль развития дефектов, позволит оценивать и прогнозировать работоспособность авиационного двигателя, осуществлять необходимое техническое обслуживание по фактическому состоянию двигателя и своевременную замену масла при ухудшении его параметров, не связанных с износом.

Заключение. В настоящей работе проведен анализ данных по диагностике авиадвигателя, показано, что одним из перспективных подходов к мониторингу технического состояния двигателя является комплексная оценка на основе трибодиагностики. Построение прог-

нозных моделей, основывающихся на экспериментальных данных, корректно описывающих работу двигателя, позволит перейти на обслуживание авиационной техники по ее фактическому состоянию.

Список литературы

- 1 Менчиков, Р. В. Методы технического диагностирования авиационных двигателей / Р. В. Менчиков, Е. С. Панкеев, А. А. Парпуц // Решетневские чтения. – 2018. – С. 413–414.
- 2 Грядунов, К. И. Диагностирование авиационных двигателей по содержанию металлов в масле / К. И. Грядунов [и др.] // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2019. – Т. 22. – № 3. – С. 35–44.
- 3 Машошин, О. Ф. Диагностика авиационного газотурбинного двигателя по наличию вредных примесей в системе кондиционирования воздуха / О. Ф. Машошин, Г. С. Зонтов // Научный вестник МГТУ ГА. – 2014. – № 205. – С. 44–48.
- 4 Шапорова, Е. А. Техническая диагностика авиационных двигателей / Е. А. Шапорова, С. О. Стойко // Авиация: история, современность, перспективы развития: сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22 октября 2020 г. / под науч. ред. А. А. Шегидевича. – Минск : БГАА, 2020.
- 5 Дроков, В. Г. Оценка технического состояния маслосистемы авиационных газотурбинных двигателей с помощью трибодиагностических методов / В. Г. Дроков, В. В. Дроков, Ф. И. Мухутдинов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2018. – Т. 84. – № 1(1). – С. 36–46.
- 6 Богуслаев, А. В. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделий в авиадвигателестроении / А. В. Богуслаев, Е. И. Дубровин, И. А. Набока // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – 2004. – № 1. – С. 136–145.
- 7 Van Rensselar, J. Oil analysis past and future / J. Van Rensselar // Tribology & Lubrication Technology. – 2018. – No. 74. – P. 48–53.
- 8 Lutz, J. F. Tribofilm Formation, Friction and Wear-Reducing Properties of Some Phosphorus-Containing Antiwear Additives / J. F. Lutz, H. Spikes // Tribol Lett. – 2020. – No. 68. – P. 75–78.
- 9 Dellis, P. S. The Automated Spectrometric Oil Analysis Decision Taking Procedure as a Tool to Prevent Aircraft Engine Failures / P. S. Dellis // Tribology in Industry. – 2019. – No. 41. – P. 292–309.
- 10 Elemental analysis of jet engine lubrication oil and jet fuel using in-air PIXE / S. Katsumi [et al.] // International Journal of PIXE. – 2018. – No. 28. – P. 85–92.

Получено 03.03.2021

A. A. Zhukova, E. A. Shapороva, S. O. Stoiko. Aircraft engine monitoring for metal impurities in oil.

The topical issues of introducing new operating systems for technical condition and reliability into the practice of operating aircraft engines to ensure their high availability, flight safety at a given reliability, large resources and low operating costs were studied. However, the implementation of these systems is possible only if there are effective instrumental methods and means of technical diagnostics in operation for assessing control and predicting the technical state of aircraft engines. Monitoring the condition of the oil and the impurities included in it is an important mechanism in the process of monitoring and regulating the condition of the engine.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 656.224: 629.44

А. А. ЕРОФЕЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА CLOPE В СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ НОРМАТИВНОГО ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Проанализирован нормативный график движения поездов (НГДП). Установлено, что в течение года НГДП может не соответствовать фактическим размерам движения поездов. Рассмотрены технологии повышения соответствия между НГДП и фактическими размерами движения поездов. С целью повышения соответствия ГДП заявкам перевозчиков к параметрам системы поездной работы предложено формирование многослойного адаптивного ГДП (МАГ). Определены задачи разработки МАГ, решение которых требует применения технологий искусственного интеллекта. Предложено рассчитывать оптимальное количество слоев МАГ с использованием модифицированной версии алгоритма CLOPE. В результате моделирования установлено, что на количество слоев МАГ оказывают влияние уровень загрузки участка, разнообразие выделяемых категорий поездов, доля использованных ниток за прошлый год и скорость доставки.

В соответствии с [1] ГДП – нормативно-технический документ оператора инфраструктуры, устанавливающий организацию движения поездов всех категорий на участках инфраструктуры железнодорожного транспорта, графически отображающий следование поездов на масштабной сетке в условные сутки, подразделяемый на нормативный (на плановый год), вариантный (в отдельные периоды времени) и оперативный (на текущие плановые сутки) график движения поездов.

Нормативный ГДП разрабатывается один раз в год на прогнозные среднесуточные размеры движения месяца максимальной нагрузки. Однако аналитические исследования ГДП на участках Белорусской железной дороги (рисунок 1) позволяют сделать вывод, что имеются существенные отклонения исполненных размеров движения от нормативных.

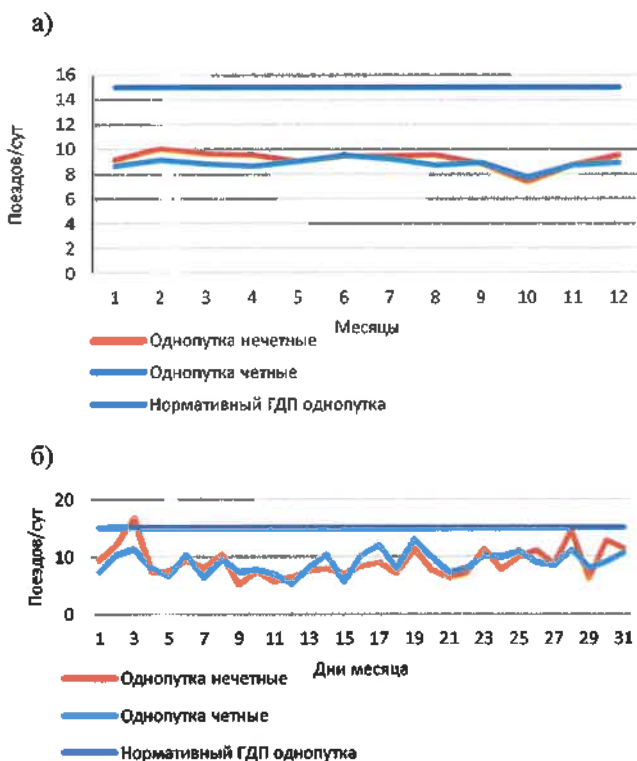


Рисунок 1 – Изменение интенсивности движения грузовых поездов на однопутном участке потока: а – в течение года; б – в течение месяца

Например, для анализируемого однопутного участка А при нормативных размерах движения, равных 15 поездов в сутки, среднесуточные исполненные размеры составляют от 7,3 до 10 поездов. При этом в разные месяцы размеры движения нечетных и четных поездов могут отличаться друг от друга как в большую, так и в меньшую сторону. Анализ фактических размеров движения за сутки одного месяца позволил выявить, что при нормативных размерах движения 15 пар поездов в сутки исполненные размеры движения изменялись от 5,12 до 16,74 поездов в нечетном направлении и от 5,37 до 13 поездов – в четном, т. е. даже в течение одного месяца разница между минимальными и максимальными размерами движения может превышать 320 %.

На практике существует два основных способа повышения соответствия между нормативными и фактическими размерами движения поездов.

1 Нормативный ГДП является основой, которая используется поездным диспетчером при разработке графиков движения на плановые периоды (как правило, на 3–6 часов) (традиционно использовался на железных дорогах СССР). Данный способ позволяет эффективно учитывать возникающие отклонения структуры и мощности поездопотока от заложенных в нормативном ГДП. При этом за основу принимается гипотеза о незначительных отклонениях фактических вагонопотоков от плановых значений в больших периодах времени (характерно для устойчивых параметров вагонопотоков СССР).

Однако в современных условиях разработка диспетчерских вариантов ГДП имеет существенный недостаток. Технология разработки ГДП предполагает, что график на основании ПФП увязывается на всех участках следования поездного назначения. ГДП также должен быть увязан с технологией работы сортировочных, участковых, грузовых и пассажирских станций, системой эксплуатации локомотивов. В силу ограниченности полигона управления ДНЦ не в состоянии обеспечить решение данной задачи в условиях значительных отличий логистических характеристик прогнозных вагонопотоков от нормативных значений. По этой причине при эффективном пропуске поездов по участку возникают риски простоя поездов на технических станциях (отсутствие взаимовязанной нитки ГДП на последующем участке, отсутствие локомотива для отправления

поезда на следующий участок). Как следствие, маршрутная скорость продвижения вагонопотока снижается, возникают дополнительные логистические издержки у операторов инфраструктуры (увеличение потребностей в станционных путях), перевозчиков (снижение производительности работы локомотивов и локомотивных бригад) и клиентов (замедление доставки грузов).

2 Увеличение частоты разработки нормативного ГДП. Данный способ предполагает разработку НГДП несколько раз в год (как правило, от 2 до 4) (используется в настоящее время на Белорусской железной дороге и ряде зарубежных железных дорог). При таком подходе появляется возможность учесть годовые неравномерности в структуре и мощности поездопотоков, увязать ГДП с ПФП, установить размеры передачи поездов по международным стыковым пунктам и специализацию грузовых поездов. Однако проблема компенсации внутримесячной неравномерности остается нерешенной и в дальнейшем переносится на уровень ДНЦ со всеми присущими способу 1 недостатками.

Таким образом, необходимо формирование адаптивной системы разработки НГДП, которое позволит учитывать требования клиентов и перевозчиков к параметрам системы доставки грузов и будет способствовать снижению общетранспортных издержек в логистических цепях.

В соответствии с действующей технологией поезда на графике прокладываются последовательно по их категориям. Вначале прокладываются пассажирские поезда в соответствии с предварительно выбранной схемой их обращения на данном направлении, затем региональные, ускоренные грузовые и далее остальные грузовые поезда, т. е. разработка ГДП предусматривает этапность и приоритеты. График движения транзитных грузовых поездов, следующих без переработки на попутных технических станциях, составляется сквозным на всём пути их следования. Это обеспечивает согласованную работу смежных участков, повышает маршрутную скорость движения поездов и позволяет лучше увязать оборот поездных локомотивов. Следовательно, ГДП должен разрабатываться не отдельно по участкам, а в целом для всего направления. В связи с этим совокупность количественной и временной неопределенности приводит к *процессной неопределенности*.

В итоге в системе пропуска поездов возникают «конфликты» при построении ниток поездов различных категорий и приоритетов. Они возникают как на этапе прокладки ниток ГДП, так и на этапе согласования ГДП между участками, а тем более дорогами. В отдельных случаях такой многоуровневый конфликт не позволяет использовать стандартные последовательности и алгоритмы разработки.

Одним из основных параметров, характеризующих качество разработки ГДП, является участковая скорость. На рисунке 2 приведен анализ распределения технических и участковых скоростей движения отдельных грузовых поездов. Как видно из рисунка 2, а, на исследуемом однопутном участке А техническая скорость движения поездов изменяется в пределах от 35 км/ч до 63 км/ч, принимая наиболее частое значение 51 км/ч для 27 % поездов. При этом участковая скорость движения поездов изменяется в пределах от 35 до 59 км/ч, принимая наиболее частые значения 36 км/ч для 13 % поездов и 47 км/ч в 14 % случаев.

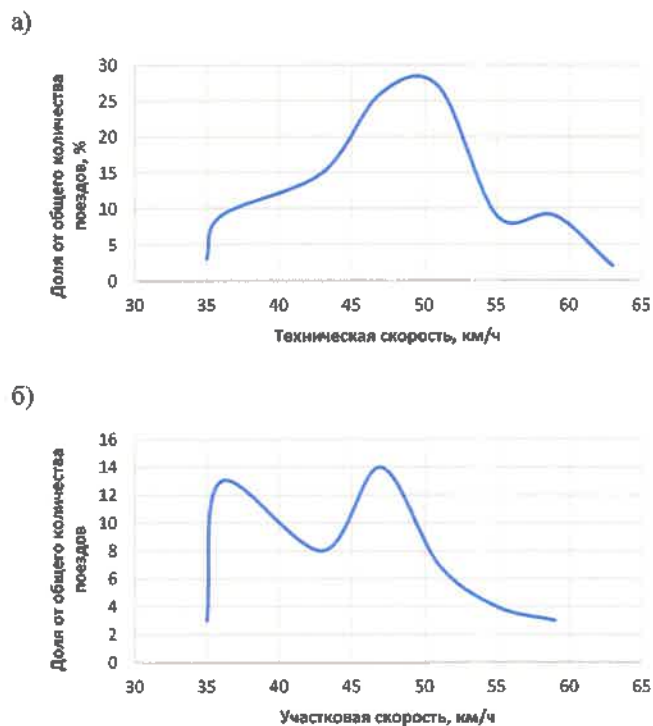


Рисунок 2 – Распределение технической (а) и участковой (б) скоростей движения грузовых поездов на однопутном участке (нормативный ГДП)

Можно сделать вывод, что на участковую скорость движения грузовых поездов оказывают непосредственное влияние не только параметры поездопотока, но и условия прокладки нитки поезда в ГДП (количество остановок для обгонов и скрещений поездов).

Интеллектуальная разработка ГДП предполагает не только создание информационно-расчетных процедур и алгоритмов, но и изменение технологических подходов к разработке графика.

Одним из таких подходов является переход к системе формирования многослойного адаптивного ГДП (МАГ). Слой ГДП – это совокупность взаимосвязанных ниток ГДП, разработанных для сходной эксплуатационной обстановки и обеспечивающих пропуск установленного количества поездов.

Упорядоченная совокупность слоев образует ГДП, действующий в установленный период времени (год, месяц, сутки и др.). В зависимости от требуемых размеров движения поездов нормативный ГДП может актуализироваться путем комбинирования слоев или ниток различных слоев между собой. При этом важным условием разработки многослойного ГДП является отсутствие «конфликтов» между нитками различных слоев, а также заблаговременное установление приоритетов для ниток, принадлежащих различным слоям, т. е. разработка ГДП в ИСУПП предполагает процедуры не только непосредственной разработки, но и последующей актуализации ГДП в зависимости от складывающейся эксплуатационной обстановки (например, в ГДП заложена нитка пассажирского поезда, который назначается приказом Начальника железной дороги. В период отсутствия такого поезда в это время может назначаться грузовой, причем с перегонными временами, отличными от пассажирского).

В системе формирования МАГ используются ключевые принципы, заложенные технологией разработки

ГДП с выделением «твердых» расписаний грузовых поездов предусматривает [2]:

– учет сезонных или помесечных колебаний поездопотоков путем отнесения поездов к различным слоям, что позволяет в одном графике совмещать несколько вариантов размеров движения поездов;

– групповую специализацию расписаний, при которой по одной нитке графика в разные сутки могут следовать поезда разных назначений (в частности, транзитные или в расформирование, сквозные поезда или отправительские маршруты);

– размещение на разных слоях ниток поездов, имеющих различный приоритет, но проложенных в одинаковые временные интервалы (конфликтующие нитки с различными перегонными временами хода).

МАГ предполагает организацию движения грузовых поездов как по постоянному, так и по свободному расписанию. Однако ключевым отличием от технологии «твердых» расписаний является динамически изменяемое количество слоев и правила отнесения поездных заявок к соответствующему слою.

При разработке МАГ для каждой нитки указывается периодичность ее использования и признак принадлежности соответствующему слою. При формировании актуального ГДП (на конкретные сутки) могут использоваться как все нитки одного слоя, так и часть из них. При этом в первую очередь должны использоваться нитки более «высокого» слоя, а затем, при их недостатке, дополняться нитками «нижнего» слоя.

Таким образом, при разной эксплуатационной обстановке один и тот же график может использоваться без пересоставления, а наиболее часто используемые расписания обеспечивают более высокую маршрутную (участковую) скорость и меньшее число остановок для обгонов и скрещений поездов. При этом соблюдается преемственность между отдельными вариантами за счет того, что поезда, которые включены в ГДП, составленный на наименьшие размеры движения, внесены также и в остальные варианты.

Задачами интеллектуализации ИСУПП следует считать:

1) идентификацию логистических характеристик поездопотоков и определение параметров соответствующих ниток ГДП;

2) определение количества слоев ГДП;

3) определение количества поездов, относящихся к каждому из слоев НГДП;

4) разработку многослойного ГДП [3];

5) актуализацию ГДП [4].

В данной статье рассмотрено решение второй и третьей задач. Эти эксплуатационные задачи можно отнести к задачам обработки массивов данных Data Mining и последующей их кластеризации.

При такой постановке совокупность поездных заявок и их уникальные эксплуатационные характеристики можно отнести к категориальным данным (т. е. качественным характеристикам объектов, измеренным в шкале наименований). При использовании шкалы наименований решается задача, одинаковы или нет объекты относительно измеряемого признака.

В настоящее время существует множество методов для работы с категориальными данными, например, семейство иерархических кластерных алгоритмов, в которых вместо локальных критериев (попарное сравнение)

используются глобальные критерии. Для кластеризации поездных заявок предлагается использовать алгоритм CLOPE и его модифицированную версию [5], которые обеспечивают лучшее качество кластеризации в сравнении со многими иерархическими алгоритмами.

Формализуем задачу кластеризации поездных заявок для категориальных данных.

Задача кластеризации поездных заявок состоит в получении такого разбиения всего их множества, чтобы похожие оказались в одном кластере, а отличающиеся друг от друга – в разных кластерах. В качестве кластера будем рассматривать слой МАГ.

Пусть имеется множество поездных заявок (база транзакций D), состоящая из множества транзакций – поездных заявок $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$. Каждая транзакция предполагает наличие определенных требований к условиям предоставления доступа (национальный перевозчик или нет, категория поезда, потребная скорость перевозки, заявленная частота отправления и др.) и может быть описана совокупностью свойств $\{i_1, \dots, i_m\}$. Множество кластеров $\{C_1, \dots, C_k\}$ есть разбиение множества $\{t_1, \dots, t_n\}$, такое, что

$$C_1 \dots C_k = \{t_1, \dots, t_n\} \text{ и} \quad (1)$$

$$C_i \neq \emptyset \wedge C_i \cap C_j = \emptyset, \text{ для } 1 \leq i, j \leq k. \quad (2)$$

Каждый элемент C_i будет являться кластером (слоем графика); n, m, k – соответственно количество транзакций, количество объектов в базе транзакций и число кластеров.

Каждый кластер C имеет следующие характеристики:

$D(C)$ – множество уникальных поездных заявок;

$Occ(i, C)$ – частота включения поездной заявки i в слой C ;

$S(C) = \sum_{i \in D(C)} Occ(i, C) = \sum_{i \in C} |t_i|$;

$W(C) = |D(C)|$;

$H(C) = S(C)/W(C)$.

Глобальный критерий качества распределения поездных заявок по слоям может быть выражен в виде функции стоимости $Profit(C)$:

$$Profit(C) = \sum_{i=1}^k |C_i| \sum_{i=1}^k |C_i| G(C_i) \times |C_i| = \sum_{i=1}^k |C_i| \sum_{i=1}^k |C_i| = 1k \sum_{i=1}^k |C_i| \sum_{i=1}^k |C_i| = 1k W(C) r S(C_i) \times |C_i|, \quad (3)$$

где $|C_i|$ – количество поездных заявок в i -м слое; k – количество слоев; r – положительное вещественное число, большее 1.

Параметр r является «коэффициентом отталкивания» (repulsion), регулирует уровень сходства поездных заявок внутри слоя и, как следствие, количество слоев МАГ. Данный коэффициент может корректироваться. Чем больше r , тем ниже уровень сходства и тем больше слоев будет сгенерировано.

Постановка задачи кластеризации МАГ алгоритмом CLOPE формулируется следующим образом: для заданных D и r найти разбиение C : $Profit(C, r) \rightarrow \max$.

С целью последующей обработки массив поездных заявок представляется в виде таблицы транзакций категориальных данных. Для этого для всей совокупности свойств поездных заявок формируются шкалы наименований.

Массив поездных заявок приводится к нормализованному виду. Он может иметь вид бинарной матрицы образов, как в ассоциативных правилах, так и представлять собой взаимно однозначное отображение между множеством уникальных объектов $\{u_1, \dots, u_q\}$ таблицы и множеством целых чисел $\{0, 1, 2, \dots, q-1\}$.

Классический подход к задаче кластеризации предполагает полностью автоматический процесс без возможности задания каких-либо априорных данных/правил при решении задачи. Это приводит к тому, что повлиять на результат кластеризации никак нельзя, а итоговый результат во многом зависит от выбранного алгоритма кластеризации.

В реальных условиях при решении задачи разработки МАГ могут фигурировать различные критерии выбора приоритетного отнесения тех или иных поездных заявок к более «скоростным» слоям (обеспечение максимальной участковой скорости, приоритетный пропуск пассажирских поездов, ускоренный пропуск поездов национального перевозчика, обеспечение безостановочного пропуска поездов повышенной длины и др.).

В таких случаях возникает необходимость использования при кластеризации небольшого количества априорных данных, устанавливающих приоритеты для конкретной эксплуатационной обстановки. Такой подход получил название кластеризации с неполным обучением [6]. В рамках кластеризации с неполным обучением имеется некоторое априорное знание об анализируемых данных, например, априорные сведения о значимости некоторых параметров поездных заявок при их отнесении к определенному слою МАГ. Значимость атрибута выражается весовым коэффициентом атрибута. Каждому атрибуту a_i ставится в соответствие действительное положительное число w_i – весовой коэффициент. Чем больше значение весового коэффициента, тем больше вклад атрибута в формирование кластеров. В стандартном алгоритме CLOPE весовые коэффициенты всех атрибутов равны единице. Путем изменения исходные значения весовых коэффициентов можно формировать состав кластеров в зависимости от поставленных приоритетов [7].

В отличие от стандартного CLOPE в модифицированном алгоритме необходимо вычислять дополнительные характеристики кластера:

1) a_i – номер атрибута, которому принадлежит значение i ;

2) $A(C)$ – множество уникальных значений атрибутов в кластере C .

Кроме того, предлагается изменить способ вычисления следующих характеристик кластера:

$$S(C) = |C| \sum_{i=1}^m w_i - \text{площадь кластера}; \quad (4)$$

$$W(C) = \sum_{i \in A(C)} w_{a(i)} - \text{ширина кластера}. \quad (5)$$

Рассмотрим пример кластеризации поездных заявок по слоям МАГ. Форма исходных данных представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные о поездных заявках

Поездная заявка	Категория поезда	Перевозчик	Скорость доставки	Вид перевозимого груза	Длина	Частота отправления	Доля использованных ниток за прошлый год	Сезонность	Постоянное или свободное расписание
1									
2									
...									
i									
...									
D									

В данной работе для оценки качества кластеризации предлагается использовать индекс оптимального соответствия. Вычисление данного индекса заключается в поиске такого инъективного отображения множества эталонных кластеров в множество кластеров итогового разбиения, при котором сумма пересечений эталонных кластеров и итоговых кластеров является максимальной. Рассмотрим процедуру вычисления индекса оптимального соответствия.

Пусть, A_1, \dots, A_k – эталонные кластеры, полученные в результате генерации исходного массива данных; k – эталонное количество кластеров; n_i – количество объектов в i -м кластере; R_1, \dots, R_p – кластеры (слой МАГ), полученные в ходе выполнения алгоритма; k' – количество кластеров (слоев МАГ), которое было определено алгоритмом кластеризации.

Для оценки качества кластеризации необходимо получить однозначное соответствие эталонного кластера A_i результирующему кластеру R_p . Множество индексов $\{p_1, \dots, p_k\}$ должно быть подобрано таким образом, чтобы максимизировать сумму c_i – количества верно определенных объектов в эталонном кластере A_i . Исходя из этого

$$c_i = |A_i \cap R_{p_i}|; \quad \bigcap_i p_i = \emptyset; \quad (6)$$

$$U_i p_i = \arg \max \sum_i c_i. \quad (7)$$

Определив количество объектов c_i , вычисляем индекс оптимального соответствия по формуле

$$I_{oc} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k}. \quad (8)$$

В формуле (8) числитель представляет собой сумму степеней корректности определения кластеров. Определим область значений индекса качества кластеризации. Наименьшее значение индекса качества кластеризации возможно в том случае, если алгоритм определяет каждый объект в отдельный кластер. Тогда значение индекса

$$I = \frac{\frac{1}{n} + \frac{1}{n} + \dots + \frac{1}{n}}{k} = \frac{\sum \frac{1}{n}}{k}. \quad (9)$$

Наибольшее значение индекса качества кластеризации возможно в том случае, если алгоритм точно определил количество кластеров и корректно определил состав кластеров. Степень корректности определения каждого кластера равна единице. Значение индекса при этом также равно единице:

$$I_{min} = \frac{\frac{n_1}{n_1} + \frac{n_2}{n_2} + \dots + \frac{n_k}{n_k}}{k} = \frac{k}{k} = 1. \quad (10)$$

Таким образом, область значений индекса качества кластеризации определена на отрезке $\frac{\sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i}}{k}; 1$, где k – априорное количество кластеров.

Особенностью данного метода оценки является то, что степень корректности определения кластеров имеет равный вклад в значение индекса вне зависимости от размера определяемых кластеров.

Список литературы

Результаты. На основании тестовой выборки поездных заявок выполнен расчет оптимального количества слоев МАГ с использованием улучшенного алгоритма CLOPE. В качестве приоритетных параметров, для которых весовые коэффициенты w_i принимались равными 2, были выбраны: категория поезда, частота отправления по нитке, постоянное или свободное расписание. Для остальных параметров весовые коэффициенты были приняты равными 1.

В результате установлено, что для однопутных участков с уровнем загрузки до 50 % достаточно двух слоев МАГ; для однопутных с уровнем загрузки выше 50 %, а также для двухпутных участков с загрузкой до 40 % – три слоя; для двухпутных участков с загрузкой выше 40 % рекомендуется использовать четыре слоя.

Кроме того, в результате моделирования установлено, что на количество слоев кроме уровня загрузки участка непосредственное влияние оказывают разнообразие выделяемых категорий поездов, доля использованных ниток за прошлый год и скорость доставки.

Использование улучшенного алгоритма CLOPE при разработке МАГ позволяет существенно упростить процедуру классификации поездных заявок и обеспечить реализацию приоритетных целей оператора инфраструктуры при разработке графика.

Получено 20.05.2020

A. A. Erofeev. Using the CLOPE algorithm in the development system standard train schedule.

As a result of the analysis, it was established that during the year the normative train schedule (NGDP) may not correspond to the actual size of train traffic. The technologies for improving the correspondence between the NGDP and the actual size of train traffic are considered. In order to increase the compliance of the traffic flow with the carriers' requests to the parameters of the train operation system, it is proposed to form a multilayer adaptive traffic flow (MAG). The tasks of MAG development are determined, the solution of which requires the use of artificial intelligence technologies. It is proposed to calculate the optimal number of MAG layers using a modified version of the CLOPE algorithm. As a result of the simulation, it was found that the number of MAG layers is influenced by the level of the section load, the variety of selected categories of trains, the share of lines used for the last year and the speed of delivery.

1 Правила технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь : утв. постановлением М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь 25.11.2015 № 52. – Минск, 2016. – 568 с.

2 Инструкция по организации поездной работы при отпращивании грузовых поездов по твердым ниткам графика : утв. вице-президентом ОАО «РЖД» С. В. Козыревым 19 дек. 2006 г. – М., 2006. – 47 с.

3 Комплекс прикладных программ для разработки графика движения поездов / В. Г. Кузнецов [и др.] // Вестник ВНИИЖТа. – 2007. – № 4. – С. 25–31.

4 Erofeev, A. A. Multi-criteria evaluation of management decisions in the intellectual system of transportation management / A. A. Erofeev // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем : сб. науч. трудов. – Вып. 3 ; редкол. В. В. Голенков [и др.]. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 205–208.

5 Yang, Y. CLOPE: A fast and Effective Clustering Algorithm for Transactional Data In Proc of SIGKDD'02 / Y. Yang, H. Guan, J. You. – Edmonton, Alberta, Canada, 2002.

6 Grira, N. Unsupervised and Semi-supervised Clustering: a Brief Survey / N. Grira, M. Crucianu, N. Boujemaâ // Proc. of 7th ACM SIGMM international workshop on Multimedia information retrieval. – 2004.

7 Бильгаева, Л. П. Модификация алгоритма кластеризации CLOPE / Л. П. Бильгаева, З. Г. Самбялов // Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки : сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. – Т. 2. – М. : НИЦ «Академический», 2013. – С. 86–90.

УДК 656.025.2

П. В. КОВТУН, кандидат технических наук, Т. А. ДУБРОВСКАЯ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, В. А. ЦАРИКОВ, магистр технических наук, Белорусская железная дорога, г. Могилев, С. С. ГАПОНИК, инженер, Белорусская железная дорога, г. Минск

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ Поездов НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Повышение скоростей движения поездов возможно при переустройстве криволинейных участков путём увеличения радиуса кривой и возведения нового земляного полотна. Перед началом работ по возведению нового земляного полотна необходимо произвести инженерно-геодезическое и геологическое обследования местности, на которой будут производиться эти работы. По заданным координатам определяется новая длина криволинейного участка пути и производится подсчёт нормалей, т. е. сдвиги пути от существующей оси.

Введение. Для Республики Беларусь как внутриконтинентального государства, не имеющего выхода к морю, а также не обладающего значительными топливно-энергетическими и сырьевыми ресурсами, особое значение приобретают транзит и поиск новых перспективных рынков транспортных услуг. Прохождение через территорию нашей страны II и IX международных транспортных коридоров обуславливает высокую степень ее транзитивности. Благодаря развитой инфраструктуре и привлекательности географического положения Беларусь может стать своеобразным интегрирующим звеном в торговле между странами Европейского союза и Азиатско-Тихоокеанского региона, если будет придавать значение транзиту как важнейшему потенциалу национальной экономики.

По территории страны проходят два международных железнодорожных транспортных коридора:

№ II – Берлин – Варшава – Минск – Москва – Нижний Новгород (в пределах республики железнодорожный участок Брест – Минск – Орша – Осинówka);

№ IX – Хельсинки – Санкт-Петербург – Гомель – Киев – Кишинев – Бухарест – Димитровград (в пределах республики железнодорожные участки Терюха – Гомель – Жлобин – Витебск – Езерище – 489 км и Жлобин – Минск – Молодечно – Гудогай – 372 км). Благодаря наличию этого коридора организована устойчивая транспортная связь между северными и южными морями Европейского континента.

Повысить скорости движения через транспортные коридоры – значит предопределить высокий транзитный потенциал страны и создать возможности для роста экспорта транспортных услуг. Эти транспортные артерии составляют основу транзитной политики Республики Беларусь. Именно с ними связывается будущее в плане улучшения материально-технического развития Белорусской железной дороги. Кроме того, международные транспортные коридоры влияют на промышленную, продовольственную, демографическую, военную и технологическую безопасность. Они играют особую роль в социально-экономическом развитии республики.

Повышение скоростей может быть реализовано посредством:

– строительства новых линий;

– реконструкции существующих железных дорог;

– применения подвижного состава с улучшенными техническими характеристиками.

Опыт строительства и эксплуатации железнодорожного транспорта показывает, что именно реконструкция существующих железнодорожных линий со смешанным движением грузовых и пассажирских поездов позволяет значительно поднять скорости [1].

В качестве примера рассмотрим направление Могилев – Жлобин – Гомель. Для того чтобы вышеуказанный маршрут был востребован у пассажиров и грузоперевозчиков, время следования должно быть минимальным. По участку предполагается повышение установленных скоростей движения грузовых поездов до 100 км/ч, а пассажирских – до 140 км/ч.

По всему направлению имеются проблемные места с точки зрения плана линии. Кривые радиусами 500–600 м встречаются на подходах к отдельным пунктам (ст. Быхов, р. п. Старосельский и др.). Однако в связи с достаточно развитой инфраструктурой населенных пунктов увеличение данных радиусов является затруднительным из-за значительных сдвижек кривых и переноса инженерных коммуникаций.

Следующим «барьерным» местом является криволинейный участок пути ($R = 610$ м), находящийся на 245 км + 279 м – 246 км + 004 м (рисунок 1). В данном месте трасса проходит за городской чертой на незастроенной территории, поэтому имеется возможность устройства сдвижек, а также подвоза песка из разработанного карьера (расстояние около 15 км).

Существующие скорости движения поездов на указанных километрах составляют 100 км/ч для пассажирских и 80 км/ч для грузовых поездов. Предварительный анализ технических характеристик данного участка показал, что на протяжении от станции Быхов до границы обслуживания Могилёвской дистанции пути можно увеличить скорости движения поездов до 140 км/ч и более за счёт проведения необходимых путеремонтных мероприятий.

Наличие остальных криволинейных участков и их существующие радиусы позволяют выполнить путеремонтные мероприятия без переустройства кривых за исключением «барьерного» места на указанных километрах.



Рисунок 1 – Топографическая карта местности

Анализ верхнего строения пути на исследуемом участке. Основные показатели плана и профиля железнодорожной линии направления Могилёв – Жлобин – Гомель приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Основные показатели плана и профиля участка

Показатель	Величина, км / %
План линии:	
криволинейные участки	15,2/17
прямолинейные участки	73,8/83
Радиусы, м:	
500–600	1,5/12
651–800	0,7/6
801–1000	3,0/21
1001–1200	1,5/11
более 1200	7,5/50
Уклоны, ‰:	
0	29/32
1–4	36,3/60
4,1–6,0	8,3/14
6,1–8,0	11,0/19
8,1–10,0	4,4/7
Показатели профиля, м:	
насыпи до 6 м	65/73
выемки до 6 м	14/16
нулевые места	10/11

При переустройстве железных дорог под скоростное движение (предполагается поднять действующие скорости движения поездов до 140 км/ч и более на перспективу) радиусы проектируемых кривых определяются по формуле

$$R_{\text{пр min}} = 0,047v^2. \quad (1)$$

В нашем случае для реализации скорости 140 км/ч

$$R_{\text{пр min}} = 0,047 \cdot 140^2 = 921 \text{ м.}$$

В данном варианте необходима значительная сдвигка пути, что невозможно сделать на существующем земляном полотне. Как вариант предлагается устройство участка пути со строительством новой насыпи или уширением существующего земляного полотна. На отдельных участках пути возможно повышение скоростей движения за счёт укрепления верхнего строения пути и её отдельных элементов путём производства ремонтно-путевых работ.

Радиусы кривых необходимо увеличивать для обеспечения более высоких скоростей движения поездов. Расчёты по увеличению радиуса кривой производятся в следующем порядке.

На основании исходных данных, которыми являются: сторонность и угол поворота (α), радиус (R_c), длина (L_c) и тангенс (T_c) существующей кривой, пикетажное положение кривой (ПК НКК_c, ПК ККК_c), а также радиус

проектируемой кривой ($R_{\text{пр}}$), строится расчётная схема (рисунок 2).

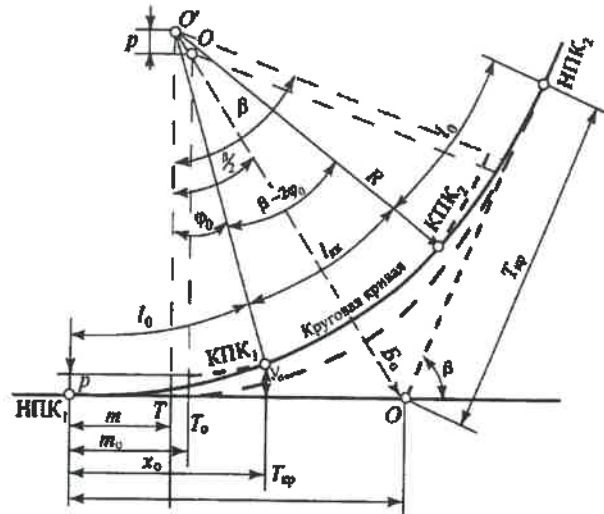


Рисунок 2 – Расчётная схема построения кривой

В соответствии с расчётной схемой определяются: длина проектируемой кривой ($K_{\text{пр}}$), тангенс проектируемой кривой ($T_{\text{пр}}$), разность тангенсов (ΔT), изменение длины линии (ΔL), неправильный пикет и пикетажное положение проектируемой кривой, а также нормали (n), т. е. смещения оси существующего пути. Указанные элементы определяются на основании следующих формул:

– длина проектируемой кривой:

$$K_{\text{пр}} = R_{\text{пр}} \alpha_{\text{рад}}; \quad (2)$$

$$K_{\text{пр}} = 1200 \cdot 0,959640 = 1151,57 \text{ м;}$$

– тангенс проектируемой кривой:

$$T_{\text{пр}} = R_{\text{пр}} \text{tg}(\alpha/2); \quad (3)$$

$$T_{\text{пр}} = 1200 \cdot 0,520345 = 624,41 \text{ м;}$$

– разность тангенсов:

$$\Delta T = T_{\text{пр}} - T_c; \quad (4)$$

$$\Delta T = 624,41 - 317,41 = 307,00 \text{ м;}$$

– изменение длины линии:

$$\Delta L = 2\Delta T + K_c - K_{\text{пр}}; \quad (5)$$

$$\Delta L = 2 \cdot 307,00 + 725,32 - 1151,57 = 187,75 \text{ м;}$$

– неправильный пикет:

$$100 - \Delta L; \quad (6)$$

$$100 - 187,75 = 87,75 \text{ м;}$$

– начало и конец проектируемой круговой кривой:

$$\text{ПК НКК}_{\text{пр}} = \text{ПК НКК}_c - \Delta T; \quad (7)$$

$$\text{ПК НКК}_{\text{пр}} = \text{ПК 2451} + 39 - 307,00 = \text{ПК 2448} + 32;$$

$$\text{ПК ККК}_{\text{пр}} = \text{ПК ККК}_c + \Delta T; \quad (8)$$

$$\text{ПК НКК}_{\text{пр}} = \text{ПК 2458} + 64 + 307,00 = \text{ПК 2461} + 71,$$

где $\alpha_{\text{рад}}$ – угол поворота кривой в радианной мере.

Определение нормалей (n), т. е. смещений оси существующего пути (см. рисунок 2) можно производить с помощью расчетных формул:

– на участке от НКК_{пр} до НКК_с:

$$n = x_2 / (2R_{пр}); \quad (9)$$

– на участке от НКК_с до ККК_с:

$$n = x_2 / (2R_{пр}) - 2(x - \Delta T) / (2R_c); \quad (10)$$

– на участке от ККК_с до ККК_{пр}:

$$n = x_2 / (2R_{пр}) - K_{2с} / (2R_c) - (x - \Delta T - K_c) \alpha_{рад}, \quad (11)$$

где x – расстояние от начала проектируемой кривой до точки на существующем пути, для которой определяется величина нормали, последовательно придаётся нарастающее значение с выбранным шагом, обычно 20 метров.

Перед началом работ по возведению нового земляного полотна необходима геодезическая съёмка местности, на которой будут производиться эти работы. Для этого на карте местности определяются координаты высот и составляется топографическая карта с горизонталями (см. рисунок 1).

По заданным координатам, по методике и формулам (2)–(11) определяется новая длина криволинейного участка пути и производится подсчёт нормалей, то есть сдвижки пути от существующей оси.

Подсчёт нормалей производят в табличной форме (таблица 2).

Из таблицы 2 видно, что максимальная сдвижка будет в середине кривой и составляет примерно 75 м.

После камеральных расчетов приступают к полевым работам. Для организации сдвижки оси пути в 75 метров необходима отсыпка нового земляного полотна.

К основным работам по возведению железнодорожного земляного полотна чаще всего относят:

- послойное рыхление сухих плотных грунтов, а также скальных пород и мёрзлых грунтов при разработке выемок, карьеров и резервов;

- разработку грунта в отвал или с погрузкой в транспортные средства;

- перемещение грунта из выемок, карьеров и резервов в насыпи, кавальеры или отвалы (так называемый технологический транспорт);

- послойное разравнивание грунта в насыпях или кавальерах;

- удаление слабых грунтов из основания насыпей, выторфовывание и устройство прорезей при возведении насыпей на болотах;

- послойное уплотнение грунта в насыпях, а также в основании насыпей высотой до 2 метров под основной площадкой в выемках (осуществляется при естественной плотности сухих грунтов ниже требуемой);

- усиление конструкции земляного полотна устройством защитного слоя (подушек из дренирующих грунтов, применением синтетического нетканого материала) поверх основной площадки;

- устройство и ликвидация въездов и съездов при отсылке насыпей транспортными средствами;

- срезка с откосов насыпей вторых путей растительного покрова и балластных шлейфов;

- устройство уступов при сооружении насыпей вторых путей и на косогорах;

- нарезка кюветов в выемках.

Таблица 2 – Результаты расчётов смещения кривой при увеличении радиуса

Порядковый номер	Дополнение пикета, м	Величина нормали, м
1	8,033	0,027
2	28,033	0,327
3	48,033	0,962
4	68,033	1,930
5	88,033	3,233
6	108,033	4,873
7	128,033	6,850
8	148,033	9,166
9	168,033	11,823
10	188,033	14,823
11	208,033	18,170
12	228,033	21,865
13	248,033	25,913
14	268,033	30,317
15	288,033	35,081
16	308,033	40,190
17	328,033	44,931
18	348,033	49,304
19	368,033	53,315
20	388,033	56,970
21	408,033	60,277
22	428,033	63,240
23	448,033	65,865
24	468,033	68,155
25	488,033	70,114
26	508,033	71,146
27	528,033	73,054
28	548,033	74,040
29	568,033	74,705
30	588,033	75,051
31	608,033	75,077
32	628,033	74,785
33	648,033	74,174
34	668,033	73,243
35	688,033	71,989
36	708,033	70,412
37	728,033	68,507
38	748,033	66,273
39	768,033	63,705
40	788,033	60,800
41	808,033	57,551
42	828,033	53,955
43	848,033	50,004
44	868,033	45,693
45	888,033	41,014
46	908,033	35,918
47	928,033	31,093
48	948,033	26,629
49	968,033	22,522
50	988,033	18,767
51	1008,033	15,362
52	1028,033	12,304
53	1048,033	9,589
54	1068,033	7,216
55	1188,033	5,182
56	1108,033	3,486
57	1128,033	2,126
58	1148,033	1,101
59	1168,033	0,411
60	1188,033	0,054

В случаях годности грунтов выемок и недостатка грунта для возведения насыпей допускается уширение выемок, которое должно производиться с той стороны, где в дальнейшем возможно строительство вторых путей. Выемки необходимо уширять по всей их длине, придавая образуемым в результате уширения закованным полкам уклон 2–4 % в сторону кювета. Если уширение выемки не превышает 4 метра, то кюветы устраивают у пути; при этом они принимают воду, стекающую с откосов выемки и полки. Если же выемки уширяют на величину более 4 метров, расположение кюветов назначается с учётом местных условий.

Насыпи лучше всего возводить из однородных грунтов. Отсыпaeмый грунт следует разравнивать горизонтальными слоями или с уклоном 2 ‰ к откосам по всей ширине насыпи. При необходимости использования разнородных грунтов укладка их в насыпь также должна осуществляться горизонтальными слоями, причём каждый слой должен состоять из однородного грунта. Отсыпку слоёв грунта производят, как правило, от краёв к середине и лишь на мокрых (слабых) основаниях и болотах отсыпку подводной части насыпи ведут от середины к краям. Если горизонтальный слой песчаного грунта располагают над слоем глинистого грунта, поверхности последнего придают поперечный уклон 4 ‰ от середины к краям насыпи. Если же слой песчаного грунта располагают под слоем глинистого, поверхность слоя песчаного грунта подлежит выравниванию без придания уклонов. Запрещено покрывать откосы насыпей грунтами с худшими фильтрационными свойствами, чем у грунта, находящегося в теле насыпи, за исключением покрытия откосов растительным грунтом при посеве травы. Движение транспортных средств, отсыпающих на насыпи очередной слой, необходимо регулировать по всей его ширине. Каждый слой следует разравнивать, соблюдая проектный продольный уклон.

Комплекс работ по возведению новых насыпей железнодорожного полотна представляют собой комплекс технологических процессов, схем и карт.

Для устройства притрассовых грунтовых карьеров выделяют земли несельскохозяйственного назначения либо сельхозугодья худшего качества, а из земель лесного фонда – участки, не покрытые лесом или занятые кустарником или малоценными насаждениями. Проект разработки временного карьера должен включать схемы и режимы работы карьера, схемы подъездных путей, мероприятия по технике безопасности и по рекультивации земель, нарушенных при разработке. Подготовленный фронт работ в карьере должен обеспечивать не менее чем 15-суточную производительность машин, разрабатывающих грунт.

Получено 01.04.2021

P. V. Kovtun, T. A. Dubrovskaya, V. A. Carikov, S. S. Gaponik. Basic technical solutions to increase problems train speeds on the Belarusian railway.

Increasing the speed of trains is possible when rebuilding curved sections by increasing the radius of the curve and erecting a new roadbed. Before starting work on the construction of a new roadbed, it is necessary to make an engineering and geodetic survey of the area on which these works will be carried out. The specified coordinates determine the new length of the curved section of the path and calculate the normals, that is, the shifts of the path from the existing axis.

Также для устройства котлованов, каналов, намыва земляного полотна дамб, плотин, насыпей и других земляных сооружений в специально отведённых карьерах применяются плавучие земснаряды. Земснаряд соединяют с магистральным пульповодом, проложенным по берегу, с помощью плавучего пульповода. При небольшой удалённости до начала места строительства магистральным пульповодом подводят непосредственно на строительную площадку. При отсутствии такой возможности грунт, разработанный таким способом, намывается в отвалы и далее транспортируется грузовым наземным транспортом.

Заключение. Таким образом, повышение скоростей движения поездов на участке Могилев – Жлобин – Гомель возможно при проведении ремонтных работ, а также после переустройства криволинейных участков путём увеличения радиуса кривой и возведении нового земляного полотна. В отдельных случаях можно применять составы с наклоном кузова. Необходимо детально рассматривать каждое направление, учитывать радиусы кривых, уклоны, возвышение наружного рельса и другие параметры пути.

Список литературы

- 1 Ерофеев, А. А. Проблемы повышения скорости движения поездов на существующих железнодорожных линиях / А. А. Ерофеев, П. В. Ковтун, Т. А. Дубровская / Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2018. – № 2 (37). – С. 57–60.
- 2 ТР ТС 003/2011 О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта. – Введ. 15.07.2011. – М.: Росстандарт, 2011. – 66 с.
- 3 СНБ 3.03.01–98 Железные дороги колеи 1520 мм. – Взамен СНиП II-39-76, СНиП III-38-75 и СН 468-74; введ. 01.08.1998. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 1998. – 39 с.
- 4 Правила технической эксплуатации Белорусской железной дороги. – Введ. 01.07.2016. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2016. – 300 с.
- 5 Железные дороги колеи 1520 мм. СНБ 3.03.01–98 Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 1998.
- 5 ТКП 45–3.03–163–2009 (02250). Железные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь. – Минск, 2010.
- 6 Технический паспорт Могилёвской дистанции пути по состоянию на 01.01.2020 г. Форма АГУ–4. – Могилев, 2020.
- 7 Ковтун, П. В. Анализ изменения длин переходных кривых при введении подвижного состава с наклоном кузова на существующих железных дорогах / П. В. Ковтун, Т. А. Дубровская, Н. Ю. Губенский // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2019. – № 2 (39). – С. 40–43.

УДК 625.1.001

Г. В. АХРАМЕНКО, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ НА ЛОКАЛЬНЫХ УЧАСТКАХ

Исследуется проблема принятия решений в задачах оптимизации проектирования железных дорог. Рассматривается возможность применения методов оптимизации на основе чисел Фибоначчи и множества Парето. Приводятся конкретные примеры использования чисел Фибоначчи для сокращения числа вариантов принятия решений и множества Парето для выбора величины руководящего уклона при трассировании железных дорог в сильнопересеченной местности с наличием водоразделов.

Принятие оптимальных проектных решений в строительстве является одним из наиболее действенных средств улучшения качества проектирования и повышения эффективности инвестиций. Оптимизация отличается от выбора вариантов тем, что предполагает рассмотрение всех допустимых решений, тогда как при выборе вариантов рассматривается лишь несколько из них, которые назначаются проектировщиком.

Как правило, оптимизационный процесс включает в себя формулировку задачи, выбор оптимизируемых параметров, установление ограничений, выбор и оценку влияния внешних факторов, выбор критериев оптимальности, определение целевой функции по каждому критерию, поиск и принятие решения с учетом неопределенности и риска.

При проектировании железных дорог задачи с выявлением оптимального решения в функции одной управляемой переменной имеют наибольшее распространение. Такие задачи могут включать:

- нахождение отдельных параметров проектирования трассы железной дороги (величины руководящего уклона, полезной длины приемо-отправочных путей, норм размещения раздельных пунктов и т. д.);
- определение оптимальной длины тоннеля, глубины перевальной выемки, высоты насыпи при пересечении крупных рек;
- выбор положения трассы на отдельных участках;
- определение величины радиуса кривой в плане и т. п.

При проектировании конкретных железнодорожных линий, отвечающих определенным требованиям народного хозяйства, выборе их направления на отдельных локальных участках, параметров их проектирования, а также при проектировании их отдельных устройств и сооружений сравнение вариантов сводится к количественной оценке искомых величин (критерия эффективности, соответствующих значений параметров проектирования).

При таком сравнении объективное решение может быть выявлено с использованием соответствующих математических методов поиска экстремальных значений.

Главная задача, возникающая перед разработчиком проекта железной дороги, состоит в том, чтобы принять обоснованные решения по структуре элементов системы и их параметрам [1]. Эта задача может быть сформулирована следующим образом: разработать проект железной дороги с такой структурой элементов и их параметрами, чтобы обеспечить заданные размеры перевозок (параметры цели) при минимальных затратах. В условиях, когда затраты на строительство железной

дороги регламентированы, возможна постановка другой задачи проектирования: разработать проект железной дороги с такой структурой элементов, чтобы обеспечить максимальные размеры перевозок при заданных затратах. В общем случае оптимизация проектных задач сводится к выявлению показателя (критерия оптимальности), по величине которого можно производить оценку сравниваемых вариантов и к выявлению условий, при которых этот показатель принимает искомое, наиболее рациональное значение.

В зависимости от характера решаемых проектных задач критерий оптимальности может быть выражен в соответствующих для этой задачи измерителях (объемах работ, трудоемкости, стоимостных показателях и т. п.). Опыт показывает, что для многих задач в области строительства недостаточно применять один критерий оптимальности – необходим многогранный комплекс критериев, позволяющий выбрать наилучшее решение. Однако многокритериальная оптимизация весьма сложна и на практике применяется мало. Из критериев, учет которых целесообразен для обоснованной оценки проекта, можно выделить:

- стоимостные критерии: минимум чистой приведенной стоимости, минимальный срок окупаемости инвестиций, максимальная внутренняя норма доходности;
- критерии безопасности: снижение аварийности объекта, улучшение условий труда, снижение заболеваемости и травматизма;
- функциональные критерии: максимум надежности, адаптивности, регулируемости функций объекта, долговечности;
- технологические: максимальная технологичность возведения и организационно-технологическая надежность, ремонтпригодность, эргономичность, минимальная продолжительность строительства;
- ресурсные: минимум расхода трудовых, природных, материальных, энергетических ресурсов при строительстве и эксплуатации;
- социальные: организация дополнительных рабочих мест, улучшение качества жизни, в том числе маломобильных групп населения;
- экологические: минимум отрицательного воздействия на окружающую природу (биосферу, атмосферу, гидросферу, почву, недра).

Одновременное удовлетворение всем критериям, как правило, невозможно. Не всегда можно составить единый комплексный критерий, так как многие из них плохо формализуются. Следует отметить, что применение некоторых критериев в отсутствие остальных критериев

может привести к абсурдным результатам. Таким образом, задача поиска оптимального решения становится многокритериальной. Единого общего метода решения многокритериальных задач не существует. Наиболее часто применяется «свертка» критериев в один комплексный, выражаемый в условных единицах (баллах). Такие подходы разработаны в квалиметрии [1]. Особенностью многокритериальных задач является предположение о наличии некоторого компромиссного решения, при отклонении от которого «качество» решения в целом ухудшается (оптимальность по Парето [2]).

Наибольшее развитие получил стоимостный критерий оптимальности (чистый доход, т. е. доход за вычетом расходов), обладающий рядом достоинств:

- критерий совпадает с экономической эффективностью проекта;
- численная величина имеет наглядное денежное выражение;
- могут быть учтены как единовременные, так и длительные по времени затраты и эффекты;
- путем добавления дополнительных слагаемых могут быть учтены разнообразные факторы, получающие стоимостную оценку.

Наиболее интересные и важные примеры оптимизации проектных решений возникают в тех случаях, когда можно учесть капитальные затраты, эксплуатационные расходы, особенности возведения и использования объекта. Для оптимизации такого рода задач в проектной практике применяются стоимостные показатели, выраженные обычно суммой приведенных (эквивалентных) строительных и эксплуатационных затрат [3], которые определяются по формуле

$$S_n = E_n K + C, \quad (1)$$

или

$$S_{\text{пр}} = K + C T_n, \quad (2)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности; K – капитальные вложения, тыс. руб.; C – текущие расходы, тыс. руб./год; T_n – нормативный срок окупаемости, лет [3].

Принцип таких расчетов пояснен из рисунка 1.

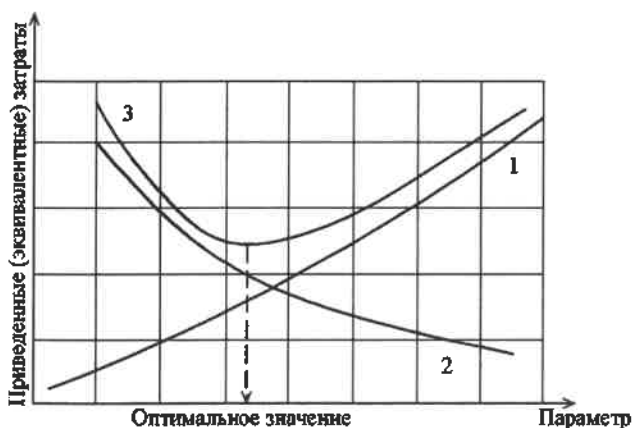


Рисунок 1 – Схема определения оптимума:

- 1 – капитальные затраты; 2 – эксплуатационные расходы;
3 – приведенные (эквивалентные) затраты

Часто при изменении какого-либо параметра возрастают капитальные затраты и уменьшаются эксплуатационные затраты, приведенные к известному эквиваленту, или наоборот. Тогда сумма эквивалентных затрат будет иметь минимум (возможно, не единственный), которому

будет соответствовать оптимальное значение оптимизируемого параметра. В качестве оптимального значения часто ошибочно принимают точку пересечения функций капитальных и эксплуатационных расходов, на самом деле это далеко не так (см. рисунок 1).

Величина критерия зависит от значения переменных, отыскание которых осуществляется при решении той или иной проектной задачи. Эти переменные являются независимыми, но так как их величина или шаг изменения для достижения того или иного значения критерия может назначаться проектировщиком, то их можно считать управляемыми. Если функциональная зависимость между критерием и управляемыми переменными полностью выявлена, то при дискретном изменении этих переменных задачи по отысканию оптимума могут быть решены с использованием линейного и динамического программирования. Однако в большинстве случаев при проектировании железных дорог зависимость между критерием и управляемой переменной известна не полностью и процесс нахождения оптимума связан с необходимостью производства эксперимента (разработкой вариантов проектных решений).

Набор правил, т. е. стратегия поиска оптимального решения, по которой осуществляется назначение числа и последовательности производства экспериментов, где заранее назначаются и выполняются все без исключения эксперименты, является пассивной. Стратегия, в которой все последующие эксперименты (их число и последовательность выполнения) зависят от результатов предшествующих, является последовательной или направленным поиском [3].

Стратегия пассивного поиска предполагает, что все эксперименты осуществляются до или же в процессе выявления оптимального решения, но при условии, что все сопоставляемые эксперименты должны быть выполнены и рассмотрены без какого-либо сокращения. Выявление оптимального варианта с использованием стратегии пассивного поиска может быть осуществлено простым или неупорядоченным перебором, или же упорядоченным перебором, который наиболее целесообразен при наличии большого числа различных вариантов (экспериментов). Такой перебор может быть осуществлен с применением методов решения транспортных задач, нахождения «кратчайшего» пути в графе, на основании применения основных принципов динамического программирования и т. п. [4, 5].

Все методы решения задач с применением стратегии последовательного или направленного поиска сводятся к установлению первоначального интервала неопределенности, проведению некоторого числа опытов в пределах этого интервала, сопоставлению результатов этих опытов и, на основании этого, к выявлению нового (сокращенного) интервала неопределенности, в пределах которого осуществляется новая группа опытов и производится дальнейшее уменьшение интервала неопределенности, и так до тех пор, пока не будет выявлено окончательное оптимальное решение.

Для назначения необходимой последовательности производства опытов (экспериментов) в математике рекомендуются различные методы: метод Фибоначчи, метод дихотомии, «золотого сечения», поиск по дискретным точкам.

В данной статье рассматривается стратегия последовательного поиска с применением метода Фибоначчи, который может быть с достаточной эффективностью применен при решении ряда проектных задач [6]. Метод Фибоначчи построен американцем Дж. Кифером (J. Kiefer) в 1953 году и назван в честь использованной в нем последовательности чисел Фибоначчи: $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$, $F_0 = F_1 = 1$. Он основан на производстве экспериментов для последовательного уменьшения интервала неопределенности в порядке, соответствующем числам Фибоначчи [2]. Подобно методу золотого сечения процедура поиска с использованием чисел Фибоначчи требует двух вычислений функции на первом шаге, а на каждом последующем – только по одному. Однако, в отличие от метода золотого сечения, в этой процедуре общее число S вычисления функции должно быть выбрано заранее.

Числа Фибоначчи – элементы числовой последовательности 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181, 6765, 10946, 17711, ..., в которой первые два числа равны либо 1 и 1, либо 0 и 1, а каждое последующее число равно сумме двух предыдущих чисел. Если обозначить число Фибоначчи F_n , где n соответствует порядковому номеру числа, то

$$F_0 = F_1 = 1; F_n = F_{n-1} + F_{n-2}; n = 2, 3, 4, 5, \dots$$

Для n от нуля до 10 эти числа приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Числа Фибоначчи

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_n	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89

За счет применения этих чисел существенно сокращается диапазон поиска или интервал неопределенности. Так, если для выявления какого-либо оптимального значения при стратегии пассивного поиска необходимо осуществить 89 экспериментов или известно, что это оптимальное значение находится в интервале неопределенности, соответствующем 89 экспериментам, что соответствует числу Фибоначчи F_{10} , то при последовательном поиске в направлении к F_1 можно найти это оптимальное значение, осуществив всего лишь 10 экспериментов.

Для демонстрации данного метода на практике возьмем условную задачу по определению оптимальной высоты насыпи при пересечении крупного водотока в пределах до 13 м. Если высота насыпи определяется с точностью до 1,0 м, то в этом случае первоначальный интервал неопределенности можно считать равным 13, и при стратегии пассивного поиска следовало бы осуществить 13 экспериментов. В качестве критерия можно принять минимальные приведенные расходы, которые определяются по формуле (1) или (2).

Цифра 13 соответствует числу Фибоначчи F_6 . Учитывая, что это число получено как $F_6 = F_4 + F_5$ ($F_4 = 5$ и $F_5 = 8$) (см. таблицу 1), при направленном поиске с использованием чисел Фибоначчи намечается первая группа экспериментов, соответствующая проектировке насыпи при высоте 5 и 8 м (два эксперимента). При этих высотах насыпи определяются критерии S_{n8} и S_{n5} . Исходя из унимодальности функции, можно предположить, что если $S_{n5} > S_{n8}$, то искомый минимум S_n расположен правее точки 5 и может находиться в интервале между точками 5 и 8 или 8 и 13, но не может быть в

интервале 1–5 (рисунок 2). В этом случае интервал 1–5 отпадает. Наоборот, если $S_{n5} < S_{n8}$, то отпадает интервал от точки 8 до 13. Таким образом, после двух экспериментов интервал неопределенности сокращается до 8.



Рисунок 2 – Последовательность поиска при помощи чисел Фибоначчи

Допустим, что в рассматриваемом случае $S_{n8} > S_{n13}$, перенесем начало координат в точку 8. В связи с тем, что новый интервал неопределенности, равный 13, соответствует числу Фибоначчи F_5 , а $F_5 = F_4 + F_3$ при $F_4 = 5$ и $F_3 = 3$, то следующие эксперименты назначаются в точках 3 и 5, что соответствует высотам насыпи 8 и 10 м (см. рисунок 2). Если и в этом случае $S_{n3} > S_{n5}$, то экстремум находится правее точки 3 и интервал до точки 3 (в старой нумерации) отпадает.

Новый интервал неопределенности (13 – 8 – 5) соответствует $F_4 = 5$, в котором дополнительный эксперимент назначается при высоте насыпи 11 м. При $S_{n10} > S_{n11}$ выявляется новый интервал неопределенности, соответствующий $F_3 = 3$. Процесс продолжается до тех пор, пока критерий нового эксперимента не станет больше предыдущего. С использованием чисел Фибоначчи общее число вариантов сократилось с 13 до 6.

Приведенный на рисунке 2 пример соответствует выявлению минимума критерия при наибольшей высоте насыпи (крайний случай). Как было сказано ранее, применение метода Фибоначчи требует всегда установления первоначального интервала неопределенности, совпадающего с каким-либо числом Фибоначчи, установить такой интервал неопределенности можно выбором соответствующего масштаба или точности расчета.

Предложенный метод предполагает наличие одного экстремума (в данном случае это минимум приведенных затрат) и является по своей сути задачей унимодальной. Задачи, связанные с оптимизацией решений при проектировании железных дорог, в большинстве случаев являются многокритериальными, т. е. это процесс одновременной оптимизации двух или более конфликтующих целевых функций в заданной области определения. Как правило, решение многокритериальных задач включает в себя следующие процедуры:

- разработку математической модели;
- структурно-параметрическую идентификацию модели;
- определение состава критериев, качества и их формализацию;
- проведение численных экспериментов с моделью;
- поиск оптимальных структур и параметров модели.

При решении таких задач появляется несколько целей, обусловленных наличием критериев, которые же

лательно оптимизировать. Однако, как правило, эти цели противоречивы, что вносит в задачу неопределенность, преодолеть которую формальными методами нельзя. В таких задачах по выбору оптимального решения, формализуемых в виде модели векторной оптимизации, первым естественным шагом следует считать выделение области компромиссов – решений, оптимальных по Парето [2]. Решение $x \in X$ называется оптимальным по Парето, если не существует такого решения $x_0 \in X$, для которого выполнены неравенства $f(x_0) \geq f(x)$ и $f(x_0) \neq f(x)$. Любой вектор, который не является оптимальным по Парето, доминируется оптимальным вектором. Областью компромиссов является подмножество допустимого множества решений X , обладающего тем свойством, что все принадлежащие ему решения не могут быть улучшены одновременно по всем критериям [3]. Оптимальное решение, выбираемое на основе многокритериального подхода независимо от избираемого принципа оптимальности, всегда должно принадлежать области компромиссов. Иначе оно может быть улучшено и, следовательно, не является оптимальным. Поэтому при выборе решения по векторному критерию можно ограничить поиск оптимального решения областью компромиссов, которая, как правило, значительно уже всей области возможных решений X .

Принцип эффективности по Парето заключается в следующем. Пусть имеется многокритериальная задача с несколькими критериями, для простоты допустим, что их необходимо максимизировать. Предположим, что в составе множества возможных решений есть такие, у которых все значения критериев для одного решения больше или равны соответствующим значениям критериев для другого решения. Если какой-то вариант решения не представляется перспективным, то он вытесняется другим вариантом. В результате описанной процедуры отбрасываются непригодные варианты решений, множество оставшихся решений сокращается, и в нем сохраняются так называемые «эффективные» (паретовские) решения, характерные тем, что ни у одного из них не существует доминирующего решения. Таким образом, множество Парето содержит только те варианты, которые не доминируются другими вариантами. После того, как получены «паретовские» варианты, можно пользоваться другими приемами сведения к обобщенному показателю уже только недоминируемых вариантов.

Рассмотрим, например, задачу по выбору положения трассы железной дороги при пересечении водораздела. Пусть определены n допустимых вариантов уклонов трассирования i_1, i_2, \dots, i_n , т. е. для укладки трассы мы располагаем n значениями уклонов. На линии водораздела имеются седловины (седла), число которых составляет k и которые определяют возможные направления трассы железной дороги.

Теоретически число возможных вариантов трассы r равно $r = kn$ и может быть большим. Например, при $k = 4$ и $n = 5$ число вариантов трассы $r = 20$. Учитывая, что проектирование каждого варианта для получения приведенных строительно-эксплуатационных затрат требует достаточно много времени, сделаем попытку уменьшить их число. Для этого на карте запроектируем n магистральных ходов через все седла с уклонами i_1, i_2, \dots, i_n ; всего kn . Для каждого магистрального хода оп-

ределим коэффициент удлинения λ . В результате для каждого варианта трассы получим два показателя: уклон i и коэффициент удлинения λ . Для наглядности представим каждый вариант в виде точки в системе координат $iO\lambda$ (рисунок 3). На плоскости множества допустимых вариантов соответствует область ω . Цифрами 1, 2, 3 и 4 обозначим крайние точки области ω .

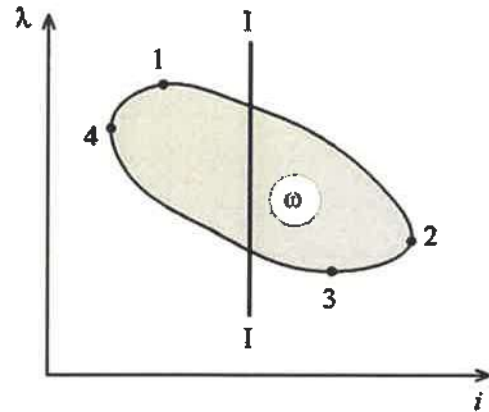


Рисунок 3 – Выделение конкурентных вариантов

Точке 4 соответствует минимум, а точке 2 – максимум уклона, точке 1 – максимум, а точке 3 – минимум коэффициента удлинения. Анализ показывает, что варианты с меньшими уклонами лежат на левой границе области ω (дуга 1 – 4 – 3), а варианты с меньшими коэффициентами удлинения лежат на нижней границе области ω (дуга 4 – 3 – 2). Общим для дуг 1 – 4 – 3 и 4 – 3 – 2 является их отрезок 4 – 3. Для вариантов, лежащих на дуге 4 – 3, справедлива следующая зависимость между i и λ : чем больше i , тем меньше λ . Для дуг 4 – 1 и 3 – 2 зависимость между i и λ имеет иной характер: чем больше i , тем больше λ . Понятно, что варианты с такой зависимостью между i и λ неприемлемы. На дуге 1 – 2 зависимость между i и λ такая же, как и на дуге 4 – 3, но варианты, принадлежащие дуге 1 – 2, имеют больший коэффициент удлинения, чем варианты, относящиеся к отрезку 4 – 3, например в сечении I – I. Значит, только варианты, лежащие на дуге 4 – 3, могут принимать участие в процедуре принятия решения.

Множество вариантов дуги 4 – 3 и является множеством Парето [2]. Пары чисел i и λ , характеризующие множества Парето, образуют доминирующую последовательность. Доминирующая последовательность является информацией для принятия решения. Рассмотрим процедуру Парето на конкретном примере выбора вариантов направления трассы железной дороги.

Конкретизируем задачу по выбору положения трассы железной дороги при пересечении водораздела, приведенную выше. Топографические условия проектирования таковы, что имеется три различных направления железной дороги, которые определяются фиксированными точками – седлами водораздела, располагающегося между опорными пунктами. В результате процедуры формирования множества Парето [2] выявлены три варианта с разными уклонами. Для всех трех вариантов уложены магистральные ходы и определены коэффициенты удлинения (таблица 2). Для наглядности представим эти данные на рисунке 4.

Таблица 2 – Коэффициенты удлинения магистральных ходов

Номер седла	1			2			3		
Номер варианта	0	2	4	0	2	4	0	2	4
$i, \%$	9	7	12	9	7	12	9	7	12
λ	1,15	1,52	1,09	1,25	1,33	1,13	1,44	1,47	1,28

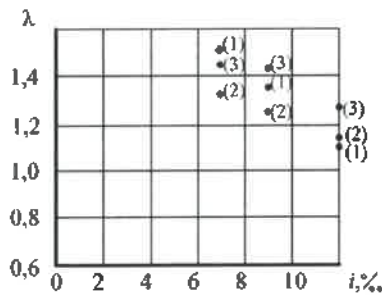


Рисунок 4 – Множество вариантов магистральных ходов

Пары чисел λ и i расположим в порядке возрастания λ (таблица 3). Такая упорядоченная последовательность пар λ и i является последовательностью, ранжированной по λ .

Для сокращения числа вариантов к последовательности, представленной в таблице 3, применим операцию просеивания и в результате получим доминирующую последовательность (множество Парето) пар чисел (λ, i) , которая определяет варианты направлений и соответствующие им уклоны (таблица 4).

Таблица 3 – Последовательность пар (λ, i) , ранжированная по λ

Номер пары	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер седла	1	2	2	3	2	1	3	3	1
λ	1,09	1,13	1,25	1,28	1,33	1,35	1,44	1,47	1,52
$i, \%$	12	12	9	12	7	9	9	7	7

Таблица 4 – Конкурентные варианты направлений и уклонов

Номер ранжированной последовательности	1	3	5
Номер седла	1	2	2
λ	1,09	1,25	1,35
$i, \%$	12	9	7

Из таблицы 4 следует, что трассированию подлежат: через седло 1 – вариант с $i = 12 \%$, через седло 2 – варианты с $i = 9 \%$ и $i = 7 \%$. Следовательно, число вариантов для трассирования сократилось с 9 до 3.

Таким образом, выбор того или иного оптимизационного метода в значительной степени определяется постановкой задачи, а также используемой математической моделью объекта оптимизации. Традиционные методы проектирования ограничивают возможность многовариантных подходов и не позволяют осуществить оптимизацию проектных решений, возникает противоречие между существующими потребностями и возможностями проектно-конструкторских организаций и коллективов.

Получено 10.04.2021

G. V. Akhramenko. Optimization of design solutions when designing railways in local sites.

The problem of decision making in the problems of optimizing the design of railways is investigated. The possibility of using optimization methods based on Fibonacci numbers and Pareto sets is considered. Specific examples of the use of Fibonacci numbers to reduce the number of decision-making options and the Pareto set for choosing the value of the steering slope when tracing railways in rugged terrain with the presence of watersheds are given.

Оптимизацию проектных решений при проектировании железных дорог можно условно разделить на два уровня. Первый предусматривает рассмотрение всех вариантов, которые технически возможно осуществить в заданных местных условиях для проектируемого объекта с учетом всех его особенностей. Второй уровень оптимизации предусматривает перебор всех возможных сочетаний параметров вариантов, намеченных к проектированию. Для определения необходимой последовательности производства экспериментов, а также сокращения числа вычислительных процедур предлагается применить метод Фибоначчи и принцип Парето.

Использование чисел Фибоначчи позволяет сократить общее число вариантов, подлежащих рассмотрению. В рассматриваемом примере при определении оптимальной высоты насыпи общее число вариантов сократилось в три раза. Недостаток метода Фибоначчи заключается в том, что в нем априори необходимо задавать число испытаний n , так как на первом этапе поиска требуется вычислять n -е и $(n - 1)$ -е числа Фибоначчи для определения интервала неопределенности. Это можно произвести выбором соответствующего масштаба или точности расчета.

При наличии нескольких критериев для выявления оптимального решения предлагается использовать принцип Парето, что в рассматриваемом примере позволило сократить число вариантов также в три раза. Доминирующая последовательность, полученная в результате применения принципа Парето, является информацией для ЛПР. Для поиска компромиссного решения можно использовать «метод уступок» или «метод идеальной точки».

Предлагаемые методы оптимизации позволяют производить все необходимые расчеты непосредственно на компьютере, в вариантном исполнении, а также могут являться одними из основных модулей в создании информационных моделей проектирования железных дорог.

Список литературы

- 1 Азгальдов, Г. Г. Квалиметрия в архитектурно-строительном проектировании / Г. Г. Азгальдов. – М. : Стройиздат, 1989. – 264 с.
- 2 Подиновский, В. В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. – М. : Физматлит, 2007. – 256 с.
- 3 Изыскания и проектирование железных дорог / И. В. Турбин [и др.]. – М. : Транспорт, 1989. – 400 с.
- 4 Лесин, В. В. Основы методов оптимизации / В. В. Лесин, Ю. П. Лисовец. – М. : МАИ, 2011. – 344 с.
- 5 Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах : учеб. пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. – М. : Лань, 2015. – 512 с.
- 6 Воробьев, Н. Н. Числа Фибоначчи / Н. Н. Воробьев. – М. : Наука, 1969. – 112 с.
- 7 Мелькумова, Е. М. Один из подходов к решению задачи многокритериальной оптимизации / Е. М. Мелькумова // Вестник ВГУ. – Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2010. – № 2.

УДК 625.142.215:658.2(476)

В. П. НОВИК, А. А. СУЩЕНОК, Белорусская железная дорога, г. Борисов, В. А. ЦАРИКОВ, магистр технических наук, Белорусская железная дорога, г. Могилев, П. В. КОВТУН, кандидат технических наук, О. В. ОСИПОВА, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ШПАЛОПРОПИТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОАО «БОРИСОВСКИЙ ШПАЛОПРОПИТОЧНЫЙ ЗАВОД»

Борисовский шпалопропиточный завод – предприятие, известное не только в Беларуси, но и за рубежом. Выгодное географическое положение Борисова предопределило здесь еще в XIX веке строительство железной дороги, а также шпалопропиточного завода. В настоящее время ОАО «Борисовский шпалопропиточный завод» – современное предприятие с высокопроизводительным оборудованием, инновационными технологиями, грамотными инженерными кадрами, сплоченным трудовым коллективом и хорошими перспективами.

Одним из основных элементов железнодорожного пути являются шпалы, обеспечивающие пространственную устойчивость рельсо-шпальной решетки. До сих пор на всех мировых железных дорогах применяются деревянные шпалы, главное достоинство которых – это эксплуатационная и производственная простота.

1871 году в пяти километрах на юго-восток от Борисова построили железнодорожную станцию «Борисов». Через нее 16 (28) ноября прошел первый грузопассажирский поезд в направлении Минска.

В 1902 году был построен Борисовский шпалопропиточный завод. Тогда его территория составляла чуть больше двух гектаров, на которых располагались два пути: путь № 37 «Погрузочный» и путь № 38 «Заводской».

В первое десятилетие работы шпалопропиточного завода было приобретено и смонтировано два пропиточных цилиндра, гидравлические насосы, котел и машина. Все эти механизмы работали на пару. Шпалы пропитывали дегтярным химическим раствором.

Развитие путевого хозяйства – одна из основных задач 30-х годов XX столетия в Белоруссии. Как итог, за счет болота, на котором был построен завод, расширили территорию для складирования древесины; проложили подъездной путь № 39 – «Болотный»; оборудовали еще один дополнительный склад в районе Зеленого городка, откуда шпалы транспортировались на завод кушненным ширококолейным мотовозом с арендуемым подвижным составом. В 1939 году предприятие получило кран на железнодорожном ходу. Следующий год также был результативным – завод купил два новых шуловских котла.

После войны завод пришлось восстанавливать, что называется, с нуля. В 1958 году прошла небольшая реконструкция, а именно: устаревшие пропиточные цилиндры с болтовым креплением были заменены новыми с полуавтоматическим креплением крышек, расширена территория завода. В 1960-е годы был установлен третий пропиточный цилиндр.

В 1990 году на предприятии было пропитано 178 м³ древесины. Производство работало практически круглосуточно. Оно обеспечивало своей продукцией Беларусь, почти треть потребностей Украины, всю Литву, Латвию и др.

С 2000 года на предприятии началась масштабная реконструкция. Результатом стал ввод в эксплуатацию новых мощностей. В 2009 году на предприятии были

разработаны и внедрены новые пропиточные био-защитные растворы на основе антисептиков Tanalithe, не требующие подогрева. В следующем (2010) году на заводе разработан и внедрен отечественный пропиточный состав на основе сланцевого масла и пиролизной смолы «Средство защитное СМПС».

Деревянные шпалы, которые изготавливаются на заводе, получили самое широкое распространение на железных дорогах Беларуси, а также в ближнем и дальнем зарубежье.

Деревянные шпалы изготавливаются по ГОСТ 78–2014 различных типов:

I – для главных путей 1-го и 2-го классов, а также для путей 3-го класса при грузонапряженности более 30 млн т км брутто / км в год при скоростях движения поездов более 100 км/ч;

II – для главных путей 3-го и 4-го классов, путей не-общего пользования с интенсивной работой, приемоотправочных и сортировочных путей на станциях;

III – для любых путей 5-го класса, в том числе станционных.

Шпалы из дерева подразделяются на три вида:

- обрезаемые (отесанные со всех четырех сторон);
- полуобрезаемые (отесанные только с трех сторон);
- необрезаемые (отесанные только сверху и снизу).

Наибольшее распространение и применение на сегодня получили обрезаемые шпалы 2-го типа.

Продление срока службы деревянной шпало-продукции имеет большое народнохозяйственное значение. Чтобы увеличить ее долговечность, необходимы целый комплекс мероприятий и выполнение множества требований.

В 2013 году реализована программа модернизации: введена «Линия поверхностной наковки шпал и забивки торцевых пластин». Это новейшее оборудование позволило при обработке изделий из древесины методом «вакуум – давление – вакуум» обеспечивать равномерную пропитку антисептиком всей ее поверхности. Обработанная таким образом древесина будет служить пятнадцать лет и более. Для длительной эксплуатации деревянных шпал требуется глубокая пропитка как легко-, так и труднопропитываемых зон древесины.

Эффективная пропитка может быть обеспечена лишь при надлежащей предпропиточной подготовке древесины. К подготовительным операциям относятся: окорка, сушка, механическая обработка, микробиологическая обработка, накальвание. Сушка древесины в обязательном порядке проводится перед капиллярной

пропиткой и пропиткой под давлением, в том числе автоклавной. Защита шпалопroduкции от биоповреждений достигается при глубине пропитки древесины не менее 15 мм. Для проведения технологической операции накальвания эффективны барабанные станки непрерывного действия. Схема такого станка показана на рисунке 1.

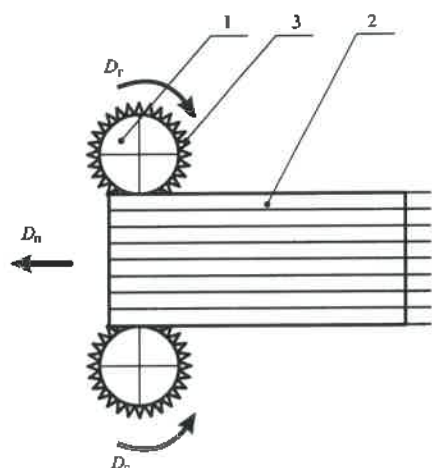


Рисунок 1 – Схема барабанного накальочного станка:
1 – накальочный барабан; 2 – накальваемый сортимент;
 D_r – главное движение; D_n – движение подачи

Два накальочных барабана 1 расположены один над другим. Расстояние между ними соответствует толщине накальваемого сортимента 2. Барабаны совершают вращательное движение, сортимент подается прямолинейно горизонтально в промежуток между барабанами. При вращении барабана лезвия ножей, выступающие над его цилиндрической поверхностью, внедряются в сортимент, оставляя на его поверхности накалы. Сетка наколов, мм, шпал для пропитки защитным средством (например, СМПС) показана на рисунке 2.

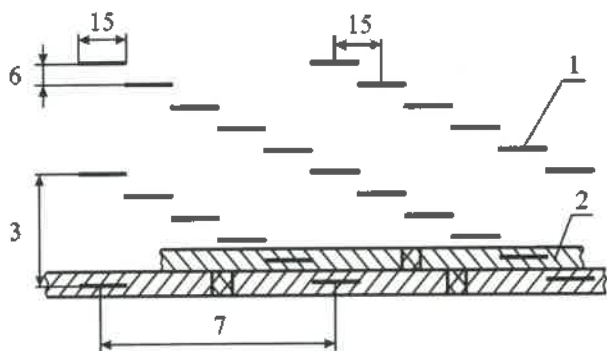


Рисунок 2 – Сетка наколов шпал для пропитки защитным средством СМПС:
1 – накалы; 2 – зона распространения защитного средства

Анализ экспериментальных данных позволил установить, что пропиточный состав СМПС распространяется от накала в направлении поперек волокон на расстояние 3,0–3,5 мм, вдоль волокон – на 37,5–43,1 мм. Проникает пропиточный состав и в глубину на 2,1–3,0 мм.

Оценку эффективности предпропиточного накальвания на заводе проводили путем сравнительной пропитки в одинаковых условиях накалотой и ненакалотой древесины. В опытах использовали образцы еловой древесины с размерами 100×100×400 мм. Накальвание образцов производили в соответствии с сеткой, пред-

ставленной на рисунке 2. Предпропиточная влажность образцов составляла 30 % и была равномерно распределена в объеме древесины за счет предварительного выдерживания в климатической камере до равновесного состояния. Пропитку осуществляли на лабораторной установке способом «вакуум – давление – вакуум». Для пропитки использовали разработанное защитное средство СМПС.

Глубина вакуумирования составляла 0,085 МПа, давление при пропитке – 1,2 МПа. Температура пропиточного состава была принята равной 60 °С. При данной температуре уже достигается высокая проникающая способность защитного средства СМПС (коэффициент по поглощению равен 0,85).

В процессе пропитки через каждые 10 мин фиксировали поглощение древесиной защитного средства СМПС. По опытным данным были построены графические зависимости, представленные на рисунке 3.

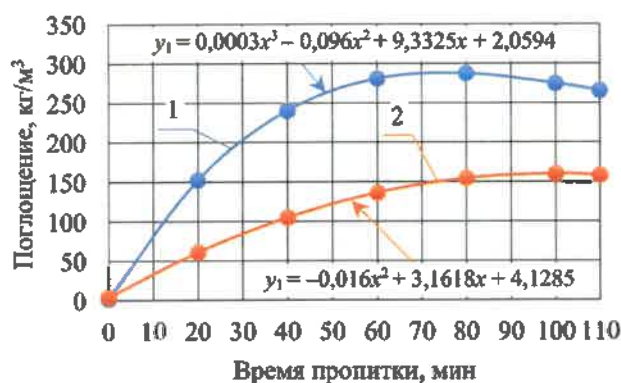


Рисунок 3 – Интенсивность поглощения защитного средства СМПС образцами древесины:
1 – накалотой; 2 – ненакалотой

Здесь же приведены уравнения регрессии, описывающие зависимость поглощения антисептика от времени выдержки пропитываемой древесины под давлением. Высокие значения коэффициентов детерминации ($R_{12} = 0,991$; $R_{22} = 0,996$) свидетельствуют о соответствии уравнений экспериментальным данным.

Из графиков рисунка 3 видно, что предпропиточное накальвание труднопропитываемой еловой древесины позволяет увеличить поглощение защитного средства СМПС в 1,9 раза. При этом глубина пропитки достигает 16 мм, что значительно больше, чем у ненакалотой древесины (2–3 мм).

Сопоставление микрофотографий непропитанной и пропитанной древесины показывает, что защитное средство СМПС заполняет поры древесины и тем самым обеспечивает ее биозащиту.

Таким образом, полученные экспериментальные данные подтвердили эффективность использования разработанного способа накальвания для повышения качества автоклавной пропитки древесины защитным средством СМПС.

На сегодня наиболее распространенными и признанными во всём мире водорастворимыми биозащитными средствами для защиты древесины в тяжелых условиях эксплуатации являются антисептики Tanalith E (Англия, компания Arch Timber), Bochemit Forte (Чехия, компания Bogemia), Osmose Nature Wood (Германия, компания Osmose), NEOMID 430 Eco (Россия, компания

«ЭКСПЕРТЭКОЛОГИЯ»), PermaWood, Kemwood, Laporte, Lignosan G. Лидером среди них является Tanalith E. Для этих защитных средств установлен соответствующий срок службы на основе испытаний в естественных условиях.

Предлагаемые современные маслянистые защитные средства (сланцевое и каменноугольное масла, креозот и др.) рассчитаны на высокотемпературный процесс пропитки деревянных шпал (90–100 °С). Это влечет за собой дополнительные энергетические затраты на нагрев и большое количество вредных выбросов в окружающую среду. Необходимость подогрева вызвана высокой вязкостью маслянистых антисептиков.

Учитывая вышесказанное, а также то, что все применяемые в настоящее время маслянистые защитные средства в Беларуси не производятся и имеют высокую стоимость, после длительных исследований и опытного производства были разработаны пропиточный состав и технология пропитки деревянных шпал защитным средством СМПС, на которое получен патент Республики Беларусь № 14316. Технологическая схема пропитки деревянных шпал эмульсионным защитным средством СМПС лет показана на рисунке 4.



Рисунок 4 – Технологическая схема пропитки деревянных шпал эмульсионным защитным средством СМПС

На сегодня БШПЗ продолжает развитие качества шпалопроductии и технологии их получения. Благодаря эффективному симбиозу науки, производства и образования создаются и тестируются новые виды деревян-

Получено 15.04.2021

V. P. Novik, A. A. Suschenok, V. A. Tsarikov, P. V. Kovtun, O. V. Osipova. Analysis of technologies of sleeper production Open JSC «Borisov plant sleeper impregnation».

Borisov plant sleeper impregnation is an enterprise known not only in Belarus, but also abroad. The favorable geographical position of Borisov predetermined here in the 19th century the construction of a railway, as well as a sleeper impregnation plant. At present, Open JSC «Borisov plant sleeper impregnation» is a modern enterprise with high-performance equipment, innovative technologies, competent engineering staff, a close-knit workforce and good prospects.

ной шпалопроductии, в т. ч. клееной (рисунок 5, а) и комбинированной (рисунок 5, б), новые комплексные средства защиты древесины и технологии.

а)



б)



Рисунок 5 – Деревянные шпалы: а – клеенные; б – комбинированные

В настоящее время Борисовский шпалопропиточный завод – мощное современное предприятие, которое полностью отвечает требованиям экологической безопасности. В год здесь перерабатывается порядка 90 тыс. м³ круглого леса, выпускается около 600 тыс. деревянных шпал и брусев.

По состоянию путевого хозяйства Белорусской железной дороги на 01.01.2021 г. на деревянном основании лежит 1929,8 км пути и 3117 комплектов стрелочных переводов. Таким образом, производственная деятельность ОАО «Борисовский шпалопропиточный завод» является важной и актуальной, нацеленной на выполнение народнохозяйственных задач.

Список литературы

1 Белорусские шпалы. – Минск, 2019. – 160 с.

УДК 656.224.72.44:004

А. Н. БЕЛОУС, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОНЛАЙН-СЕРВИСОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

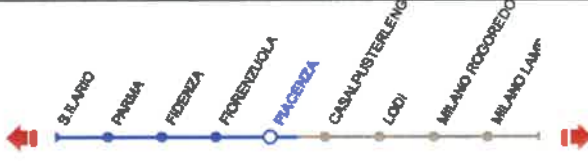

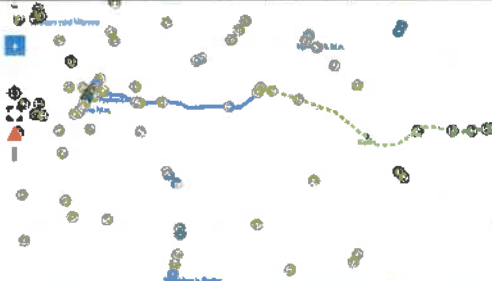

Путешествие на железнодорожном транспорте является одним из наиболее удобных и комфортных передвижений туристов, которые активно в процессе поездки используют интернет-ресурсы, что позволяет наблюдать в онлайн-режиме находжение поезда на карте в различные временные периоды. Помимо этого современное информационное сопровождение поездки предоставляет пассажирам-туристам точное время прибытия на конечную станцию, и рассчитать свой временной ресурс для последующего путешествия с использованием различных видов транспорта. При этом использование онлайн-сервисов обеспечивает требования повышения безопасности и эффективности пассажирских перевозок.

Введение. Железнодорожный транспорт, занимавший приоритетные позиции по перемещению пассажиров в XX веке, продолжает и в XXI быть востребованным и одним из наиболее безопасных видов транспорта. Поэтому железнодорожные маршруты приобретают все большую популярность среди туристов, особенно при путешествиях за рубежом.

Туристам, предпочитающим путешествовать по железной дороге за рубежом, предлагаются различные сервисы, позволяющие узнать местоположение поезда в данный момент времени, его скорость передвижения и т. п. При этом необходимо выявить мировые тенденции данного направления и перспективы его развития.

Краткая характеристика онлайн-сервисов зарубежных железных дорог представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Краткая характеристика онлайн-сервисов зарубежных железных дорог

Страна	Тип поезда	Информация о маршруте	Краткая характеристика онлайн-сервиса
Италия	«Freccia Rossa», «Freccia Bianca», «Freccia Argento»		Местоположение поезда в данный момент времени отображается не на карте, а на небольшой схеме, которая покажет, между какими двумя станциями следует поезд
Финляндия	IC 26, IC 70, H494, IC 711		Указание скорости движения поезда в текущий момент времени
Чехия	Grapp		Информация о начальной («výchozí stanice») и конечной («potvrzená stanice») станциях, фактическом времени отправления («skutečný odjezd») и возможных задержках («předpokládané zpoždění»)
США	«Amtrak»		Информация о местоположении поездов в онлайн-режиме, а также о четырех классах обслуживания (спальном сервисе, бизнес-классе и тренерском классе)

Основная часть. Анализ таблицы 1 показал, что для обеспечения эффективной работы железнодорожного транспорта в современных условиях информационно-телекоммуникационные, а также информационные технологии могут способствовать развитию сферы туристических услуг при помощи железнодорожного транспорта. Предлагаемые сегодня в мире технологические и сервисные решения – это ноу-хау, обеспечивающие не только экономии времени на всём пути следования пассажира, комфорт, но и удобную навигацию на вокзале, приобретение билетов наиболее подходящим способом, безопасность и т. п. (таблица 2).

Таблица 2 – Краткая характеристика направлений ноу-хау по развитию онлайн-сервисов на железнодорожном транспорте

Направление	Краткая характеристика
Иллюзорная навигация	Применение 3D-указателей с эффектами оптической иллюзии, звуковых оповещений в виде сфокусированного аудиосигнала, разнообразных интерактивных карт и мобильных приложений, учитывающих график работы конкретных станций и пересадочных узлов, систем автоматического информирования на зарубежных языках и т. д.
Безопасность передвижения	Экономия времени пассажиров в ходе проверки безопасности (внедрение систем биометрического распознавания лиц, встроенные в турникеты сканеры безопасности и т. п.)
	Обеспечение безопасности в поезде или на пассажирской платформе (мобильные приложения для оперативного обращения в милицию в ходе поездки, системы распознавания опасных ситуаций, роботы-охранники (пока больше для наблюдения), специальные подвижные ограждения для ж.-д. платформ, системы подсчета пассажиров в режиме реального времени (для оперативного реагирования в случае ЧП)
	Установка тревожных кнопок в поездах, использование дронов и оснащение скоростных поездов оборудованием для диагностики железнодорожных путей и мостов и пр.
	Формирование безопасного поведения пассажиров на платформах и специальные информационные материалы в формате рассказов для детей, обучающих их безопасному поведению на железнодорожном транспорте, а также использование технологий виртуальной реальности для обучения персонала поведению в кризисных ситуациях
Развитие туристических направлений	Популяризация экскурсионных маршрутов и сервисов
	Разработка пакетных предложений со скидками на билеты на поезд и в музеи и т. п.
	Прокладка туристических троп от объектов железнодорожной инфраструктуры к туристическим объектам
	Перевод информации на вокзалах и поездах на иностранные языки

Окончание таблицы 2

Направление	Краткая характеристика
Экологическая безопасность	Применение энергоэффективных технологий
	Разработка проектов по восстановлению и повышению биологического разнообразия флоры и фауны на территориях, примыкающих к железным дорогам
	Проведение экологических недель
	Стимулирование пассажиров для поездки на железнодорожном транспорте через систему скидок на билеты, а также организацию дней бесплатного проезда на метро и электричках
Позиционирование железнодорожного транспорта как экологически чистого	
Создание и развитие доступной среды для пассажиров с ограниченными возможностями по передвижению	Разработка различных мобильных приложений с голосовыми командами, специальных приложений для слабослышащих, приложений для связи с волонтерами, аудиогидов
	Организация специальных комнат отдыха и увеличение часов работы службы помощи инвалидам на ж.-д. вокзалах
	Использование тактильных покрытий
	Усиление освещенности и контрастности информационных обозначений
Развитие мультимодальных перевозок	Проведение бесплатных тренингов по обучению использованию железнодорожной инфраструктуры
	Совершенствование систем доступа на перроны вокзалов
	Разработка единой смарт-карты для «умных» поездов
	Регистрация на авиарейсы на железнодорожных станциях или метро
	Применение мобильных приложений для построения маршрутов с использованием железных дорог и других видов транспорта

Следует отметить, что к рассмотренным в таблице 2 направлениям ноу-хау по развитию онлайн-сервисов на железнодорожном транспорте следует отнести и проблему «последней мили» или ту часть пути, которую пассажир преодолевает пешком. Например, расстояние от железнодорожной станции до места работы или от автобусной остановки до подъезда дома. Для этого применяется прокат велосипедов, электросамокатов, каршеринга, такси-шеринга, который осуществляется при помощи специальных единых систем, мобильных приложений, позволяющих сделать заказ услуги непосредственно из поезда.

Многие из тенденций, представленных в таблице 2, в настоящее время в той или иной форме применяются в Республике Беларусь и имеют большой потенциал для дальнейшего развития в соответствии с мировыми трендами. При этом одними из наиболее распространенных сегодня в этом направлении новинок можно назвать создание и тестирование сервисов отслеживания поездов в режиме онлайн. Для определения местонахождения железнодорожного состава в определенный момент времени используют различные способы, краткая характеристика которых приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Краткая характеристика способов определения местонахождения железнодорожного состава

Способ	Краткая характеристика
Сравнение расписания движения поездов с фактическим временем прибытия и отправления от станций, расположенных на маршруте	Сложность определения фактического местонахождения поезда при удаленном расположении друг от друга контрольных точек
Использование отслеживающих GPS-маяков	Передача данные в режиме реального времени и высокая точность определения местонахождения поезда в текущий момент
Использование глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС)	Навигация практически по всей планете

Следует также отметить покупку и оплату железнодорожных билетов через сайт. Например, забронировать билет на поезд без оплаты проезда, полностью оплатить билет и пройти электронную регистрацию можно на официальном сайте Белорусской железной дороги. Помимо этого, можно выбрать поезд и место за 45 суток до отправления; крайний срок, когда можно совершить покупку, заканчивается за 1 час до отправления поезда.

В таблице 4 приведена краткая характеристика способов бронирования и приобретения билетов на поезд в Республике Беларусь.

Таблица 4 – Краткая характеристика способов бронирования и приобретения билетов на поезда в Республике Беларусь

Способ	Краткая характеристика
Применение системы fast-poezd.com	Выбор положения места в вагоне
Приобретение билета на поезд через интернет по сайту Bilet.by	Выбор и заказ (не позднее, чем за 36 ч до отправления для Беларуси и за 48 ч – для международного сообщения) посадочных талонов на дом курьером

Представленный сервис на Белорусской железной дороге позволяет забронировать талон даже при раскупленных местах, так как система отслеживает оформление отказов, и в случае их поступления забронированному месту придёт уведомление. При этом для брони не нужно регистрироваться, что является значительным преимуществом, и если пользователь зарегистрирован, то ему не нужно повторно вводить данные, чтобы забронировать билеты на другое направление.

Как показали приведенные выше примеры, цифровизация железной дороги способствует совершенствованию мобильных приложений, используемых пассажирами. Следует отметить, что сегодня новые сервисы и предложения уже ориентированы и на различия целевых аудиторий пользователей.

Так, лояльная целевая аудитория – это большое преимущество на рынке транспортных услуг, которому на железнодорожном транспорте уделяется большое внимание, что способствует повышению уровня предоставляемого сервиса. Перед всеми участниками рынка

транспортных услуг стоит задача повышения качества и расширения пула предоставляемых услуг, который формируется, в первую очередь, за счет применения новых технологий. Например, виртуальная библиотека и интернет-магазин в поезде, онлайн-регистрация через мобильное приложение и услуга поиска свободных мест, чат-боты на основе технологии искусственного интеллекта и мессенджеры. Для привлечения пассажиров и продвижения услуг на железнодорожном транспорте за рубежом организуются различные акции и разрабатываются специальные тарифы. Например, акции, приуроченные к внутригородским или спортивным мероприятиям, а также значимым датам или государственным праздникам. Специальные тарифные предложения рассчитываются для различных категорий пассажиров, например, для пассажиров, путешествующих с детьми, семьями, велосипедистов, пенсионеров и т. д.

Из европейского опыта целесообразно рассмотреть программы, рассчитанные на детей и подростков, таких как программа для родителей для отслеживания передвижения ребенка по маршруту в поезде и состояния баланса его проездной карты, а также промо-сайты и викторины для детей, ориентированные на знакомство с железнодорожным транспортом. Еще одной интересной тенденцией является запуск тематических поездов, оформленных в стиле образующей идеи. Например, «Хогвартс-Экспресс» в Великобритании или Hello Kitty в Японии. Изображения популярных персонажей используются и для оформления интерьера и экстерьера железнодорожных вокзалов и поездов.

Заключение. Рассмотренные примеры зарубежного опыта наглядно показывают, что сегодня онлайн-сервисы для пассажиров органично «обустраивают» период поездки и путешествий на железнодорожном транспорте в соответствии с повышенными требованиями с точки зрения «доступности среды»: своевременного приобретения билетов, беспроводной зарядкой для мобильных устройств, улучшенным Wi-Fi, разными температурными зонами и прочими модными благами для повышения комфорта в поездке.

Список литературы

- 1 Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) : пособие / В. В. Скалозуб [и др.]. – Днепропетровск : Изд-во Днепропетр. нац. ун-га ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.
- 2 Гапанович, В. А. Основные направления развития интеллектуального железнодорожного транспорта / В. А. Гапанович, И. Н. Розенберг // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 4. – С. 5–11.
- 3 Розенберг Е. Н. Современные технологии для перехода к интеллектуальному железнодорожному транспорту / Е. Н. Розенберг // Всемирный электротехнический конгресс (ВЭЛК–2011), г. Москва, 4–5 октября 2011 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.ruscable.ru/article/Sovremen-nye_tehnologiy. – Дата доступа : 18.02.2019.

Получено 11.05.2021

A. N. Belous. Foreign experience in application of online services in organization of tourist routes by railway.

Traveling by rail is one of the most convenient and comfortable movements of tourists, who actively use Internet resources during the trip, which makes it possible to observe online the location of the train on the map at different time periods. In addition, modern travel information support provides passengers-tourists with the exact time of arrival at the terminal station, and calculate their time resource for subsequent travel using various types of transport. At the same time, the use of online services meets the requirements for increasing the safety and efficiency of passenger transportation.

УДК 656.0.224.072

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Приведены результаты исследований различных методических подходов к моделированию технической политики железных дорог. Дана оценка влияния основных показателей эксплуатационной работы железной дороги и структурных подразделений на результативность моделирования. Рассматриваются результаты исследований данной проблемы учеными различных стран и использования опыта её решения в Республике Беларусь. Оцениваются возможности повышения уровня качества разработки основных мероприятий технической политики железной дороги. Приводятся основные элементы формализации модели.

Техническая политика на железнодорожном транспорте любого государства – это комплексная система взаимосвязанных мер, содержащихся в соответствующих плановых, организационных, отчетных документах в области устойчивого функционирования и технического развития железнодорожного транспорта общего пользования в текущем периоде и на перспективу. Она проводится с учетом действующей организационной структуры железной дороги и направлений ее развития на определенный период времени. Её проведение практически не влияет на рост объемов перевозок грузов или пассажиров, которые напрямую связаны с зависящими ресурсами. Это связано с тем, что железная дорога оказывает транспортные услуги всем клиентам, которые к ней обратились, как грузовладельцы, так и пассажиры, транзитные перевозчики. Эффективное проведение технической политики оказывает большое влияние на расходы, не зависящие от объема транспортной работы. Реализация технической политики на железной дороге преследует определенные цели.

Цель технической политики предусматривает планомерное изменение уровня технического совершенства транспортных средств и железнодорожной инфраструктуры, обеспечивающее конкурентоспособность транспортных услуг, производимых железной дорогой. При этом определяются стратегические цели при условии соблюдения требований безопасности перевозок и экологии, направлений и требований оптимального развития инфраструктуры железной дороги. При этом техническая политика железной дороги содержит совокупность технических требований и рекомендаций, определяет правила стандартизации и унификации технологий перевозочного процесса и оборудования, использование которых направлено на повышение качества транспортных услуг.

Структурно техническая политика железной дороги разрабатывается и реализуется по направлениям – укрупненным мероприятиям, обеспечивающим выполнение плановых технических, технологических, производственных и финансово-экономических индикаторов работы железной дороги.

Проведение технической политики – это генеральный план, в котором определены основные направления, приоритетные задачи и ключевые действия железной дороги, которые основаны на комплексе мероприятий, используемых для принятия технических, технологических и производственных решений.

Основу технической политики железной дороги представляет модель её формирования и организации. Она включает сконцентрированные в сводном документе функциональную структуру и принципы формирования и реализации технической политики железной дороги и оценки ее результативности.

С системной точки зрения техническая политика железной дороги считается сложившейся, если выполняется условие [1]

$$(\exists w)(\exists r)(\exists f) [P(w, D_k\{w, r, f\})], [P(y, D_k\{w, r, f\})], [P(f, D_k\{w, r, f\})], \quad (1)$$

где w – объёмный измеритель транспортной деятельности железной дороги или её структурного подразделения (отраслевого хозяйства); r – ресурсы всех видов, направляемые на реализацию технической политики железной дороги; f – результативность технической политики железной дороги.

Следует отметить, что снижение одного из показателей приведенного предикатного условия приводит результативность технической политики к нулю. По результатам исследований, проведенных на железных дорогах с различными эксплуатационными условиями, получена динамика зависимости элементов предикатной зависимости и результативности (рисунок 1).

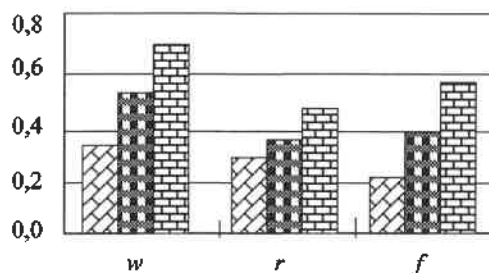


Рисунок 1 – Значения комплексного измерителя оценки условий предикатной зависимости

Из диаграмм, приведенных на рисунке 1, видно, что изменение объёмного показателя не влияет на затраты ресурсов, но существенно отражается на финансовом результате.

Техническая политика железной дороги при выполнении предикатного условия её организация определяет её параметры [2]:

– надёжность и безопасность – предоставляемые железной дорогой транспортные услуги, которые подвергаются жёсткому контролю на всех этапах их подготовки к реализации;

– гарантии и успешность реализации – быстрая и эффективная работа по техническому сопровождению технологических процессов, выполняемых в отраслевых хозяйствах с использованием инновационных и прогрессивных решений;

– качество оказываемых транспортных услуг – производятся в соответствии с установленными стандартами и требованиями к транспортным услугам. Техническая политика в данной области направлена на повышение качества транспортных услуг;

– комплексные технические решения – накопленный ранее опыт подготовки и реализации транспортных услуг, эффективности выполнения транспортной деятельности по элементам её выполнения в отраслевых хозяйствах.

Техническая политика железной дороги тесно связана с информационно-управляющими воздействиями на технологические подсистемы железной дороги. Она учитывает структурные связи функциональных отраслевых хозяйств железной дороги. При формировании и реализации технической политики железной дороги они представляют виды взаимодействий между её структурными элементами, обеспечивающие целостность и устойчивость её функционирования при различных воздействиях внешней среды и внутреннего совершенства технических устройств инфраструктуры, транспортных средств и информационных технологий. Эти связи характеризуются причастностью к паре или нескольким функциональным элементам,

$$\begin{aligned} & (\exists w)(\exists r)(\exists f)(\exists \varpi_i)[P(w, D_k\{w, r, f\})], \\ & [P(w, D_k\{w, r, f\})], [P(e, D_k\{w, r, f\})] \quad (2) \\ & \text{и } [P(\varpi_i, D_k\{w, r, f\})], \end{aligned}$$

где ϖ_i – информационно-управляющее воздействие при реализации технической политики железной дороги, связующее функционирование её структурных элементов в единое целое.

Причастность к паре функциональных элементов на железной дороге: перевозчиков – пассажирская и грузовая службы; транспортных средств – локомотивная и вагонная службы; инфраструктуры: 1) обеспечение безопасности перевозок – службы пути, сигнализации и связи; 2) обеспечение технологических процессов перевозки – службы сигнализации и гражданских сооружений; 3) информационное сопровождение перевозочного процесса – главный расчетный информационный центр.

Они обеспечивают устойчивое функционирование железной дороги при условии выполнения предикатного уравнения в форме

$$\begin{aligned} & (\forall w)(\forall r)(\forall f)[P(w, D_k\{x, r, f\})] \text{ и } Q(w, r, f) \Rightarrow \\ & \Rightarrow [P(w, D_k\{w, r, f\})] \text{ и } [P(\varpi_i, D_k\{w, r, f\})], \quad (3) \end{aligned}$$

где $Q(w, r, f)$ – заданный предикат, определенный для всех пар структурных связей между отраслевыми хозяйствами железной дороги и обеспечивающие реализацию мероприятий технической политики, влияющих на формирование транспортного потока (w), привлечение ресурсов железной дороги (r) и финансового результата от транспортной деятельности после реализации технической политики (f).

Если условие (3) не выполняется, то техническая политика железной дороги будет неэффективной. С учетом данного условия формируется модель технической политики железной дороги. При формировании модели

технической политики железной дороги используются следующие положения:

– учитываются базовые технологические процессы перевозок, эксплуатации технических устройств и подвижного состава; взаимодействие с имеющимся рынком транспортных услуг, изменение его количественных и качественных параметров; оптимизация издержек и необходимых ресурсов для выполнения транспортной и иной деятельности;

– цели технической политики формируются на основе развития технологий выполнения транспортной и иной деятельности под воздействием научно-технического прогресса, с опережением конкурентов. Они внедряются по принципу «от достигнутого» и не предполагают резких изменений в производственной деятельности структурных подразделений железной дороги.

Модель технической политики железной дороги предусматривает следующие этапы:

– проведение исследований (анализа) уровня конкурентоспособности транспортных услуг Белорусской железной дороги, уровня технического состояния основных средств: подвижного состава, инфраструктуры, цифровых технологий, эффективности их использования в транспортной и иной деятельности;

– разработка мероприятий технической политики ГО «Белорусская железная дорога» и структурных подразделений.

Исследования предикатной зависимости (3) при формировании технической политики приведены на рисунке 2.

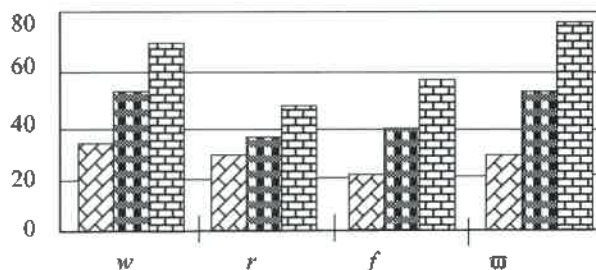


Рисунок 2 – Диаграммы динамики комплексного измерителя оценки условий предикатной зависимости при управлении технической политикой

При рассмотрении приведенных на рисунке 2 диаграмм определены основные направления технической политики:

а) принципиальные [3]:

– ориентация подразделений железной дороги на производство транспортных услуг с более высокой добавленной стоимостью и качеством;

– ориентация линейных предприятий на быстрое обновление основных средств и снижение уровня их износа;

– ориентация на оказание традиционных транспортных услуг с улучшенными потребительскими свойствами, имеющих спрос на рынке транспортных услуг, но не приносящих прибыль или имеющих убыточный характер;

б) отраслевые [4]:

– обновление подвижного состава;

– развитие железнодорожной инфраструктуры;

– внедрение инновационных и автоматизированных технологий.

Опыт разработки и внедрения технической политики на иностранных железных дорогах показывает следующее [5]:

1) техническая политика является внутренним документом высшего уровня в иерархии нормативных документов системы технического регулирования железной дороги;

2) документ является обязательным для исполнения всеми структурными подразделениями и филиалами железной дороги;

3) разрабатываются целевые требования к принятию технических решений, ведущие к достижению целевого состояния транспортных средств и устройств железнодорожной инфраструктуры, что обеспечивает плановое изменение технического состояния железной дороги в соответствии с требованиями технической политики.

Направления технической политики железной дороги реализуются посредством планов технического развития по отраслевым хозяйствам [6].

По пассажирскому хозяйству предусматривается:

- обновление парка пассажирских вагонов;
- развитие инфраструктуры пассажирского хозяйства: модернизация и реконструкция оборудования и технических устройств;
- техническое развитие линейных предприятий пассажирского хозяйства.

В хозяйстве грузовой работы и внешнеэкономической деятельности техническая политика рассматривает следующие направления:

- развитие инфраструктуры грузового хозяйства: модернизация и реконструкция оборудования и технических устройств, обеспечивающих ускорение грузовых операций, снижение расходов на начально-конечные операции с грузами;
- техническое развитие предприятий грузового хозяйства, с учетом расширения действующих и создания новых пунктов отгрузки, внедрения новых технологий перевозок грузов.

По локомотивному хозяйству техническая политика предусматривает:

- приобретение современных поездных и маневровых локомотивов, электроподвижного состава, определяемое стратегией развития перевозок грузов и пассажиров;
- развитие ремонтных и эксплуатационных предприятий локомотивного хозяйства.

В хозяйстве перевозок выделены направления технической политики:

- функциональное развитие центра управления перевозками;
- внедрение новых технических устройств и технологий на станциях по организации приема, отправления поездов, маневровой и сортировочной работы, исполнения оперативной документации: графиков движения поездов, маневровых передвижений, планирования грузовой работы станций.

По вагонному хозяйству техническая политика рассматривает реализацию направлений:

- техническое развитие устройств контроля исправности вагонов на станциях;
- модернизация вагоноремонтной базы;
- обновление парка грузовых вагонов по направлениям.

Техническая политика, направленная на развитие железнодорожной инфраструктуры, включает следующее:

а) хозяйство пути:

– обновление путеремонтной техники и специального подвижного состава, используемого при эксплуатации и ремонтах пути;

– техническое развитие дистанций пути и ПМС;

б) хозяйство гражданских сооружений:

– обновление строительной техники для технического обслуживания и ремонта зданий и сооружений;

в) хозяйство сигнализации и связи:

– обновление ремонтной техники и специализированного подвижного состава;

– инновационное развитие устройств СЦБ;

– внедрение инновационных технологий дистанционной диагностики и контроля работы устройств СЦБ, ПОНАБ, ДИСК, КТСМ;

г) хозяйство электрификации и электроснабжения:

– расширение протяженности электрифицированных линий (электрификация железнодорожных направлений);

– обновление ремонтной техники и специализированного подвижного состава;

– инновационное развитие устройств энергоснабжения.

Создание и развитие информационных технологий и внедрения инновационных направлений технической политики устанавливается для главного расчетного информационного центра, конструкторско-технического центра и центра защиты информации:

– развитие информационных технологий в области грузовой и коммерческой работы железнодорожного транспорта, цифрового взаимодействия с грузовладельцами, грузополучателями, операторскими компаниями;

– развитие информационных технологий централизованного управления движением поездов, иными процессами Белорусской железной дороги;

– эксплуатация, сопровождение и развитие автоматизированных систем управления пассажирскими перевозками;

– развитие использования технологий технической защиты информации в производственных процессах железнодорожного транспорта, обеспечение информационной безопасности.

Реализация направлений технической политики железной дороги выполняется через стратегии.

Стратегия обновления транспортных средств предусматривает следующее:

1) с учетом изменения параметров качества, объемов и структуры транспортной работы;

2) обновление действующей структуры транспортных средств с учетом уровня износа.

Стратегия обновления парка грузовых вагонов должна увязываться с объемами перевозок грузов, структуры и геополитики осваиваемого грузопотока.

Прогноз объема перевозок грузов предусматривает следующую структуру грузопотока: нефтепродукты, отправляемые с НПЗ; лес, пиломатериалы, лесоматериалы; продукция и комплектующие металлургии; калийные удобрения и химические грузы; строительные материалы; перевозки грузов в контейнерах; прочие грузы.

Соответствующий процент приобретения грузовых вагонов должен закладываться в техническую политику по структуре обновления вагонного парка.

Геополитика влияет на пробеги грузовых вагонов и их рабочий парк, связанный с оборотом вагона. Это второй критерий, который учитывается в технической политике, связанной с обеспечением перевозок грузов пригодным вагонным парком.

Состояние вагонного парка, процент его износа. По современному состоянию вагонного парка оценивается ситуация по основным родам: цистерны; полувагоны; для перевозки калийных и минеральных удобрений; вагоны для перевозки цемента; для перевозки других грузов: крытые, платформы и контейнеры.

Стратегия технической политики по парку грузовых вагонов предусматривает количественные показатели:

$$n_{\text{ГП}}^{\text{ГП}} = \sum_{i=1}^K (n_{\text{Ф}}^{\text{ГП}} (\gamma_{\text{ГП}}^{\text{ГП}} + \beta_{\text{ИЗН}}^{\text{ГП}} + \Delta\Theta_{\text{Гео}}^{\text{ГП}}))_i, \quad (4)$$

где $n_{\text{Ф}}^{\text{ГП}}$ – фактический парк рода вагонов для грузовых перевозок; $\gamma_{\text{ГП}}^{\text{ГП}}$ – темп прогнозного изменения объема породовой отгрузки груза; $\beta_{\text{ИЗН}}^{\text{ГП}}$ – процент износа вагонов; $\Delta\Theta_{\text{Гео}}^{\text{ГП}}$ – темп изменения оборота вагонов с учетом геополитики отгрузки грузов.

Реализация стратегии обновления грузовых вагонов для различных железных дорог показала определённую результативность, динамика которой представлена на рисунке 3.

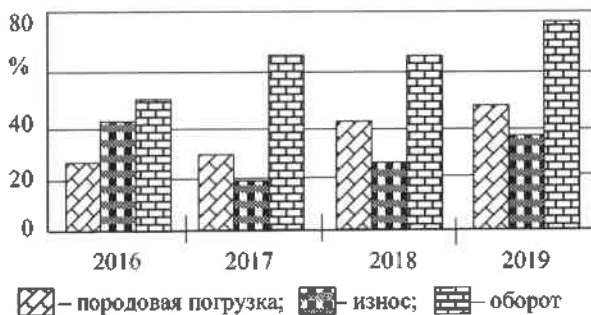


Рисунок 3 – Динамика обновления грузовых вагонов при реализации стратегий технической политики

Из диаграммы, приведенной на рисунке 3, видно, что оборот грузового вагона оказывает наибольшее влияние на обновление парка.

Техническая политика в области пассажирских перевозок связана с решением следующих проблемных вопросов:

- обеспечение потребностей населения в перевозках социального значения (региональных и городских), имеющих высокий уровень убыточности;
- конкуренция с перевозчиками иностранных железных дорог при выполнении международных и межрегиональных перевозок;
- обеспечение перевозок с высокими потребительскими качествами.

Обновление парка пассажирских вагонов локомотивной тяги рассматривается по параметрам:

- для выполнения международных перевозок пассажиров – приобретение купейных и плацкартных вагонов;
- для выполнения межрегиональных перевозок пассажиров поездами ночного следования – обновление купейных и плацкартных вагонов после их эксплуатации на международных линиях.

Стратегия технической политики по парку пассажирских вагонов локомотивной тяги увязывается с технологией выполнения пассажирских перевозок по видам сообщения:

– в международном сообщении: перевозки по классу обслуживания «бизнес-класс» и «эконом-класс» в вагонах локомотивной тяги; перевозки по бизнес-классу обслуживания, выполняемые электропоездами международных линий;

– межрегиональном: выполнение перевозок ночными поездами – в вагонах локомотивной тяги; дневными – в мотор-вагонном подвижном составе для межрегиональных линий;

– региональном: выполнение перевозок в мотор-вагонном подвижном составе для региональных линий;

– городском: выполнение перевозок в мотор-вагонном подвижном составе городских линий.

С учетом принятой технологии перевозок пассажиров проводится техническая политика обновления транспортных средств. В результате предусматриваются количественные показатели:

а) для международных линий:

$$n_{\text{ПС}}^{\text{МС}} = \sum_{i=1}^K (n_{\text{Ф}}^{\text{МС}} (\gamma_{\text{ПС}}^{\text{МС}} \Phi_{\text{Пл}}^{\text{ПС}} + \beta_{\text{ИЗН}}^{\text{ПС}} + \Delta\Theta_{\text{Гео}}^{\text{МС}}))_i, \quad (5)$$

где $n_{\text{Ф}}^{\text{МС}}$ – фактический парк рода вагонов для пассажирских перевозок (купейных, плацкартных); $\gamma_{\text{ПС}}^{\text{МС}}$ – темп прогнозного изменения объема перевозок пассажиров в международном сообщении; $\Phi_{\text{Пл}}^{\text{ПС}}$ – темп прогнозного изменения платежеспособности населения; $\beta_{\text{ИЗН}}^{\text{ПС}}$ – процент пассажирских вагонов, имеющих износ более 15 лет; $\Delta\Theta_{\text{Гео}}^{\text{МС}}$ – темп изменения оборота пассажирских составов с учетом геополитики маршрутов движения пассажирских поездов;

б) для межрегиональных линий ночного обслуживания:

$$n_{\text{ПС}}^{\text{МР}} = \sum_{i=1}^K (n_{\text{Ф}}^{\text{МР}} (\gamma_{\text{ПС}}^{\text{МР}} \Phi_{\text{Пл}}^{\text{ПС}} + n_{\text{Ф}}^{\text{МР}} \beta_{\text{ИЗН}}^{\text{МР}}))_i, \quad (6)$$

где $n_{\text{Ф}}^{\text{МР}}$ – фактический парк рода вагонов для пассажирских перевозок (купейных, плацкартных, салонов) с исключением вагонов, используемых для международных перевозок; $\gamma_{\text{ПС}}^{\text{МР}}$ – темп прогнозного изменения объема перевозок пассажиров в межрегиональном сообщении; $\Phi_{\text{Пл}}^{\text{ПС}}$ – темп прогнозного изменения платежеспособности населения; $\beta_{\text{ИЗН}}^{\text{МР}}$ – процент пассажирских вагонов, имеющих износ более 33 лет.

С учетом того, что перевозки пассажиров выполняются мотор-вагонным подвижным составом, целесообразно передать его в пассажирскую службу. Тогда техническая политика обновления и расширения количества подвижного состава данной категории формализуется следующим образом:

- приобретение электропоездов повышенной комфортности для пассажирских международных маршрутов дневного обслуживания пассажиров по бизнес-классу;
- обеспечение электропоездами и дизель-поездами бизнес-класса пассажирских межрегиональных маршрутов дневного обслуживания пассажиров;

– обеспечение электропоездами и дизель-поездами региональных маршрутов бизнес-класса (новый вид деятельности) и эконом-класса (замена парка электропоездов ЭР-9 и дизель-поездов рижского производства ДР, вырабатывающих технический ресурс);

– обеспечение электропоездами городских линий для выполнения городских перевозок пассажиров.

Приобретение поездных и маневровых локомотивов увязывается с объемами работы по видам тяги, степенью их износа.

С учетом перевода части поездной работы на электрическую тягу при расширении полигона электрифицированных линий расчет приобретения локомотивного парка выполняется следующим образом:

– электровозов грузового движения –

$$M_{\text{инв}}^{\text{гр}} = \sum_{i=1}^K (M_{\text{ф}}^{\text{гр}} \gamma_{\text{эл}}^{\text{гр}} + M_{\text{ф}}^{\text{гр}} \beta_{\text{изн}}^{\text{гр}})_i, \quad (7)$$

где $M_{\text{ф}}^{\text{гр}}$ – фактический парк электровозов грузового движения; $\gamma_{\text{эл}}^{\text{гр}}$ – темп прогнозного изменения объема грузовых перевозок, выполняемых электровозной тягой; $\beta_{\text{изн}}^{\text{гр}}$ – процент локомотивов грузового движения, имеющих сверхнормативный износ;

– электровозов пассажирского движения –

$$M_{\text{инв}}^{\text{пас}} = \sum_{i=1}^K (M_{\text{ф}}^{\text{пас}} (\gamma_{\text{эл}}^{\text{пас}} + \beta_{\text{изн}}^{\text{пас}}))_i, \quad (8)$$

где $M_{\text{ф}}^{\text{пас}}$ – фактический парк электровозов пассажирского движения; $\gamma_{\text{эл}}^{\text{пас}}$ – темп прогнозного изменения объема пассажирских перевозок, выполняемых электровозной тягой; $\beta_{\text{изн}}^{\text{пас}}$ – процент локомотивов пассажирского движения, имеющих сверхнормативный износ.

Для электровозов пассажирского движения определена динамика их обновления с учетом определяющих факторов (рисунок 4).

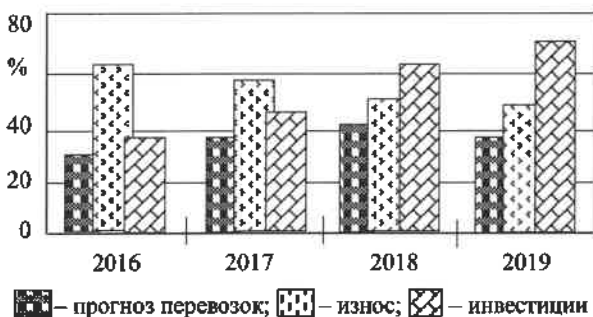


Рисунок 4 – Динамика обновления грузовых вагонов при реализации стратегий технической политики

Из диаграмм, приведенных на рисунке 4, видно, что при увеличении объема пассажирских перевозок фактор износа локомотивного парка становится ниже. Это связано с тем, что при инвестировании в электровозы пассажирского движения их физический износ снижается.

Аналогичная ситуация складывается при обновлении парка электровозов грузового движения.

Техническая политика, направленная на развитие железнодорожной инфраструктуры, предусматривает условия её реализации. В зависимости от интенсивности эксплуатации железнодорожных линий:

а) для участков и узлов железнодорожных направлений интенсивного использования при выполнении международных перевозок грузов и пассажиров:

– замена выработавших срок службы электрической централизации на станциях и автоблокировки на перегонах на современные микропроцессорные системы, обеспечивающие более высокие скорости и безопасность движения пассажирских и грузовых поездов;

– выполнение технического регламента содержания путевого развития в соответствии с международными нормами;

б) для участков и узлов железнодорожных направлений средней интенсивности использования для перевозок грузов и пассажиров, не имеющих значения для формирования доходов дороги:

– внедрение инновационных технологий и технических устройств на малодействительных линиях, обеспечивающих вывоз грузов в железнодорожные узлы и региональные пассажирские перевозки;

– обеспечение технических условий содержания путевого развития, устройств СЦБ участков и узлов и энергоснабжения потребителей.

Следующим фактором является значимость железнодорожных линий для транспортной деятельности:

а) обеспечение вывоза экспортных грузов, формирующих ВВП страны:

– развитие участков, используемых для перевозки основных для железной дороги грузов с учетом темпа изменения объемов грузовой работы;

– повышение скоростей движения грузовых и пассажирских поездов;

– разработка перспективных направлений размещения и развития пунктов обеспечения погрузочными ресурсами: размещение линейных предприятий вагонного хозяйства с приближением их деятельности к пунктам массовой отгрузки;

б) обеспечение функционирования международных транспортных коридоров и реализации международных транспортных проектов;

в) выполнение социально значимых перевозок в регионах, где железнодорожный транспорт имеет приоритетное значение;

г) развитие логистики грузовых перевозок:

– расширение контейнерных перевозок в международном и внутриреспубликанском сообщении, развитие транспортной логистики грузовых перевозок, направленное на привлечение дополнительных объемов перевозок грузов и повышение конкурентоспособности по отношению к иностранным железнодорожным перевозчикам, расширение перевозок грузов в контейнерах (размещение современных логистических центров);

– развитие транспортной логистики грузовых перевозок, направленное на привлечение дополнительных объемов перевозок грузов и повышение конкурентоспособности по отношению к иностранным железнодорожным перевозчикам;

д) развитие логистики пассажирских перевозок:

– оптимизация вокзальной инфраструктуры с учетом использования информационных технологий и изменения структуры пассажиропотоков;

– расширение пассажирского сервиса на вокзалах и в поездах;

– развитие участков и направлений, на которых предусматривается движение ускоренных пассажирских поездов бизнес-класса;

– развитие пассажирской логистики на станциях разделения пассажиропотоков системы Восток – Запад.

Техническая политика железной дороги предполагает функциональное развитие отраслевых хозяйств. В этих хозяйствах она проводится в целях обеспечения безопасности движения поездов, безопасной работы персонала, высокой производительности труда, максимальной механизации и автоматизации труда персонала. Это достигается при реализации следующих направлений:

– внедрение инновационных технологий ремонтной базы и современной техники производственного назначения;

– обновление технических устройств по содержанию железнодорожной инфраструктуры;

– укрепление материально-технической базы путевого хозяйства: техническое развитие производственной базы линейных предприятий; внедрение новых технологий по технической эксплуатации элементов железнодорожной инфраструктуры;

– оптимизация развития инфраструктуры железнодорожных станций и узлов;

– оптимальное развитие инфраструктуры предприятий грузового и пассажирского хозяйств с учетом объема и структуры перевозок.

Техническая политика по внедрению инновационных и автоматизированных технологий предусматривает такие направления:

– расширение информационных технологий по управлению движением поездов (развитие центра управления перевозками);

– развитие информационных технологий при работе с потребителями транспортных услуг: продажа проездных документов пассажирам, оформление перевозочных документов и планирование грузовых перевозок;

– развитие информационных технологий при формировании документооборота отчетности, информационного обмена с таможенной, налоговой и банковской системами;

– создание и развитие современной и надёжной системы защиты информации.

Заключение. С учетом основных положений нормативно-правовых документов и модели технической политики на железной дороге используются собственные положения построения технической политики:

Получено 30.04.2021

A. A. Mikhalchenka. Modern aspects of railway technical policy simulation.

The results of studies of various methodological approaches to modeling the technical policy of railways are presented. An assessment of the influence of the main indicators of the operational railway work of the road and structural divisions on the effectiveness of modeling is given. The results of studies of this problem by scientists from different countries and the use of the experience of its solution in the Republic of Belarus are considered. The possibilities of improving the quality level of the development of the main measures of the technical policy of the railway are evaluated. The main elements of the formalization of the model and the assessment of its performance are given.

1) на основе системы базовых технологических процессов перевозок, эксплуатации технических устройств и транспортных средств; учитывается взаимодействие с имеющимся рынком транспортных услуг, изменение их количественных и качественных параметров, снижении издержек;

2) в области выполнения технологии перевозочного процесса (работа малодетальных и тупиковых линий), используемого при оказании транспортных услуг, не требующих сложного их освоения, которые направлены на удовлетворение текущих запросов транспортного рынка (городские, региональные перевозки пассажиров);

3) на основе обновления технологии выполнения транспортной деятельности под воздействием научно-технического прогресса с опережением конкурентов (соседних железнодорожных администраций и видов транспорта) с использованием цифровых технологий.

Список литературы

1 Прангишвили, И. В. Системный подход и общесистемные закономерности : [монография] / И. В. Прангишвили. – М. : СИНТЕГ, 2000. – 528 с.

2 Сопряжение технической политики предприятия со структурной трансформацией экономики : [монография] / А. С. Смыченко [и др.]. – Курск, 2014. – 215 с.

3 Мазалов, Н. Е. Модернизационная и инновационная составляющие технической политики промышленных предприятий / Н. Е. Мазалов, С. Н. Дорошенко // Материалы VIII Всероссийской науч.-техн. конф. – Ковров, 2018. – С. 832–836.

4 Исупова, О. А. Техническая политика предприятия в условиях вертикальной интеграции / О. А. Исупова, В. В. Купянский // Социогуманитарный вестник. – Кемерово, 2013. – № 2 (11). – С. 19–23.

5 Зеленкова, К. С. Научно-техническая политика США в оценке американских «Фабрик мысли» / К. С. Зеленкова, А. Д. Черняк // Подольский научный вестник. – Винница, 2018. – № 4. – С. 183–190.

6 Леготин, Ф. Я. Техническая политика предприятия : [монография] / Ф. Я. Леготин. – Екатеринбург, 2008. – 316 с.

7 Николаев, Н. И. Математическая модель технической политики информационной безопасности предприятия / Н. И. Николаев, Д. В. Мишин // Имитационное моделирование. Теория и практика. – М., 2015. – С. 240–242.

8 Лазарева, Л. Л. Оценка технической политики предприятия / Л. Л. Лазарева, Ч. М. Седеней // Теория и практика современной науки. – Саратов, 2017. – № 4 (22). – С. 534–538.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ «СЕРЫХ СИСТЕМ»

Достоверность прогноза пассажиропотока оказывает существенное влияние на систему использования перевозочных ресурсов железнодорожного транспорта и формирование бизнес-стратегии железной дороги. Прогнозирование – это сравнительный анализ ретроспективных данных и сопутствующей информации, а также их обработка с помощью научных математических методов с целью поиска закономерностей в их изменении. В данной статье предложено для прогнозирования пассажиропотока использовать теорию «серых систем», которая обеспечивает поиск приемлемых прогнозных значений в условиях ограниченности ретроспективы. В качестве исходных данных используется пассажиропоток Белорусской железной дороги в период с 2010 по 2019 год. В качестве прогнозных моделей используются традиционная и улучшенная «серые модели», а также производится сравнение точности полученных прогнозных значений.

В 1982 году Дэн Цзюлун (Джунлонг) [1] впервые предложил теорию «серых систем», которая продемонстрировала большие возможности для изучения проблем неопределенности в условиях малой выборки, «плохой информации», высокой неопределенности и недостатка данных. Теория «серых систем» основывается на теории информации, кибернетической теории и математических методов решения неполных и неопределенных проблем. Теория серых систем фокусируется на системах с «плохой информацией», с «частичной информацией известной, частичной неизвестной информацией» [2]. Данная теория изучает и прогнозирует неизвестную область путем извлечения ценной информации из известных данных [3]. В течение последних лет теория серых систем быстро развивалась и привлекла внимание многих исследователей. Она широко и успешно применяется во многих областях, таких как социальные, научно-технические, геологические и медицинские системы [4, 5]. Предлагается использовать данный математический аппарат для прогнозирования пассажиропотоков в условиях влияния внешних факторов на спрос транспортных услуг.

1 Модель GM (1, 1)

Модель GM (Grey Model) – это дифференциальное уравнение «серой модели» прогнозирования. Модель дифференциального уравнения первого порядка с N переменными может быть представлена как GM (1, N). Таким же образом модель дифференциального уравнения с одной переменной первого порядка представляется как GM (1, 1). Модель GM (1, 1) является самой простой и основной моделью серого прогнозирования.

Ниже приводится обобщенное описание процедуры построения модели GM (1, 1).

Шаг 1. Предварительная обработка исходных данных.

Требуется оценить возможность применения прогнозной модели GM (1, 1) к имеющейся последовательности. Вначале необходимо проанализировать исходные данные. Пусть переменная $x^{(0)}$ будет неотрицательной исходной последовательностью данных:

$$x^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3) \dots x^{(0)}(n)\}. \quad (1)$$

Рассчитаем параметры статистического ряда и проверим гладкость ряда данных:

$$\beta(k) = \frac{x^{(0)}(k-1)}{x^{(0)}(k)}, k = 3, 4, \dots, n. \quad (2)$$

Если все коэффициенты связности находятся в диапазоне $(e^{-2/n+1}, e^{2/n+1})$, исходные данные соответствуют модели GM (1, 1) и пригодны для использования в прогнозировании. В противном случае последовательность данных должна быть предварительно обработана. В настоящее время обычно используются следующие методы предварительной обработки данных: метод наименьших квадратов, логарифмирование и сглаживание данных.

После предварительной обработки исходные данные накапливаются и генерируются для получения новой последовательности данных:

$$x^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3) \dots, x^{(1)}(n)\}, \quad (3)$$

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i), k = 1, 2, 3 \dots n. \quad (4)$$

Затем проверяется, подчиняется ли последовательность $x^{(1)}$ квазиэкспоненциальному закону:

$$\sigma^{(1)}(k) = \frac{x^{(1)}(k)}{x^{(1)}(k-1)}, k = 3, 4, \dots, n. \quad (5)$$

Если существует $\sigma^{(1)}(k) \in [1, 1 + \delta]$ где δ обычно 0,5, то последовательность $x^{(1)}$ удовлетворяет экспоненциальному закону распределения. В противном случае выборка должна быть расширена.

Шаг 2. Составление дифференциального уравнения.

После операции дополнения выборки вновь сгенерированная последовательность $x^{(1)}$ приблизительно подчиняется экспоненциальному закону распределения, а решение дифференциального уравнения первого порядка имеет форму экспоненциального распределения. Можно предположить, что последовательность $x^{(1)}$ удовлетворяет условиям линейного дифференциального уравнения первого порядка:

$$\frac{dx^{(1)}}{dx} + ax^{(1)} = u. \quad (6)$$

где a – коэффициент регрессии, отражающий тенденцию изменения исходных данных $x^{(0)}$ и новую последовательность данных $x^{(1)}$, которая является параметром разработки модели; u – коэффициент согласованности, отражающий взаимосвязь между данными модели.

Шаг 3. Расчет параметров a , и u построение дифференциального уравнения.

Согласно определению производной

$$\frac{dx^{(1)}}{dx} = \lim_{\Delta t} \frac{x^{(1)}(t + \Delta t) - x^{(1)}(t)}{\Delta t}. \quad (7)$$

Тогда дифференциальное уравнение модели GM (1, 1) будет иметь вид

$$x^{(0)}(k) = -aZ^{(1)}(k) + u, \quad (8)$$

где $Z^{(1)}$ – это сгенерированная последовательность, непосредственно смежная с последовательностью $x^{(1)}$,

$$Z^{(1)}(k) = 0,5[x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)], \quad k = 2, 3, \dots \quad (9)$$

В результате получаем матрицу следующего вида:

$$\begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \dots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -Z^{(1)}(2) & 1 \\ -Z^{(1)}(3) & 1 \\ \dots & \dots \\ -Z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$Y_n = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)]^T \quad (11)$$

$$B = \begin{bmatrix} -Z^{(1)}(2) & 1 \\ -Z^{(1)}(3) & 1 \\ \dots & \dots \\ -Z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} \quad (13)$$

Оценка \hat{a} методом наименьших квадратов:

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n. \quad (14)$$

Шаг 4. *Формирование модели прогнозирования.*

Подставляя полученные параметры a и u в уравнение (6), получаем

$$\hat{x}^{(0)}(t) = \left[\hat{x}^{(1)} - \frac{u}{a} \right] e^{-at} + \frac{u}{a}, \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (15)$$

Уравнение (15) называется моделью функции времени отклика GM (1, 1). После сокращения вспомогательных значений и восстановления исходного состояния выборки (то есть удаления сгенерированных на первом шаге дополнительных данных), модель прогнозирования исходной последовательности $x^{(0)}$ может быть представлена как

$$\begin{aligned} \hat{x}^{(0)}(k+t) &= x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k) = \\ &= (e^{-a} - 1) \left[x^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right] e^{-ak}. \end{aligned} \quad (16)$$

Модель прогнозирования GM (1, 1) представляет собой сглаженную экспоненциальную кривую, которая снижает неопределенность исходных данных.

2 Оптимизация «серой модели» GM (1, 1)

Пусть исходная последовательность данных является строгой экспоненциальной последовательностью:

$$x^{(0)}(k) = M e^{-\eta(k-1)}, \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (17)$$

Сгенерированная последовательность

$$x^{(1)}(k) = M \frac{1 - e^{-\eta k}}{1 - e^{-\eta}}, \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (18)$$

Используя традиционный метод прогнозирования, можно получить модель GM (1,1) вида

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} M^2 \frac{-e^{-\eta} - e^{-2\eta}}{1 - e^{-\eta}} & 1 \\ \dots & \dots \\ -\frac{1}{2} M^2 \frac{-e^{-2\eta} - e^{-3\eta}}{1 - e^{-\eta}} & 1 \\ \dots & \dots \\ -\frac{1}{2} M^2 \frac{-e^{-(\eta-1)\eta} - e^{-\eta n}}{1 - e^{-\eta}} & 1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$Y_n = \begin{bmatrix} M e^{-\eta} \\ M e^{-\eta} \\ \dots \\ M e^{-(n-1)\eta} \end{bmatrix} \quad (20)$$

В результате получаем

$$\begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n = \begin{bmatrix} \frac{2(1 - e^{-\eta})}{1 + e^{-\eta}} \\ \frac{2M}{1 + e^{-\eta}} \end{bmatrix} \quad (21)$$

Тогда прогнозное значение можно получить из выражений

$$\hat{x}^{(0)}(1) = M; \quad (22)$$

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \frac{-M e^{-\eta} (1 - e^{-a})}{1 - e^{-a}} e^{-a(k-1)}, \quad k = 2, 3, \dots, n. \quad (23)$$

Сравнивая формулы (22) и (18), видим, что различия между формулами выражаются в виде смещения. Поэтому традиционная модель GM (1, 1) смещена при моделировании экспоненциальных рядов.

Создание улучшенной прогнозной модели GM (1, 1) выполняется следующим образом.

Согласно уравнению (21)

$$\eta = \ln \frac{2-a}{2+a}, \quad M = \frac{2u}{2+a}, \quad (24)$$

т. е. параметры a , u традиционной модели GM (1, 1) могут использоваться для представления параметров η , M исходной последовательности, где

$$a' = \ln \frac{2-a}{2+a}, \quad M' = \frac{2u}{2+a}. \quad (25)$$

Тогда $a' = \eta$, $M' = M$.

Исходя из этого при построении улучшенной модели GM (1, 1) шаги с 1-го по 3-й относятся к шагам с 1-го по 3-й традиционной модели GM (1, 1).

Шаг 4. *Определение параметров несмещенной модели GM (1, 1).*

$$a' = \ln \frac{2-a}{2+a}, \quad M' = \frac{2u}{2+a}.$$

Шаг 5. *Создание исходной модели последовательности данных.*

$$\hat{x}^{(0)}(1) = x^{(0)}(1); \quad (26)$$

$$\hat{x}^{(0)}(k) = M' e^{a'(k-1)}, \quad k = 2, 3, \dots, n. \quad (27)$$

По сравнению с традиционной моделью GM (1, 1) улучшенная модель GM (1, 1) в основном устраняет неотъемлемые отклонения от традиционной модели GM (1, 1), а диапазон ее применения шире, чем у традиционной модели GM (1, 1). Кроме того, улучшенная модель GM (1, 1) не требует кумулятивного сокращения, что упрощает этапы моделирования и увеличивает скорость расчета модели [6]. Однако улучшенная модель прогнозирования GM (1, 1) может предсказать тенденцию изменения параметров по приближенному к экспоненциальному закону распределения и не может предсказать неопределенность данных. В связи с этим предлагаемый метод прогнозирования в последующем может развиваться и дополняться.

3 Прогнозирование пассажиропотоков с использованием модели GM (1, 1)

3.1 Традиционная модель GM (1, 1) прогнозирования пассажиропотока

Модель прогнозирования GM (1, 1) позволяет получать относительно точные результаты на основании небольшого количества ретроспективных данных. По сравнению с методом статистического регрессионного анализа преимущество модели прогнозирования GM (1, 1) заключается в том, что она может решить проблему моделирования небольших выборок и коротких последовательностей без необходимости больших выборок статистических данных, что характерно для систем прогнозирования пассажиропотоков в транспортных системах. На железнодорожный пассажиропоток влияет множество различных факторов, таких как экономика, погодные условия, эпидемиологическая обстановка и др. Всё множество влияющих факторов можно представить как подмножества определенных и неопределенных факторов, а их совокупность можно рассматривать как «серую систему».

В этой статье в качестве анализируемых данных используется пассажиропоток, млн пас-км, перевезенный Белорусской железной дорогой в период с 2010 по 2019 год (таблица 1) [7].

Таблица 1 – Фактический объем пассажиропотока Белорусской железной дороги с 2010 по 2019 г.

Вид транспорта	Год									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Железнодорожный	7578	7941	8977	8998	7796	7117	6428	6295	6215	6277

Вначале проверим беспристрастность модели GM (1, 1), т. е. возможность ее использования для получения прогнозных значений. В результате анализа данных таблицы 1 установлено, что общий тренд изменения является нисходящим с очевидной неустойчивостью, что соответствует общим характеристикам исходных данных «серой модели» прогнозирования.

Модель GM (1, 1) представляет собой линейную модель первого порядка с одной переменной. Тогда изменение пассажиропотока представим как функцию изменения количества перевезенных пассажиров от времени. Факторы, влияющие на мощность пассажиропотока, являются сложно формализуемыми, при этом многие факторы динамично изменяются. Тогда представим пассажиропоток как «серую величину», которая зависит как от известных, так и от неизвестных факторов. Установим для них модель GM (1, 1).

В соответствие с формулой (1) на основании таблицы 1 формализуем неотрицательную исходную последовательность данных:

$$x^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(9), x^{(0)}(10)\} = \{7578, 7941, 8977, 8998, 7796, 7117, 6428, 6295, 6215, 6277\}.$$

Для исходной последовательности $x^{(0)}$ формуле (2) проверим гладкость анализируемого ряда данных (таблица 2).

Таблица 2 – Значения коэффициентов гладкости данных

k	$\beta(k)$	k	$\beta(k)$
3	0,95428787	7	1,09540537
4	0,88459396	8	1,10718731
5	0,99766615	9	1,02112788
6	1,15418163	10	1,01287208

Так как все соотношения находятся в диапазоне $(e^{-2/n+1}, e^{2/n+1}) = (0,857403919, 1,16631144)$, исходные данные соответствуют модели GM (1, 1) и пригодны для прогнозирования.

Расширим исходную последовательность $x^{(0)}$ путем объединения со сгенерированной последовательностью $x^{(1)}$ (см. формулу (3)).

$$x^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(9)\} = \{7578, 15519, 24496, 33494, 41290, 48407, 54835, 61130, 67345\}.$$

Согласно формуле (5) проверим, подчиняется ли последовательность $x^{(1)}$ квазиэкспоненциальному закону распределения. Тестовое значение экспоненциального закона распределения представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Тестовые значения экспоненциального закона распределения

K	$\sigma^{(1)}(k)$	K	$\sigma^{(1)}(k)$
3	1,5784522	7	1,1327907
4	1,3673253	8	1,1147989
5	1,2327581	9	1,1016686
6	1,1723662	10	1,0932066

Из таблицы 3 видно, что при $k > 3$ $\sigma^{(1)}(k) \in [1, 1,15]$. Следовательно, выборка удовлетворяет экспоненциальному закону распределения, а модель GM (1, 1) является установленной.

Составим дифференциальное уравнение GM (1, 1) для $x^{(1)}$ (см. формулу (6)) и сгенерируем последовательности $x^{(1)}$ и $Z^{(1)}$ (см. формулу (9)).

$$Z^{(1)} = \{Z^{(1)}(2) + Z^{(1)}(3) + \dots + Z^{(1)}(9)\} = \{11548,5, 20007,5, 28995, 37392, 44848,5, 51621, 57982,5, 64237,5, 70483,5\}.$$

Согласно формуле (7) установим дифференциальное уравнение GM (1, 1) и получим следующую матрицу:

$$\begin{bmatrix} 7941 \\ 8977 \\ 8998 \\ 7796 \\ 7117 \\ 6428 \\ 6295 \\ 6215 \\ 6277 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -11548,5 & 1 \\ -20007,5 & 1 \\ -28995 & 1 \\ -37392 & 1 \\ -44848,5 & 1 \\ -51621 & 1 \\ -57982,5 & 1 \\ -64237,5 & 1 \\ -70483,5 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -11548,5 & 1 \\ -20007,5 & 1 \\ -28995 & 1 \\ -37392 & 1 \\ -44848,5 & 1 \\ -51621 & 1 \\ -57982,5 & 1 \\ -64237,5 & 1 \\ -70483,5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_n = [7941, 8977, 8998, 7796, 7117, 6428, 6295, 6215, 6277]^T.$$

Оценка \hat{a} методом наименьших квадратов (см. формулу (14)) составит:

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n = \begin{bmatrix} 0,048972173855 \\ 9444,656894877554 \end{bmatrix}.$$

В результате получаем коэффициент регрессии $a = 0,048972173855$ и коэффициент согласованности $u = 9444,656894877554$.

Подставим коэффициенты a, u в формулу (23):

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = (e^{-0,048972173855} - 1) \left[7578 - \frac{9,44465689477554}{0,048972173855} \right] e^{-0,048972173855k} + 8854952967 e^{-0,048972173855k}$$

В результате расчетов на основании модели GM (1, 1) получены прогнозные значения пассажиропотока, млн пас·км, на период с 2010 по 2019 год (таблица 4).

Таблица 4 – Прогнозируемые значения по традиционной прогнозной модели GM (1, 1)

Год	Исходный пассажиропоток	Прогнозные значения пассажиропотока
2010	7578	8432
2011	7941	8029
2012	8977	7645
2013	8998	7280
2014	7796	6932
2015	7117	6600
2016	6428	6285
2017	6295	5985
2018	6215	5699
2019	6277	5426

В результате сравнительного анализа установлено, что прогнозные данные, полученные на основании традиционной модели GM (1, 1), достаточно схожи с исходной выборкой, однако в отдельные годы (2012–2014) имеются расхождения в значениях свыше 20 %.

На основании традиционной модели GM (1, 1) сформирован прогноз изменения пассажиропотока, млн пас·км на период с 2021 по 2030 год (таблица 5).

Таблица 5 – Прогнозируемые значения пассажиропотока по традиционной модели GM (1, 1) на период 2021–2030 гг.

Год	Величина прогноза пассажиропотока железнодорожного транспорта
2021	4920
2022	4685
2023	4461
2024	4248
2025	4045
2026	3851
2027	3667
2028	3492
2029	3325
2030	3166

3.2 Улучшенная модель GM (1, 1) прогнозирования пассажиропотока

Для повышения качества прогнозирования, при использовании теоретических основ, описанных в п. 2 данной статьи, разработана улучшенная модель прогнозирования пассажиропотока.

Используя полученные ранее коэффициенты регрессии $a = 0,048972173855$ и согласования $u = 9444,656894877554$ традиционной модели GM (1, 1), на основании формулы (25) определяются параметры улучшенной модели:

$$a' = \ln \frac{2-a}{2+a} = -0,048981965; M' = \frac{2u}{2+a} = 9218,92158.$$

Используя формулы (26), (27) разработали улучшенную модель GM (1, 1):

$$\hat{x}^{(0)}(k) \begin{cases} 7578, & k = 1 \\ 9218,92158e^{-0,048981965(k-1)}, & k = 2, 3, 4, 5, 6, \dots 9. \end{cases}$$

Исходя из этого получены результаты прогнозирования улучшенной модели GM (1, 1), млн пас·км, которые представлены в таблице 6. Сравнительный анализ прогнозных значений пассажиропотока по тради-

ционной и улучшенной моделям GM (1, 1) с исходными данными приведен на рисунке 1.

Таблица 6 – Прогнозируемые значения по улучшенной прогнозной модели GM (1, 1)

Год	Исходный пассажиропоток	Прогнозные значения пассажиропотока
2010	7578	8432
2011	7941	8029
2012	8977	7645
2013	8998	7280
2014	7796	6932
2015	7117	6600
2016	6428	6285
2017	6295	5985
2018	6215	5699
2019	6277	5426



Рисунок 1 – Сравнение прогнозных значений пассажиропотока по традиционной и улучшенной моделям GM (1, 1) с исходными данными

В результате сравнительного анализа установлено, что прогнозные данные, полученные на основании улучшенной модели GM (1, 1), имеют более близкие значения к исходным данным по сравнению с традиционной моделью.

На основании улучшенной модели GM (1, 1) разработан прогноз изменения пассажиропотока на период с 2022 по 2025 год (таблица 7).

Таблица 7 – Прогнозируемые значения пассажиропотока по традиционной и улучшенной моделям GM (1, 1) на период с 2022 по 2025 год

Год	Прогнозные значения пассажиропотока по традиционной модели	Прогнозные значения пассажиропотока по улучшенной модели
2022	4685	5122
2023	4461	4877
2024	4248	4644
2025	4045	4422

3.3 Прогнозирование пассажиропотока между станциями Белорусской железной дороги и Москвой

Модели GM (1, 1) могут применяться для прогнозирования параметров на основании выборок меньшей величины. При этом величина прогнозного периода не должна превышать величины ретроспективного.

В данной работе выполнено прогнозирование пассажиропотока между станциями Белорусской железной дороги и станциями Московского узла. Так как объем архивных данных с необходимой детализацией ограничен, в качестве исходных данных приняты значения пассажиропотока за период с 2016 по 2019 год.

На основании приведенных выше формул выполнен прогноз по традиционной и улучшенной GM (1, 1) моделям, млн пас·км (таблица 8).

Таблица 8 – Прогнозируемые значения пассажиропотока по традиционной и улучшенной моделям GM (1, 1) на период с 2016 по 2019 г между станциями Белорусской железной дороги и Московского железнодорожного узла

Год	Исходный пассажиропоток	Прогнозные значения пассажиропотока по традиционной модели	Прогнозные значения пассажиропотока по улучшенной модели
2016	1245	1254	1245
2017	1265	1275	1264
2018	1269	1295	1285
2019	1281	1316	1306

Можно сделать вывод, что наблюдается тенденция к росту размера пассажиропотока. При этом результаты прогнозирования по моделям GM (1, 1) имеют аналогичный GM (1, 1) тренд.

Выполним расчет параметров модели

$$x^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(4)\} = \{1245, 1265, 1269, 1281\}.$$

Выполним проверку гладкости исходной последовательности $x^{(0)}$: $\beta(k3) = 0,99655$, $\beta(k4) = 0,99072$. Диапазон проверки гладкости составляет $(0,67032 \sim 1,49182)$, т. е. все значения в пределах допустимого диапазона. Таким образом, нет необходимости в предварительной обработке исходных данных.

$$x^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(4)\} = \{1245, 2509, 2534, 2550\}.$$

При проверке установлено, что полученные результаты подчиняются экспоненциальному закону и модель GM (1, 1) может быть установлена.

Тогда сгенерированная последовательность

$$Z^{(1)} = \{Z^{(1)}(2) + Z^{(1)}(3) + \dots + Z^{(1)}(4)\} = \{1877, 2521, 2542\}.$$

Построим матрицу:

$$\begin{bmatrix} 1265 \\ 1269 \\ 1281 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1876992,5 & 1 \\ -2521315,5 & 1 \\ -2541510 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} -1876992,5 & 1 \\ -2521315,5 & 1 \\ -2541510 & 1 \end{bmatrix},$$

$$Y_n = [1264507, 1268878, 1280757]^T.$$

Получаем: $a = -0,01616373$, $u = 1233989,55102334$.

Аналогичным образом установлены параметры улучшенной модели: $a' = \ln(2 - a) / (2 + a) = 0,016164082$, $M = 2u / (2 + a) = 1244043,745$.

Результаты прогнозирования на период с 2022 по 2025 год приведены в таблице 9.

В результате прогнозирования установлено, что рост пассажиропотока между станциями Белорусской железной дороги и Москвой по обеим моделям к 2025 году составит 10–15 % при отсутствии существенных неформализованных позитивных и негативных факторов. К негативным факторам, которые могут привести к уменьшению пассажиропотока, относится продление карантинных мероприятий в государствах на продолжительный период. Позитивными факторами могут стать повышение скоростей движения поездов между станциями

Получено 25.03.2021

Wang Yubian. Forecasting the volumes of transportation of passengers based on gray systems theory.

The reliability of the forecast of passenger traffic has a significant impact on the system of using the transportation resources of railway transport and the formation of the business strategy of the railway. Forecasting is a comparative analysis of retrospective data and related information, as well as their processing using scientific mathematical methods in order to find patterns in their change. In this article, it is proposed to use the theory of "gray systems" to predict passenger traffic, which provides a search for acceptable forecast values under conditions of limited retrospective. The passenger traffic that was transported by the Belarusian Railway in the period from 2010 to 2019 is used as the initial data. Traditional and improved gray models are used as predictive models, and the accuracy of the obtained predicted values is compared.

Белорусской железной дороги и Москвой, а также переход к тактовому движению поездов.

Таблица 9 – Прогнозируемые значения пассажиропотока по традиционной и улучшенной моделям GM (1, 1) на период с 2022 по 2025 год между станциями Белорусской железной дороги и Московского железнодорожного узла

Год	Величина прогноза пассажиропотока железнодорожного транспорта	Улучшенная объективная модель GM (1, 1) для прогнозирования пассажиропотока на железнодорожном транспорте
2022	1382	1371
2023	1404	1393
2024	1427	1416
2025	1450	1439

Вывод. В статье предложена методика прогнозирования пассажиропотока с использованием традиционной и улучшенной моделей GM (1, 1). Однако сравнивая прогнозные значения с фактическими, можно заметить значительные отклонения, что приводит, в отдельных случаях, к значительным погрешностям вычислений. Кроме того, GM (1, 1) не позволяют прогнозировать в условиях значительного влияния внешних факторов на объем перевозочной работы.

Таким образом, модели прогнозирования GM (1, 1) могут ограниченно применяться при стабильном состоянии внешней среды. Для учета влияния внешних факторов модели GM (1, 1) нуждаются в улучшении.

Список литературы

- 1 Deng, J. L. Introduction to grey system theory. J Grey System / J. L. Deng. – 1989; 1:1–24.
- 2 Bindhu, B. K. Application of grey system theory on the influencing parameters of aerobic granulation in SBR / B. K. Bindhu, G. Madhu // Environ Technol. – 2017. – Sep; 38(17):2143–2152.
- 3 iPhos-PseEvo: Identifying Human Phosphorylated Proteins by Incorporating Evolutionary Information into General PseAAC via Grey System Theory / W. R. Qiu [et al.] // Mol Inform. – 2017 May; 36(5–6).
- 4 Wang, C. N. Integrated DEA models and grey system theory to evaluate past-to-future performance: a case of Indian electricity industry / C. N. Wang, N. T. Nguyen, T. T. Tran // Scientific World Journal. – 2015; 638710.
- 5 Mahmod, W. E. Modified Grey Model and its application to groundwater flow analysis with limited hydrogeological data: a case study of the Nubian Sandstone / W. E. Mahmod, K. Watanabe // Kharga Oasis, Egypt. Environ Monit Assess. – 2014 Feb; 186(2):1063–81.
- 6 Zhao, X. Based on Gray Prediction Model GM (1, 1), Research on Forecasting Overseas Talents / X. Zhao, D. Li // Ocean Development and Management. – 2010. – Vol. 27. – P. 036–038. 2010.
- 7 Транспорт. Ч. 1. Пассажирооборот. За 1990–2019 гг. // Нац. стат. комитет Респ. Беларусь [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа : <http://belstat.gov.by>. – Дата доступа : 20.02.2021.

ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗБАРЬЕРНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ПАССАЖИРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ «ДОСТУПНАЯ СРЕДА»

В настоящее время в Российской Федерации, как и в других зарубежных странах, пассажирский железнодорожный транспорт активно используется различными группами населения для передвижения, включая путешествия, что связано с наличием разветвленной сети железных дорог, развитием высокоскоростного движения, высоким уровнем обслуживания в поездах, а также с применением большого числа льготных тарифов. При этом объекты пассажирской инфраструктуры оснащаются различными устройствами так, чтобы ими могли пользоваться люди с ограниченными возможностями при перемещении. Благодаря государственной программе «Доступная среда» активно создается единое безбарьерное пространство, обеспечивающее доступность для лиц, имеющих ограничения по передвижению, не только в жилых и общественных зданиях, но и на различных видах транспорта, включая железнодорожный.

Введение. В настоящее время в Российской Федерации проживает около 50 млн маломобильных людей, их которых 10,7 % – инвалиды всех возрастов; 16,3 % – люди пожилого (старше трудоспособного) возраста, не признанные инвалидами; 6,2 % – люди с временной утратой трудоспособности, с багажом, другие группы населения, имеющие ограничения в мобильности; 7,7 % – дети в возрасте до 4 лет (около 8 млн чел., в т. ч. в сопровождении одного взрослого человека трудоспособного возраста – около 3 млн чел.).

В связи с этим в стране разработана Государственная программа «Доступная среда» (далее – программа), которая реализуется в Российской Федерации с 2012 года согласно Конвенции ООН о правах инвалидов. Так, в ст. 9 отмечено: «Чтобы наделить инвалидов возможностью вести независимый образ жизни и всесторонне участвовать во всех аспектах жизни, государства-участники принимают надлежащие меры для обеспечения инвалидам доступа наравне с другими к физическому окружению, к транспорту, к информации и связи, включая информационно-коммуникационные технологии и системы, а также к другим объектам и услугам, открытым или предоставляемым для населения, как в городских, так и в сельских районах».

Согласно этой программе организация жизненного пространства маломобильной части населения ликвидирует дискриминацию по признаку инвалидности и создает доступную среду, включая их перемещение на различных видах транспорта. При этом акценты сделаны на следующие принципы:

- равенство и доступность использования;
- простота конструкций;
- небольшие физические усилия;
- наличие необходимого размера, места, пространства и т. п.

Таким образом, принимая во внимание вышеперечисленные принципы, общество сможет предоставить равные возможности для населения в целом и каждому человеку в отдельности исходя из соблюдения важнейшего показателя качества жизни – комфорта жизнедеятельности.

Основная часть. Доступность транспортных услуг для маломобильных групп населения регламентируется правилами 2.5.1198-03 «Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте», основные пункты которых перечислены в таблице 1.

Таблица 1 – Краткая характеристика пунктов санитарных правил по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте

Номер пункта правил	Краткая характеристика
<i>Удобство пребывания и передвижения инвалидов в здании вокзала</i>	
3.1.17–3.1.19	Устройство пандусов (уклон не более 1:12 (8 %))
	Устройство грузопассажирских лифтов для инвалидов в коляске с сопровождающими лицами (размер кабины 110×140 см)
	Устройство мест для инвалидных колясок в зале ожидания, специальных столиков в буфетах, кафе, ресторанах, специальные кабины в общественных туалетах
	Устройство передвижных подъемников и переносных рампы для посадки инвалидов с коляской с перрона в вагон
	Оснащение отдельных касс специальными устройствами (индукционными системами), облегчающими общение кассира и пассажира с пониженным слухом
	Наличие соответствующих пиктограмм доступности
<i>Требования, предъявляемые к техническим средствам и габаритам интерьера вагонов</i>	
5.1.6, 5.1.8, 5.1.10, 5.1.21	Подъемник должен размещаться в нерабочем тамбуре вагона
	Ширина дверей для въезда и выезда инвалидов в кресле-коляске должна быть не менее 850 мм
	Ширина коридора перед входом в купе для колясочников не может быть менее 1000 мм, а размеры туалетного помещения – 1825×1500 мм

Следует отметить, что представленные в таблице 1 устройства имеются как на железнодорожных станциях, так и в вагонах. Например, вертикальные подъемно-транспортные устройства имеются практически в каждом поезде дальнего следования, которые имеют более широкие двери с одной стороны. Применение таких устройств на железнодорожных станциях целесообразно, где посадка и высадка пассажиров в вагоны производится с низких платформ. Особенно важна организация доступной, безбарьерной среды на железнодорожных вокзалах, где создаются функциональ-

ные зоны согласно стандартам и нормативным документам (таблица 2).

Таблица 2 – Краткая характеристика функциональных зон на железнодорожных вокзалах согласно стандартам и нормативным документам

Нормативный документ	Краткая характеристика
<i>Вход и выход вокзала</i>	
Свод правил 59.13330.2016 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» (подп. 6.2.3)	Тактильная плитка перед первой ступенью лестницы Тактильная плитка перед дверью
Свод правил 59.13330.2016 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» (подп. 6.2.8 и 6.2.9)	Пандус или подъёмно-транспортное устройство
Свод правил 31-102-99 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» (подп. 5.4)	Кнопка вызова помощи
<i>Зал ожидания</i>	
Свод правил 59.13330.2016 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» (подп. 5.1.10, 5.1.12)	Специально отведённые места для МГН, обозначенные соответствующими указателями
Свод правил 59.13330.2016 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» (подп. 6.5, 6.5.2)	Тактильные указатели (направления движения)
	Тактильные или тактильно-звуковые мнемосхемы
ГОСТ Р 12.2.143–2009 «Система стандартов безопасности труда. Системы фотолуминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля»	Тактильный план эвакуации
Свод правил 59.13330.2016 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» (п. 6.5, подп. 6.5.5–6.5.7)	Светозвуковая система оповещения
<i>Зоны получения услуг (кассовый зал, справочное бюро, буфет)</i>	
Свод правил 59.13330.2016 (подп. 8.1.7)	Высота окошек касс или стоек – 85 см
«Указатели тактильные наземные для инвалидов по зрению. Технические требования» (подп. 4.2.10 ГОСТ Р 52875–2018)	Указатель «Поле получения услуги» (уложенные на полу параллельно друг другу девять продольных тактильных полос)
Свод правил 59.13330.2016 (подп. 8.1.10)	Наличие индукционной петли
<i>Горизонтальные коммуникации</i>	
Свод правил 59.13330.2016 (подп. 6.2.1)	При движении кресла-коляски в одном направлении – 1,5 м При встречном движении – 1,8 м Ширина перехода в другое здание – не менее 2,0 м

В 2019 году на поездах холдинга «РЖД» путешествовали 215,3 тыс. пассажиров с ограниченными возможностями. Это почти на 40 % больше, чем в 2018 году за аналогичный период. Поездами дальнего следования за рассматриваемый период перевезено около 200 тыс.

маломобильных пассажиров, а в высокоскоростных поездах «Сапсан» – 20,3 тыс. человек. Холдинг «РЖД» ведет активную работу по улучшению качества услуг и общей доступности на вокзалах и поездах. Ежегодно увеличивается количество вагонов со специализированными купе за счет приобретения новых и модернизации действующих вагонов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Специализированное купе пассажирского поезда дальнего следования для маломобильных пассажиров

В настоящее время в сети железных дорог Российской Федерации насчитывается более 900 пассажирских вагонов, оборудованных специализированным купе для пассажиров с инвалидностью. Холдинг «РЖД» продолжает работать над улучшением конструкций и условий поездки в специализированных вагонах для пассажиров с ограниченными физическими возможностями. Например, новые конструктивные разработки в вагонах, в которых предусмотрены подъемные посадочные устройства, увеличена ширина дверей вагона, тамбурной зоны и коридора, позволяют пассажирам передвигаться на кресле-коляске (рисунок 2).



Рисунок 2 – Подъемные посадочные устройства специализированного вагона для маломобильных пассажиров

На основании приведенных нормативных требований и исходя из конструктивных особенностей подвижного состава обеспечивается доступный проезд на платформы без использования ступеней с прилегающих

путей, парковок и т. д. При этом высота станционной платформы, должна обеспечивать поезду возможность вплотную подойти к ее краю для исключения необходимости использования ступеней / рампы для перекрытия расстояния между полом вагона и станционной платформой (рисунок 3).



Рисунок 3 – Современные конструкции вагонов для маломобильных пассажиров

Продолжаются работы по реконструкции железнодорожных вокзалов, построенных в XX веке, с учетом создания доступной среды для маломобильных пассажиров. Например, заслуживает внимания реконструкция исторического здания вокзала станции Тверь, где сегодня внутри вокзала уложены наземные тактильные указатели (тактильная плитка, индикаторы) для обозначения маршрутов движения, на лестничных маршах – удобные поручни, противоскользящее покрытие «ТифлоПол-10», также установлены кнопки вызова помощи и тактильные мнемосхемы, произведено полное переоборудование санузла с установкой специальных унитазов и раковин. При этом не был утрачен уникальный архитектурный облик исторического здания. Реконструкция перронов позволила установить пандусы (рисунок 4).

Согласно анализу статистических данных, в 2020 году маломобильные пассажиры чаще всего совершали поездки в направлении Москвы и Санкт-Петербурга (более 1,2 тыс. чел.).

Следует отметить работы по адаптации Киевского вокзала города Москвы, вокзалов в Оренбурге, Северобайкальске, Белово, Глазове, Могоче, а также 20 пассажирских платформ по сети российских железных дорог.

Получено 22.04.2021

T. A. Vlasuk. Organization of barrier-free environment for passenger with limited mobility on Railway Transport in the Russian Federation on the Basis of the state program «Accessible Environment».

Currently, in the Russian Federation, as in other foreign countries, passenger rail transport is actively used by various groups of the population for movement, including travel, which is associated with the presence of an extensive network of railways, the development of high-speed traffic, a high level of service in trains, as well as the use of a large number of preferential tariffs. At the same time, the objects of the passenger infrastructure are equipped with various devices so that they can be used by people with disabilities when moving, which became possible for the state program "Accessible Environment", thanks to which a single barrier-free space is actively created, ensuring accessibility for persons with movement restrictions, not only in residential and public buildings, but also in various types of transport, including rail.



Рисунок 4 – Пандусы для въезда и съезда с перрона

Мероприятия по созданию безбарьерной среды реализуются как в рамках текущей реконструкции и модернизации вокзалов, так и при подготовке к крупнейшим событиям, проходящим в Российской Федерации. Например, к проведению Чемпионата мира по футболу в 2018 году дополнительно адаптированы: Витебский, Московский и Финляндский (Санкт-Петербург) вокзалы, а также вокзалы в Екатеринбурге, Самаре, Саранске, Ростове и других городах.

Вывод. Вышеприведенные примеры показали, что ОАО «РЖД» создала условия для комфортного перемещения маломобильных пассажиров и продолжает работать и дальше в этом направлении. Анализ показал, что для маломобильных пассажиров стали доступны железнодорожные вокзалы и станции, где сегодня имеются пандусы, специальные комнаты отдыха, оснащенные специальными кабинками. Помимо этого, имеются специализированные вагоны поездов, где созданы комфортные условия для поездок маломобильных пассажиров.

Список литературы

- 1 Конвенция о правах инвалидов : принята резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН 13 декабря 2006 г. № 61/106 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/disability.shtml. – Дата доступа : 20.04.2021.
- 2 Постановление Правительства РФ от 29.03.2019 № 363 (ред. от 23.03.2021) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации “Доступная среда”» : [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mintrud.gov.ru/ministry/programs/3.0>. – Дата доступа : 20.04.2021.
- 3 Зайцева, Н. А. Безбарьерный туризм / Н. А. Зайцева, Д. Б. Шурафина. – М. : КноРус, 2016. – 176 с.
- 4 Терскова, С. Г. Механизм формирования доступной среды для инвалидов / С. Г. Терскова // Гуманитарные научные исследования. – 2015. – № 7–2 (47).

УДК 656.1

В. Н. ГАЛУШКО, кандидат технических наук, И. Л. ГРОМЫКО, магистр технических наук, С. И. ЗАЙЦЕВ, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ПРИБОРНОГО УЧЕТА ПРИ МЕЖВИТКОВЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЯХ

Рассмотрены методы диагностики различных дефектов трансформатора и способ их классификации с помощью нейронных сетей. Применение данных нейронных сетей позволит в режиме реального времени анализировать информацию, классифицировать различные отклонения и диагностировать дефекты. Приводится анализ информации для классификации таких повреждений, как межвитковые замыкания, междуфазные короткие замыкания, дефекты межлистовой изоляции магнитопровода, местное замыкание пластин стали и «пожар» в стали.

Экономическая ситуация, сложившаяся в последние годы в энергетике, заставляет принимать меры, направленные на увеличение сроков эксплуатации различного оборудования. Решение задачи по оценке технического состояния электротехнического оборудования электрических сетей в значительной мере связано с внедрением эффективных методов инструментального контроля и технической диагностики.

Основной целью технической диагностики являются в первую очередь распознавание состояния технической системы в условиях ограниченной информации и, как следствие, повышение надежности и оценка остаточного ресурса оборудования.

Неотъемлемым элементом при централизованном электроснабжении является трансформатор. Выход из строя силового трансформатора может привести к созданию аварийных ситуаций, перебоям электроснабжения, массовому недоотпуску продукции, сопровождающимся значительным экономическим и экологическим ущербом. Поэтому контроль состояния трансформатора является важной задачей.

Диагностика трансформаторов – сегодня довольно долгое и затратное мероприятие. Часто необходимо провести целый ряд непростых испытаний, так как со-

временные методы диагностики не всегда однозначно указывают на место и вид дефекта. Надежность электрической машины в значительной степени определяется надежностью обмоток, которая в свою очередь зависит от состояния изоляции. Изоляция работает в сложных, часто весьма неблагоприятных условиях. В процессе эксплуатации электрических машин, а также во время их хранения и транспортировки, они подвергаются разнообразным внешним воздействиям, приводящим к прогрессирующему ухудшению свойств изоляции.

Основными причинами возникновения межвитковых замыканий в трансформаторе являются старение изоляции, перенапряжения или низкая организация производства и эксплуатации. Классификация факторов, влияющих на возникновение замыканий, представлена на рисунке 1. Приведенная классификация показывает, что причины нарушения изоляции могут быть связаны или могут проявляться обособленно, а это затрудняет поиск решения по защите обмоток трансформаторов от межвитковых замыканий [1].

Основная задача исследования – диагностирование и классификация неисправности, анализ предаварийного состояния с указанием причины.

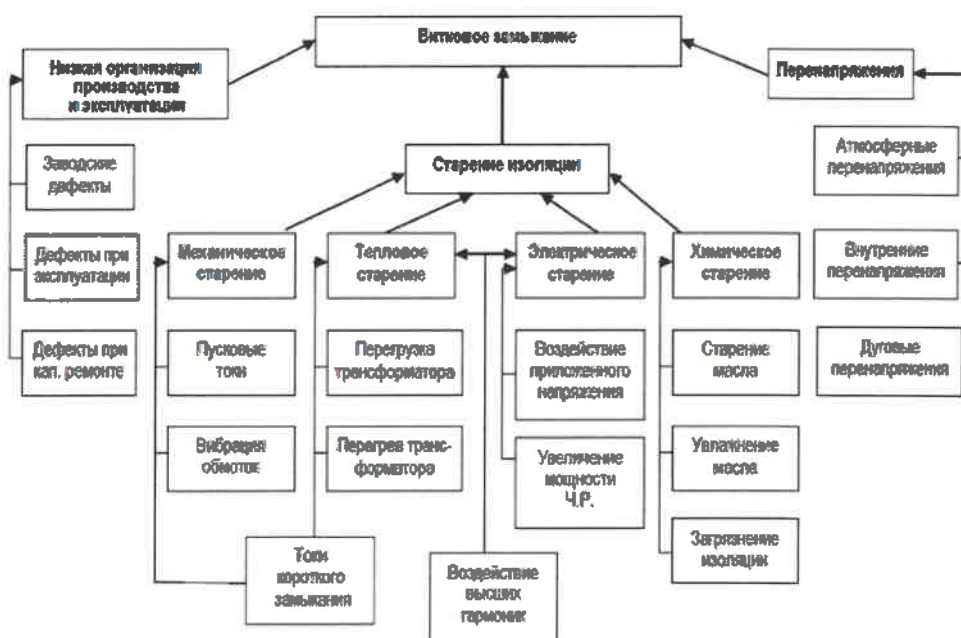


Рисунок 1 – Классификация факторов, влияющих на возникновение межвитковых замыканий трансформаторов

В [2] описаны закономерности старения изоляции. Также было рассмотрено старение изоляции под действием температуры, электрического поля, механических нагрузок, влаги и химически активных веществ. В работе отмечается, что скорость старения изоляции определяется в основном эксплуатационными условиями и свойствами применяемых материалов, а на образование местных дефектов оказывают значительное влияние уровень технологии и общей культуры производства, условия хранения трансформатора, его транспортировка и монтаж.

Описание методов диагностики электрооборудования приведено в [3], где рассмотрены основные методы неразрушающего контроля электротехнического оборудования (тепловой, магнитный, электрический и т. д.).

В масле содержится около 70 % информации о состоянии маслосодержащего оборудования. Результаты анализа масла трансформатора позволяют судить о состоянии изоляции обмоток. Выявить неисправность изоляции обмоток позволяют такие показатели качества масла, как содержание водорастворимых кислот и температура вспышки в закрытом тигле [3].

Среди различных факторов, определяющих срок службы изоляции электрических машин, одним из основных является старение изоляции под действием температуры [2, с. 19]. К электрическому методу неразрушающего контроля для диагностирования электрооборудования можно отнести метод измерения частичных разрядов (ЧР). Внешними проявлениями процессов развития ЧР является нагрев изоляции [3].

Одним из наиболее распространенных следствий ухудшения свойств изоляции являются межвитковые замыкания. При межвитковом замыкании изоляция обмотки нарушается и происходит ее пробой между витками, что впоследствии может привести к выходу из строя трансформатора.

Основными факторами, влияющими на возникновение межвитковых замыканий в трансформаторах, являются старение изоляции (механическое, тепловое, электрическое, механическое, химическое), перенапряжения (атмосферные, внутренние, дуговые) и организация производства и эксплуатации (заводские дефекты, эксплуатационные дефекты, дефекты при капитальном ремонте).

Признаками появления межвитковых замыканий в трансформаторе могут быть срабатывание газовой защиты на отключение, аномальный нагрев трансформаторного масла, небольшое увеличение первичного тока, различное сопротивление фаз постоянному току, срабатывание дифференциальной или максимальной токовой защиты.

Межвитковые замыкания в трансформаторах в большинстве случаев протекают по времени медленно. Поэтому для предотвращения серьезных поломок важно уметь выявлять замыкания на ранних стадиях, а в перспективе еще и прогнозировать остаточный срок службы изоляции. Подобный метод диагностики позволит повысить надежность электроснабжения и сэкономить средства на ремонте оборудования.

Температура – самое универсальное отражение состояния любого оборудования. Практически при любом, отличном от нормального, режиме работы трансформатора изменение температуры является самым

первым сигналом, указывающим на неисправное состояние.

Тепловой метод контроля позволяет, не выводя из работы трансформатор, быстро и безопасно для персонала выявить ненормальный режим работы оборудования. Однако для этого требуется наличие довольно дорогого оборудования – тепловизора или специального пирометра.

В [4] описан прибор, позволяющий определить короткозамкнутые витки в обмотках трансформаторов и дросселей. Описываемый прибор представляет собой генератор низких частот, собранный на двух транзисторах. Конструктивное выполнение схемы простое, что позволяет его собрать без больших материальных и временных затрат. Недостатком данного пробника является отсутствие возможности однозначного определения вида неисправности обмотки. Также отсутствует возможность отличить межвитковое замыкание от обрыва цепи.

В [5] представлена электрическая схема пробника для проверки обмотки трансформаторов и других катушек индуктивностью от 200 мкГн до 2 Гн. Данная схема не намного сложнее предыдущей. Она дает возможность однозначно определить вид неисправности – обрыв цепи или короткое замыкание.

Изменение тока намагничивания, коэффициента мощности и потерь холостого хода, дополнительные потери короткого замыкания или отличие сопротивлений обмоток трансформатора свидетельствуют о возможном появлении межвиткового замыкания. Измерение этих величин предполагает отключение нагрузки трансформатора, что нежелательно с экономической точки зрения.

Наличие короткозамкнутых витков можно определить индукционным методом. Этот метод основан на определении наличия электромагнитного поля вокруг короткозамкнутого витка, которое создается в нем индуктированным током короткого замыкания. На ряде электроремонтных предприятий применяют комплект приборов системы Порозова. Прибор обнаруживает короткозамкнутые витки в обмотках любого диаметра и позволяет точно установить наличие и место замыкания. Однако для выполнения данного вида диагностики требуется отключение и разборка трансформатора.

Сегодня искусственный интеллект быстро развивается, поэтому существует большое количество литературы, описывающей работу нейронных сетей и варианты применения их на практике [6–8]. В [9] рассмотрено применение нейронных сетей для поддержания требуемой относительной скорости термического износа изоляции для продления срока службы трансформаторного оборудования за счет управления системой охлаждения. При этом тема применения нейромоделирования для диагностики межвитковых замыканий трансформаторов в литературе не рассматривалась.

Использование данной технологии для диагностики межвитковых замыканий позволит контролировать состояние обмотки трансформатора в режиме реального времени, не выводя его из работы. Затраты на использование данной технологии относительно невелики, а эффект может быть существенным.

В силовых трансформаторах с масляным охлаждением межвитковое короткое замыкание обнаруживается

по выделению горючего газа в газовом реле и работе реле на сигнал или отключение. В сухих трансформаторах вопрос определения замыкания между витками обмоток актуален и может привести к unplanned выводу из строя трансформатора и отключению потребителей от системы электроснабжения.

Данное повреждение может быть вызвано недостаточной изоляцией переходных соединений, продавливанием изоляции витков при опрессовке или из-за заусенцев на меди витка, механическими повреждениями изоляции, естественным износом, перенапряжениями, электродинамическими усилиями при коротких замыканиях и т. д.

По замкнутым накоротко виткам проходит ток большей силы, причем ток в фазе может лишь незначительно возрасти; изоляция витков быстро сгорает, могут выгорать сами витки, причем возможно разрушение и соседних витков. При развитии замыкания между витками обмоток может перейти в междуфазное короткое замыкание.

Если число замкнутых витков значительно, то в короткий промежуток времени обмотки и магнитопровод сильно нагреваются. Замыкание между витками также сопровождается уменьшением сопротивления фазы, где возникло замыкание.

В качестве объекта исследования использовались однофазные трансформаторы малой мощности с воздушным охлаждением. В ходе экспериментов при изменяющейся нагрузке трансформатора выполнялось межвитковое замыкание различного числа витков на одной фазе первичной и вторичной обмоток. Отслеживая в режиме реального времени возможные текущие сбои,

можно снизить количество unplanned ремонтов и отказов указанного оборудования.

При проведении экспериментальных исследований (рисунок 2) по проведению межвитковых коротких замыканий (КЗ) были предусмотрены следующие мероприятия:

- МКЗ проводились в режиме онлайн на первичной и вторичной обмотках однофазного трансформатора с воздушным охлаждением;

- МКЗ выполнялось на двух-, пяти- и десяти витках;

- осуществлялась регистрация с помощью приборов и датчиков, а также анализ информации следующих данных:

- напряжений и токов обмоток;

- активные, реактивные и полные мощности по высокой и низкой сторонам трансформатора;

- анализировался состав воздуха на наличие частиц задымления от лака и бумажной изоляции с помощью устройства «электронный нос» (рисунок 3, а);

- измерялась температура в зоне КЗ и на удалении 5 см от обмоток (рисунок 3, б);

- проводилось осциллографирование и разложение по гармоникам кривых тока и напряжения;

- выполнено более 500 измерений при нормальном режиме работы и при межвитковом замыкании с интервалом в 1 с при 7 различных активных и активно-индуктивных нагрузках.

- получаемые результаты приборного учета через аналогово-цифровой преобразователь поступали на вход в программу MATLAB в качестве исходных данных для нейромодели с целью ее обучения и анализа информации.

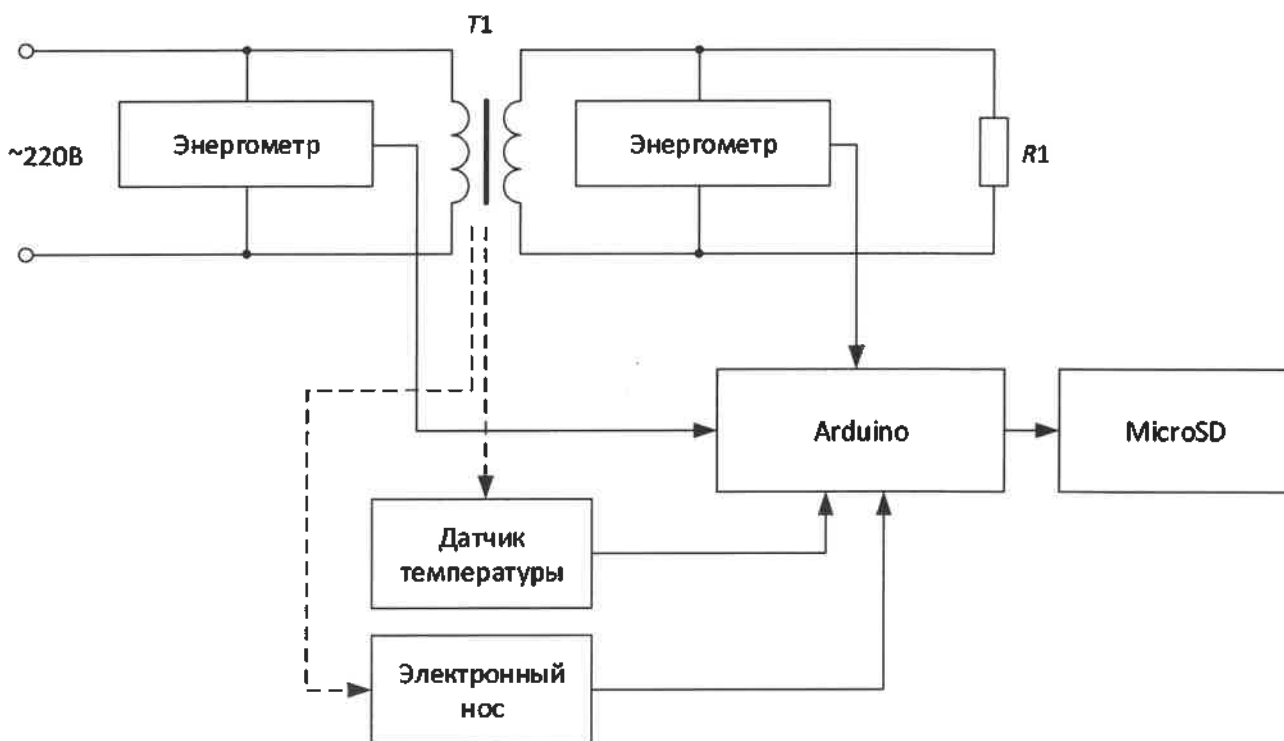
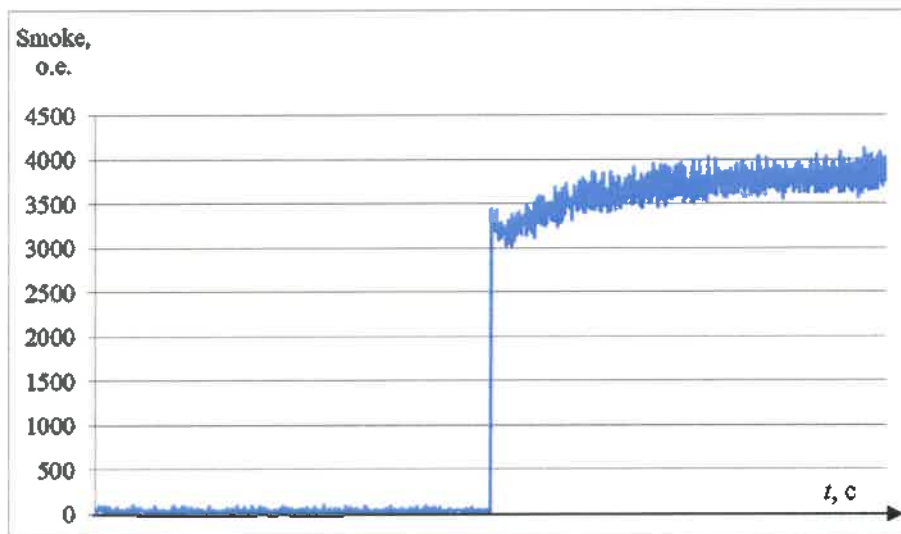


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки по исследованию МКЗ трансформатора

а)



б)

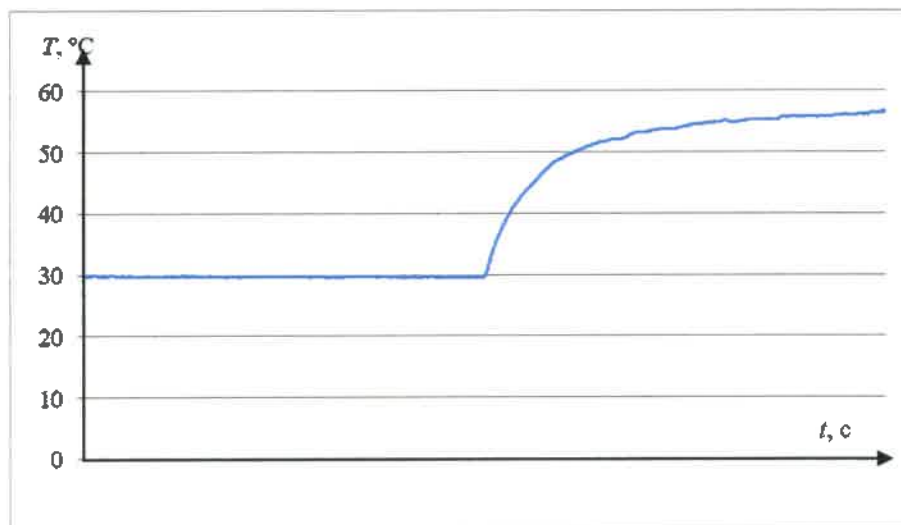


Рисунок 3 – Графики зависимости концентрации дыма (а) и температуры (б) при МКЗ

Нестабильность сетевого напряжения сильно влияет и на остальные параметры. Поэтому для минимизации данной нестабильности необходимо анализировать не каждый параметр по отдельности, а их отношения между первичной и вторичной обмотками, что несколько уменьшает зашумленность исходных данных приборного учета и позволяет определить МКЗ (рисунок 4).

В опыте межвиткового замыкания на первичной обмотке количество измерений намного меньше из-за очень быстрого роста температуры и, как следствие, большей опасности вывода из строя обмотки трансформатора, чем при межвитковом замыкании на вторичной обмотке и нормальной работе.

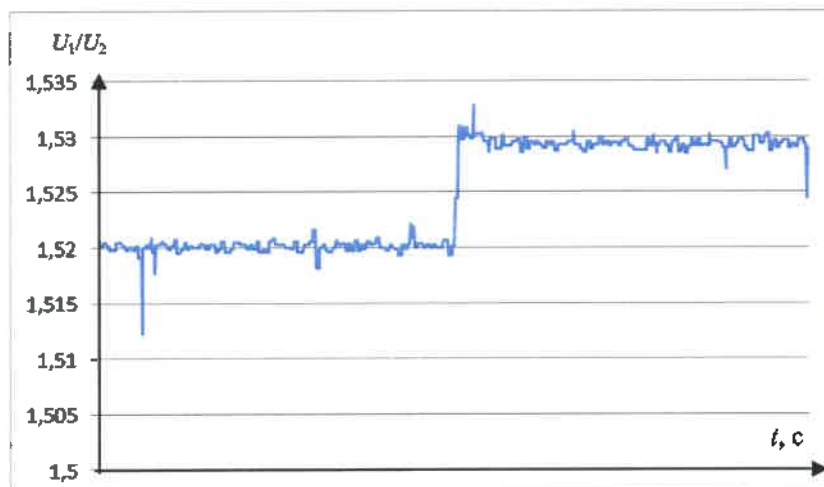


Рисунок 4 – График зависимости отношения напряжений при МКЗ

На основании графиков отношений напряжений при межвитковом замыкании в первичной или вторичной обмотках можно сделать вывод, на какой из обмоток произошло межвитковое замыкание.

Отмечено, что в отличие от скачков сетевого напряжения график потребления активной мощности при МКЗ имеет сложный характер. Он содержит минимум три составляющие экспоненты, которые учитывают индуктивности обмоток и сердечника.

Таким образом, для однофазного трансформатора с воздушным охлаждением броневым или стержневым сердечником и классом изоляции обмоток Y и A установлено, что наиболее значимыми исходными данными для нейромодели являются следующие:

– температура на поверхности обмоток (при МКЗ средний градиент температуры в зоне МКЗ составил около 35 °С/мин);

– отношение токов, напряжений и активных мощностей первичной и вторичной обмоток;

– состав окружающего воздуха на наличие частиц задымления от лака и бумажной изоляции.

Научная новизна материала статьи заключается в практическом применении сверточных нейронных сетей, которые в режиме реального времени анализируют информацию, классифицируют различные отклонения и диагностируют определенный вид дефекта. Практическая значимость заключается в снижении неплановых отказов, заблаговременном предупреждении о развитии повреждения. В работе приводится анализ информации для классификации таких повреждений, как межвитковые замыкания, междуфазные короткие замыкания, дефекты межлистовой изоляции магнитопровода, местное замыкание пластин стали и «пожар» в стали.

Применение нейромоделирования в диагностике систем обеспечения энергоснабжения позволит контролировать состояние трансформаторов в режиме реального времени, не выводя трансформатор из работы. Это предоставляет дополнительные возможности в обеспечении низкого уровня безаварийности и соблюдения

режимов бесперебойного электроснабжения, что сопровождается, как правило, значительными экономическими и экологическими издержками или реальным ущербом для потребителей. При этом затраты на внедрение данной технологии нейромоделирования относительно невелики (например, применение одноплатных компьютеров), а эффективность от ее применения будет существенной.

Список литературы

1 Шерьязов, С. К. Классификация факторов, влияющих на витковые замыкания в трансформаторах напряжением 6-10/0,4 кВ / С. К. Шерьязов, А. В. Пятков // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 7. – С. 172–174.

2 Воробьев, В. Е. Прогнозирование срока службы электрических машин: Письменные лекции / В. Е. Воробьев, В. Я. Кучер. – СПб.: СЗТУ, 2004. – 56 с.

3 Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: учеб. пособие / А. И. Хальясмаа [и др.]. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 64 с.

4 Кривонос, А. В. Определение короткозамкнутых витков в обмотках трансформаторов и дросселей / А. В. Кривонос // Радио. – 1968. – № 4. – С. 56.

5 Паздников, И. Л. Определение короткозамкнутых витков в обмотках трансформаторов и дросселей / И. Л. Паздников // Радио. – 1990. – № 7. – С. 68–69.

6 Викторова, Е. В. Применение нечетких нейронных сетей для технической диагностики дорожных машин / Е. В. Викторова // Вестник ХНАДУ. – 2012. – Вып. 56. – С. 98–102.

7 Хаханов, В. И. Применение искусственных нейронных сетей для диагностирования цифровых систем / В. И. Хаханов, О. В. Щерба // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2010. – № 5. – С. 208–213.

8 IBM Business Consulting Services. Построение интеллектуальной электрической сети для передающих и распределительных энергокомпаний. – М., 2005. – 20 с.

9 Бережной, А. В. Применение нейронных сетей для моделирования относительной скорости износа изоляции трансформаторного оборудования / А. В. Бережной, Е. Г. Дашевский // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. – 2010. – № 5. – С. 44–46.

Получено 11.11.2020

V. N. Galushko, I. L. Gromyko, S. I. Zaytsev. Increasing the reliability of transformers by means of comprehensive analysis of data of instrument measurement in inter-circular short circuits.

The methods of diagnostics and signs of the appearance of turn-to-turn short circuits in a single-phase transformer are considered. An integrated approach has been developed for detecting turn-to-turn short circuits in single-phase transformers. Instrumental accounting of data for determining turn-to-turn closures and mathematical regularities for diagnosing this malfunction are proposed.

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

УДК 624.21.02

А. А. ПОДДУБНЫЙ, кандидат физико-математических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, В. А. ГОРДОН, доктор технических наук, Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАЛОГАБАРИТНОГО СБОРНО-РАЗБОРНОГО МОСТОВОГО ПРОЛЕТА

Рассматривается разработка и изготовление малогабаритного сборно-разборного мостового пролета, предназначенного для быстрой установки пешеходных низководных мостов в труднодоступных местах, при чрезвычайных ситуациях и при ликвидации стихийных бедствий.

Введение. Создание быстровозводимых мостов сегодня является очень актуальной задачей. В Республике Беларусь и в других странах мира немало мест, где необходимо комфортное перемещение населения, а инженерно-геологические условия не позволяют этого сделать без огромных материальных затрат. В процессе выполнения государственной задачи и проведения научно-исследовательской работы шифр «Строения» был разработан и изготовлен малогабаритный сборно-разборный мостовой пролет. Это изобретение относится к области строительства, в частности, к мостам сборно-разборным, предназначенным для быстрой установки пешеходных низководных мостов в труднодоступных местах, при чрезвычайных ситуациях и при ликвидации стихийных бедствий. Основной задачей при его разработке являлось снижение трудоемкости монтажа мостового пролета, упрощение конструкции для уменьшения массы и количества деталей, снижение стоимости при изготовлении, сборке и эксплуатации.

Конструктивные особенности изготовления малогабаритного сборно-разборного мостового пролета (МСРМП). Составными частями МСРМП являются главные балки, пешеходный настил, перильное ограждение.

Малогабаритный сборно-разборный мостовой пролет состоит из двух главных балок (поз. 1 на рисунке 1 и поз. 2 на рисунке 2), изготовленные из профильной трубы по ГОСТ 30245–2003 сечением 120×80×5 мм длиной 6 м, марка стали не ниже С245 по ГОСТ 27772–1988.

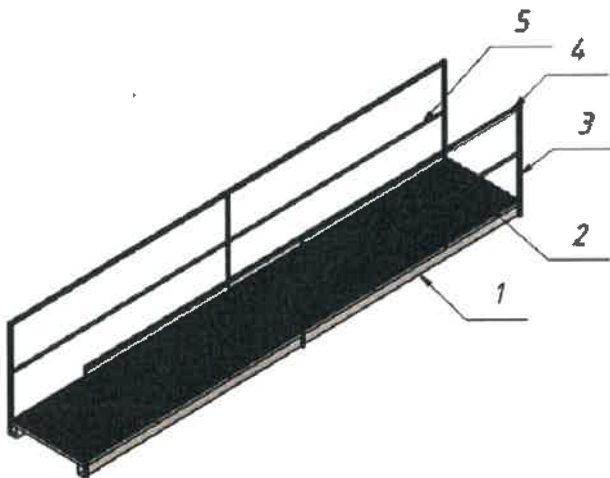


Рисунок 1 – Общий вид малогабаритного сборно-разборного мостового пролета

Пешеходный настил выполнен из уголков по ГОСТ 8509–993 поперечных и продольных связей сечением 40×40×4 мм и просечно-вытяжного листа ПВЛ 506 по ГОСТ 8706–1978, сечением 1,0×1,0 м (поз. 2 на рисунке 2), марки стали не ниже Ст3 по ГОСТ 380–2005.

Вид с торца

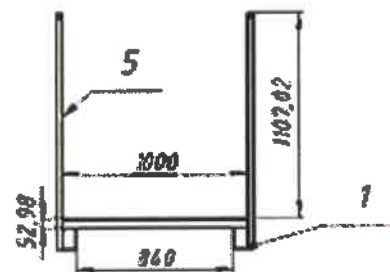


Рисунок 2 – Вид с торца малогабаритного сборно-разборного мостового пролета

Перильное ограждение выполнено из уголка по ГОСТ 8509–1993 сечением 30×30×3 мм, состоит:

- из стойки перил высотой 1,25 м (поз. 3 на рисунках 1, 3);
- перил длиной 6 м (поз. 4 на рисунках 1, 3);
- продольного усиления из полосы стали по ГОСТ 103–2006 сечением 30×4 мм, длиной 6 м (поз. 5 на рисунках 1–3) марки стали не ниже Ст3 по ГОСТ 380–2005.

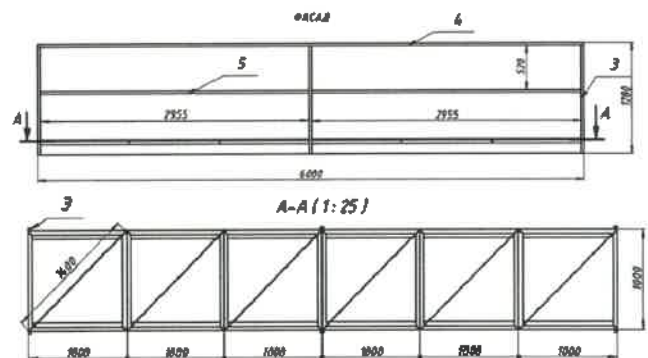


Рисунок 3 – Чертеж малогабаритного сборно-разборного мостового пролета

Изготовление малогабаритного сборно-разборного мостового пролета можно организовать как на предприятиях, так и в полевых условиях. При этом все его

элементы рассчитаны таким образом, что не составляет трудностей их перевозить любым видом транспорта, производить погрузочно-разгрузочные работы без использования специальной техники.

Особенности монтажа малогабаритного сборно-разборного мостового пролета (МСРМП). Монтаж элементов МСРМП необходимо производить на подготовленные опоры, устанавливаемые на различные виды фундамента.

В качестве основного несущего элемента МСРМП принимаются главные балки, которые выполнены из профильной трубы по ГОСТ 30245–2003 сечением $120 \times 80 \times 5$ мм длиной 6 м (поз. 1 на рисунке 1). Марка стали не ниже С245 по ГОСТ 27772–1988.

Уголки поперечных и продольных связей пешеходного настила крепятся к просечно-вытяжному листу ПВЛ 506 при помощи сварного шва по ГОСТ 5264–1980.

Пешеходный настил к главным балкам крепится при помощи сварного шва по ГОСТ 5264–1980 (рисунок 4).



Рисунок 4 – Установка главных балок и пешеходного настила

Перильное ограждение крепится к главным балкам при помощи сварного шва по ГОСТ 5264–1980. Элементы перильного ограждения крепятся между собой сварными швами по ГОСТ 5264–1980 (рисунок 5).



Рисунок 5 – Установка перильного ограждения

Использование малогабаритного сборно-разборного мостового пролета позволяет за счет минимального количества элементов составных частей снизить массу конструкции и трудоемкость монтажа (демонтажа) обо-

рудования, что дает возможность переносить элементы вручную и монтировать его в любом труднодоступном месте.

Расчет элементов малогабаритного сборно-разборного мостового пролета (МСРМП). Одной из важных проблем при проектировании является анализ чувствительности несущих конструкций к структурным перестройкам и повреждениям под нагрузкой при эксплуатации типа внезапно выключающихся связей, частичных разрушений, трещин, расслоений и т. д. Получение такой информации для реальных конструкций требует разработки специальных методов, так как данная проблема не может быть решена универсальным методом. С позиции строительной механики в этих задачах возникает необходимость расчета конструктивно-нелинейных конструкций, изменяющих расчетную схему под нагрузкой. Особо важным является учет внезапности образования дефекта. До возникновения дефекта напряженно-деформированное состояние конструкции определялось статическим воздействием нагрузки и реакции основания. При внезапном образовании повреждения или структурной перестройки моментально снижается общая жесткость несущей системы, нарушается статическое равновесие, и система приходит в движение, в ходе которого перераспределяются и растут деформации и внутренние силовые факторы. Такое динамическое догружение приводит к нарушению штатного функционирования конструкции – отказам, потере несущей способности, прогрессирующему разрушению.

Каждый элемент МСРМП был рассчитан под заданную нагрузку с заданным запасом прочности.

Рассмотрим пример прочностного расчета стальной балки из профильной трубы $120 \times 80 \times 5$ мм при прямом изгибе [1]. Балка нагружена сосредоточенными силами F и равномерно распределенной нагрузкой q .

Расчетная схема представлена на рисунке 6.

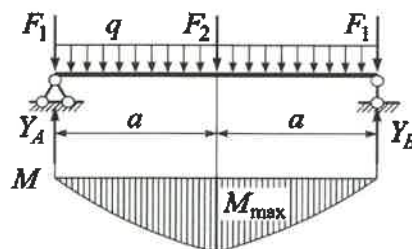


Рисунок 6 – Расчетная схема балки и эпюра максимального изгибающего момента (M_{\max})

Исходные данные:

- $a = 3,0$ м; $F_1 = 0,15$ кН (вес перильного ограждения);
- $F_2 = 4,1$ кН (вес трех человек, перильное ограждение);
- $q = 0,642$ кН/м (собственный вес балки $120 \times 80 \times 5$ мм длиной 6 м – $0,144$ кН/м; пешеходный настил: из уголков поперечных и продольных связей сечением $40 \times 40 \times 4$ мм – $0,06$ кН/м, просечно-вытяжного листа настила ПВЛ 506, сечением $1,0 \times 1,0$ м – $0,188$ кН/м; снеговая нагрузка – $0,25$ кН/м);
- $R = 210$ МПа (расчетное сопротивление стали балки при изгибе);
- $W_x = 58,84$ см³ (момент сопротивления балки $120 \times 80 \times 5$ мм из таблицы 2, ГОСТ 30245–2003).

Определение опорных реакций:

Для определения опорных реакций балки (Y_A , Y_B) составим уравнения равновесия сил, действующих на балку:

$$Y_A = Y_B = \frac{2F_1 + F_2 + qa}{2} =$$

$$= \frac{2 \cdot 0,15 + 4,1 + 3 \cdot 0,642 \cdot 3}{2} = 4,13 \text{ кН.}$$

Максимальный изгибающий момент

$$M_{\max}^{\text{теор}} = Y_A a - F_1 a + \frac{qa^2}{2} = 4,13 \cdot 3 - 0,15 \cdot 3 +$$

$$+ \frac{0,642 \cdot 3^2}{2} = 4,13 \text{ кНм.}$$

Максимальное нормальное напряжение

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}^{\text{теор}}}{W_x} = \frac{10 \cdot 10}{58,84 \cdot 10^3} = 170 \text{ МПа,}$$

где W_x – момент сопротивления по оси x , принят из исходных данных.

Выполняем проверочный расчет:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma],$$

где $[\sigma]$ – допускаемые нормальные напряжения.

Для строительных конструкций используются соответствующие расчетные сопротивления ($R = 210$ МПа).

$$170 \text{ МПа} < 210 \text{ МПа.}$$

Вывод – условия прочности выполняются.

Строительство производилось на структурно-неустойчивых грунтах, то есть изменяющих свою структуру под внешними влияниями, дающих просадку.

На несущую способность оснований горизонтально нагруженных фундаментов большое влияние оказывает материал, форма и размеры подземной части сваи (стержня), глубина погружения в грунт, характеристики грунта, величина, направления и место приложения горизонтальных сил и т. д.

Существующие до настоящего времени теоретические методы расчета сооружений, опирающихся на свайные основания, очень часто не совпадают с данными практических экспериментов. Численные результаты решения такого типа задач сильно отличаются между собой. Это объясняется главным образом слабой изученностью совместности работы конструкции и основания. Это может привести к разрушению недостаточно правильно рассчитанных конструкций и в дальнейшем больших финансовых затрат для устранения последствий катастроф. Как показал практический анализ возникающих катастроф, важную роль играет в расчетах решение нелинейных задач. В строительной механике физическая нелинейность – это отклонение от закона Гука, геометрическая нелинейность – это отказ от рассмотрения уравнений равновесия по недеформированному состоянию, конструктивная нелинейность – это учет изменения расчетной схемы в процессе деформирования. С учетом сказанного выше предлагается разработанная методика расчета частично погруженного стержня в упругие основания, с целью ее дальнейшей апробации, сравнения численных результатов с экспериментальными данными и последующего применения в расчетной практике.

Поэтому с целью увеличения живучести моста были произведены расчеты по специально разработанным методикам.

При расчете свайного фундамента была применена методика расчета критической силы сжатого стержня, частично опертого на упругое основание Винклера. Ре-

шив эту задачу, мы оценили величину «условной силы» в долях известной критической силы такого же, но свободного (без основания) стержня. Это позволило определить коэффициент, характеризующий данную систему «стержень – основание», обоснованно выбрать одну из трех функций прогибов (форм потери устойчивости) и далее определить критическую силу на базе этих функций и не допустить потерю устойчивости свайного фундамента. Подробно эта методика рассмотрена в работе [2].

Так как рассматриваемый мост построен на структурно-неустойчивых грунтах, была применена методика определения динамических догрузок стержня при внезапном изменении структуры упругого основания. Разработанная математическая модель процесса позволяет последовательно решить следующие задачи.

1 Определить статический прогиб и изгибающий момент в балке, опирающейся на упругое основание Пастернака в соответствии с граничными условиями, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой заданной интенсивности. Прогиб используется в дальнейшем как начальное условие динамического процесса (колебаний), возникающего после внезапного образования дефекта основания. Изгибающий момент используется для сравнения статических внутренних усилий в балке с динамическими в ходе колебаний.

2 Определить частоты и формы собственных изгибных колебаний балки, опирающейся на упругое основание Винклера.

3 Исследовать вынужденные изгибные колебания нагруженной балки на основании Винклера путем разложения нагрузки и статического прогиба, полученного еще на основании Пастернака, по формам собственных колебаний балки на основании Винклера. Таким образом, расчет вынужденных колебаний строится методом модалого разложения исходного состояния и нагрузки по методам нового состояния.

Для анализа перемещений и напряжений в балке при взаимодействии ее с упругим основанием во всех задачах используется метод начальных параметров в сочетании с векторно-матричным представлением состояния произвольных сечений балки.

Таким образом, была рассмотрена структурная перестройка системы «балка – основание», заключающаяся во внезапном преобразовании основания Пастернака в основание Винклера, то есть во внезапной утрате основанием свойства сдвиговой жесткости, и это привело к радикальному преобразованию напряженно-деформированного состояния балки:

- изгибающие моменты во всех сечениях стали знакопеременными;

- изменилось положение опасного сечения (для всех значений жесткостей опасным становится середина сечения $\xi = 0,5$);

- абсолютные значения изгибающих моментов значительно увеличиваются – при этом большей жесткости системы «балка – основание» соответствует большее относительное приращение динамического изгибающего момента к статическому значению.

Полученные результаты исследования показали существенные приращения напряжений и значительные изменения картины напряженно-деформированного состояния, вызванные внезапным изменением структуры и расчетной схемы рассмотренной модели «балка – основание». Подробно эта методика рассмотрена в работе [3].

Все проведенные расчеты в совокупности позволили принять правильное решение для определения элементов конструкций малогабаритного сборно-разборного мостового пролета с запасом прочности не менее 20 %.

Апробация результатов. В соответствии с требованиями заказчика был разработан малогабаритный сборно-разборный мостовой пролет (МСРМП) и выполнены следующие работы:

- все элементы МСРМП спроектированы и рассчитаны на заданную нагрузку;
- разработана техническая документация для изготовления МСРМП;
- изготовлено на заводе более 100 пог. м МСРМП;
- произведено строительство моста более 100 пог. м на структурно-неустойчивых грунтах;
- мост проходит испытание с учетом изменяющихся граничных условий его эксплуатации (рисунок 7).



Рисунок 7 – Эксплуатация моста на структурно-неустойчивых грунтах с применением малогабаритного сборно-разборного мостового пролета

Получено 31.03.2021

A. A. Poddubny, V. A. Gordon. Development and manufacture of a small-size collapsible bridge span.

The development and manufacture of a small-size collapsible bridge span designed for quick installation of pedestrian low-water bridges in hard-to-reach places, in emergency situations and in the elimination of natural disasters is considered.

Вывод. Разработка и изготовление малогабаритного сборно-разборного мостового пролета позволили за счет минимального количества элементов составных частей снизить массу конструкции и трудоемкость монтажа (демонтажа) оборудования, что дало возможность переносить элементы вручную и монтировать их в любом труднодоступном месте. А применение разработанных методик расчета позволило обоснованно принять правильное решение для определения элементов конструкций МСРМП с запасом прочности не менее 20 %. Построить мост на структурно-неустойчивых грунтах с высокой степенью надежности, в кратчайшие сроки и минимальными материальными затратами. По полученным результатам проводится научно-исследовательская работа, шифр – Строение. Подана заявка на регистрацию изобретения.

Список литературы

- 1 Старовойтов, Э. И. Механика материалов / Э. И. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 376 с.
- 2 Поддубный, А. А. Методика расчёта критической силы сжатого стержня, погруженного в упругое основание / А. А. Поддубный, В. А. Гордон // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2019. – № 1(38). – С. 49–52.
- 3 Poddubny A. Dynamic Loading of the Rod at a Sudden Change of Elastic Foundation Structure / A. Poddubny, V. Gordon // IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Vol. 1079, Chapter. Citation – 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1079 042076.

УДК 691.32 : 620.193/199

А. А. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАРБОНАТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ (ПОКАЗАТЕЛЯ КС) ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ ФРАКЦИИ БЕТОНА

Показана роль неразрушающего контроля в оценке качества основных параметров бетонных и железобетонных элементов и конструкций. Обоснована необходимость определения и оценки карбонатной составляющей бетона. По результатам многолетних исследований карбонизации бетона как сразу после изготовления, так и эксплуатируемых различные сроки в разных атмосферных условиях железобетонных элементов предложен экспресс-метод определения карбонатной составляющей цементно-песчаной фракции бетона. Приведены основные определения и общие положения экспресс-метода, подготовка к испытаниям и методика проведения испытаний.

Введение. Основной целью диагностики железобетонных элементов и конструкций строительных объектов является определение соответствия между их реальным техническим состоянием, фактической несущей способностью, эксплуатационной пригодностью и их расчетными схемами, архитектурно-строительными и другими нормативными требованиями современной эксплуатации. Сегодня она осуществляется с использованием различных средств измерений, действие которых основано на использовании разных методов неразрушающего контроля. Контролируются такие параметры и показатели, как прочность бетона на сжатие, толщина защитного слоя, дефекты и повреждения бетона, расположение стальной арматуры, диаметр стальной арматуры и степень ее коррозионных повреждений; влажность материалов; линейные и угловые размеры, отклонения элементов различных конструкций от горизонтали или вертикали и др. Для оценки их значений применяются различные приборы и оборудование, принцип действия которых основан на методах неразрушающего контроля [1].

Неразрушающий контроль (НК) – установление свойств и параметров объекта, при котором не должна быть нарушена его пригодность к использованию и эксплуатации. В соответствии с ГОСТ 18353 неразрушающий контроль подразделяют на десять видов в зависимости от физических явлений, положенных в его основу: электрический, тепловой, радиационный, вихретоковый, радиоволновый, оптический, акустический, проникающими веществами, виброакустический и магнитный. Каждый вид НК осуществляют методами, классифицируемыми по следующим признакам: характеру взаимодействия физических полей или веществ с контролируемым объектом; первичным информативным параметрам; способам получения первичной информации.

Современные методы НК позволяют с достаточной степенью точности оценивать основные параметры, определяющие несущую способность элементов и конструкций: прочность бетона на сжатие и степень коррозионных повреждений арматуры. Однако и прочностные характеристики бетона, и состояние стальной арматуры определяются внутренними процессами, которые происходят как в бетоне, так и в арматуре, в процессе эксплуатации не остаются постоянными и в зависимости от условий эксплуатации и степени агрессивности среды, под воздействием эксплуатационных нагрузок, изменяются в различной степени [2].

Важнейшими факторами, определяющими техническое состояние эксплуатирующихся железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК) являются коррозионные процессы в бетоне и стальной арматуре, являющиеся следствием воздействия агрессивных факторов внешней среды [3].

Основным видом коррозии бетона ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в различных воздушных средах, является карбонизация. Взаимодействие углекислого газа воздуха с гидроксидом кальция, составляющей основу поровой жидкости бетона, приводит к образованию пленки карбонатов в зоне реакции. В реальных условиях эксплуатации, периодическое изменение температуры и влажности вызывает изменение уровня раствора в поровой структуре бетона, причем в двух противоположных направлениях: при испарении влаги и при насыщении пор, нарушая сплошность пленки из-за возникающих деформаций. Происходит отложение карбонатов по периметру стенок пор, и интенсивность их накопления определяется в первую очередь эксплуатационными условиями [4].

По мере накопления карбонатов происходят структурные изменения цементного камня, приводящие к деградации бетона и снижению его защитных свойств по отношению к стальной арматуре, способствуя возникновению (в определенных условиях) и развитию коррозии стальной арматуры различной степени интенсивности. Интенсификация этих процессов в итоге приводит к потере несущей способности ЖБЭ (ЖБК) [4].

Для оценки карбонизации бетона в Республике Беларусь используют единственный нормативный документ в данной области – СТБ 1481–2011 «БЕТОНЫ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ. Методы определения содержания хлоридов и степени карбонизации» [5]. В данном документе приведена методика определения количества поглощенного углекислого газа, так как общепринято под степенью карбонизации бетона подразумевать количество поглощенного CO_2 . Безусловно, это не логично и, кроме того, ни в одной науке степень не определяется количеством. Также необходимо отметить, что анализ сложен, для определения количества поглощенного CO_2 используется значительная масса цементно-песчаной фракции бетона, которую невозможно отобрать без причинения ущерба ЖБЭ (ЖБК) [6].

Постановка задачи. Исследование карбонизации бетона необходимо выполнять на основе определения карбонатной составляющей (показателя КС), поскольку

именно он определяет количество образовавшегося карбоната кальция (CaCO_3) и его влияние на изменение показателя рН (водной вытяжки цементного камня), который в свою очередь является основной количественной характеристикой перерождения цементного камня в карбонаты или другие продукты химического взаимодействия под воздействием агрессивности среды, и универсальной характеристикой состояния бетона и его защитных свойств по отношению к стальной арматуре [6].

Основная часть. В НИЛ «Диагностика, испытание и исследование строительных материалов и конструкций» им. профессора И. А. Кудрявцева Белорусского государственного университета транспорта на основании многолетних исследований карбонизации бетона как в зоне расположения стальной арматуры, так и по сечению эксплуатируемых ЖБЭ [3, 4, 6, 8–10] для объективной оценки параметров карбонизации (карбонатной составляющей) разработан экспресс-метод определения карбонатной составляющей цементно-песчаной фракции бетона [7], представленный ниже.

1 Общие положения.

1.1 Термины и определения.

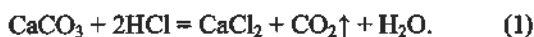
В экспресс-методе определения карбонатной составляющей в цементно-песчаной фракции бетона применены следующие термины с соответствующими определениями: единичная проба – проба бетона из обследуемого бетонного (железобетонного) элемента, конструкции, отбираемая в определенное время в одном месте, достаточная для проведения испытаний; лабораторная проба – часть смешанной пробы, подготовленная посредством гомогенизации и уменьшения и предназначенная для приготовления средней аналитической пробы; смешанная проба – гомогенная смесь измельченной единичной пробы бетона, отобранной в определенное время в одном месте из одной железобетонной конструкции; средняя аналитическая проба – проба бетона, приготовленная из лабораторной пробы и предназначенная непосредственно для испытаний; титрованный раствор – раствор, приготовленный из стандарт-титра.

Остальные термины и определения приняты в соответствии с действующими нормативными документами.

1.2 Методика определения.

Карбонатная составляющая бетона характеризует процентное содержание карбонатов кальция в цементно-песчаной фракции бетона.

Определение карбонатной составляющей бетона в соответствии с настоящим методом основано на растворении навески, отобранной из средней аналитической пробы бетона, в соляной кислоте и измерении объема выделяющегося при этом диоксида углерода в соответствии с реакцией



При проведении анализа пробы бетона массу навески в граммах определяют с точностью до 0,0001 г, объемы, измеряемые бюреткой, – в сантиметрах кубических с точностью до 0,05 см³.

Концентрацию растворов выражают:

- массовой долей, в процентах, численно равной массе вещества в граммах на 100 г раствора;
- молярной концентрацией вещества – эквивалента в молях на кубический дециметр раствора (Н);

– соотношением объемных частей, где первое число обозначает объемную часть концентрированной кислоты, второе – объемную часть воды.

2 Средства измерений, испытательное оборудование, реактивы и материалы.

2.1 Средства измерений.

Весы аналитические с ценой деления 0,0001 г, пределом взвешивания 200 г по ГОСТ 24104.

Весы лабораторные с ценой деления 0,01 и 1,0 г по ГОСТ 24104.

2.2 Испытательное оборудование.

Сушильный шкаф, обеспечивающий автоматическое регулирование температуры в диапазоне $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Сито с сеткой № 008 по ГОСТ 6613.

Прибор для определения степени карбонизации бетона (рисунок 1).

Пипетки по ГОСТ 29230.

Бюретки по ГОСТ 29251 II класса точности.

Колбы мерные с притертыми пробками вместимостью 100 см³, колбы круглодонные вместимостью 50 см³ и стеклянные воронки диаметром 9–10 см по ГОСТ 25336.

Цилиндры вместимостью 10 и 25 см³ по ГОСТ 1770.

Стеклянные стаканы для взвешивания с притертой крышкой.

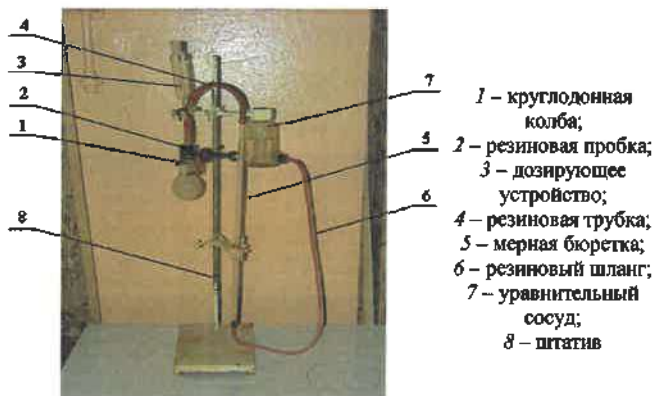


Рисунок 1 – Установка для определения карбонатной составляющей

2.3 Реактивы и материалы.

Кислота соляная (HCl) плотностью 1,19 г/см³ по ГОСТ 3118 и раствор соляной кислоты концентрацией 1:3.

Кислота соляная концентрацией HCl = 3 моль/дм³ (3Н).
Вода дистиллированная по ГОСТ 6709.

3 Испытания.

3.1 Условия испытаний.

При проведении испытаний внешние воздействующие факторы не должны превышать значений:

- температура воздуха – $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха – $(75 \pm 10)\%$.

3.2 Требования безопасности при проведении испытаний.

Лабораторные помещения, в которых выполняются испытания бетона, должны быть оборудованы вентиляционными системами по ГОСТ 12.4.021. При эксплуатации электроприборов, используемых в процессе анализа, должны выполняться требования электробезопасности согласно ГОСТ 12.1.019.

При применении в качестве реактивов токсичных (вредных) веществ следует руководствоваться требова-

ниями безопасности, изложенными в нормативных документах на эти реактивы. Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны должна соответствовать гигиеническим регламентам, установленным ГОСТ 12.1.005 и СанПиН № 11-19.

Периодичность контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны устанавливается в зависимости от их класса опасности в соответствии с п. 3.2.6 СанПиН № 11-19.

Определение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны выполняют по методикам, входящим в Перечень методик, утвержденный Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь и согласованный Госстандартом Республики Беларусь 10 сентября 2002 г.

При работе с вредными веществами должны быть соблюдены правила безопасности, действующие в химических лабораториях. При этом следует применять индивидуальные средства защиты (респираторы) по ГОСТ 12.4.011 или ГОСТ 12.4.028, резиновые перчатки по ГОСТ 12.4.103, одежду по ГОСТ 27652, ГОСТ 27654, ГОСТ 29057 и ГОСТ 29058.

3.3 Подготовка к испытаниям.

3.3.1 Приготовление реактивов.

Титрованный раствор соляной кислоты (3Н) готовят из стандарт-титра, для чего содержимое трех ампул кислоты переносят в мерную колбу вместимостью 100 см³ в следующем порядке:

- наружную поверхность ампул промывают дистиллированной водой;
- в мерную колбу вместимостью 100 см³ помещают воронку диаметром 9–10 см;
- держа ампулу над воронкой, с помощью стеклянного бойка пробивают отверстие в утонченном углублении ампулы, осторожно переворачивают ампулу, не вынося ее за пределы воронки, пробивают бойком отверстие в противоположном углублении и выливают содержимое ампулы через воронку в колбу;
- ампулу тщательно промывают изнутри через верхнее отверстие дистиллированной водой;
- для разбавления перенесенной кислоты добавляют в мерную колбу дистиллированную воду до 2/3 объема колбы;
- после полного растворения содержимого ампулы объем раствора в колбе доводят дистиллированной водой до метки, соответствующей объему, равному 100 см³, и тщательно перемешивают содержимое колбы.

3.3.2 Отбор образцов бетона и подготовка пробы.

Для определения карбонатной составляющей бетона используют среднюю аналитическую пробу бетона, приготовленную из образцов-кernов, отобранных по ГОСТ 28570 из эксплуатируемых бетонных и железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК) образцов-сколов, получаемых при определении прочности бетона конструкций по ГОСТ 22690, а также образцов, отобранных другими способами.

Для анализа отбирают пробы защитного слоя бетона в зоне расположения арматуры, а также порошки, получаемые выбуриванием по сечению ЖБЭ и ЖБК до глубины 100 мм и кубов сеч. 100×100×100 мм до глубины 50 мм.

Отбор образцов производят при проведении обследований ЖБЭ и ЖБК.

Предварительно бетонная поверхность должна быть тщательно очищена от всякого рода загрязнений, штукатурного слоя, краски и, при наличии, слоя ремонтного материала.

В отобранных образцах отделяют слой бетона толщиной ≈10 мм. Отделенные фрагменты защитного слоя объединяют в единичную пробу. Количество отбираемых единичных проб определяют в зависимости от вида и эксплуатационного состояния конструкций.

Перед проведением испытания единичную пробу бетона измельчают в фарфоровой ступке ударами, не растирая, и отделяют крупный заполнитель. Из измельченной единичной пробы бетона формируют смешанную пробу, которую квартованием сокращают до лабораторной пробы массой 10 ± 2 г.

Лабораторную пробу высушивают при температуре 105 ± 5 °С до влажности 1,5 ± 0,5 %, дополнительно измельчают в фарфоровой или агатовой ступке для отделения цементного камня от заполнителя и формируют из нее для анализа среднюю аналитическую пробу массой 0,5 ± 0,005 г путем просеивания через сито с сеткой № 01 по ГОСТ 6613.

Подготовленную среднюю аналитическую пробу хранят в стеклянном стакане для взвешивания с притертой крышечкой – для защиты от воздействия окружающей среды.

3.3.3 Проведение испытаний.

Перед отбором навески подготовленную среднюю аналитическую пробу бетона, помещенную в стеклянный стакан для взвешивания, гомогенизируют и высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 ± 5 °С до постоянной массы, после чего охлаждают в эксикаторе над хлоридом кальция.

Постоянство массы считается достигнутым, если разница между двумя последовательными взвешиваниями не превышает 0,0004 г. Если при повторном взвешивании масса навески увеличивается, то для расчета применяют массу, предшествующую ее увеличению. При этом первое взвешивание осуществляют через 1,5–2 ч.

Допускается проводить анализ из воздушно-сухой навески с последующим пересчетом на навеску, высушенную до постоянной массы (сухую). Массу сухой навески m , г, вычисляют по формуле

$$m = m_0(100 - W) / 100, \quad (2)$$

где m_0 – масса навески в воздушно-сухом состоянии, г; W – массовая доля влаги в навеске, определенная по ГОСТ 5382.

Из высушенной до постоянной массы (воздушно-сухой) средней аналитической пробы бетона отбирают навеску массой (0,5 ± 0,005 г).

Собирают прибор для определения карбонатной составляющей (КС) бетона (см. рисунок 1).

Уровень воды в мерной бюретке 5 устанавливают на нулевую отметку вертикальным перемещением уравнительного сосуда 7.

Навеску анализируемой пробы 0,5 г засыпают в круглодонную колбу 1 и закрывают резиновой пробкой 2.

Перекрывают кран дозатора 3 и заливают в него раствор соляной кислоты (3Н).

Перед подачей раствора соляной кислоты в круглодонную колбу 1 в ней создают небольшой вакуум опус-

канием уравнительного сосуда 7 на 5 см ниже начального уровня воды в мерной бюретке 5.

Открывая кран дозатора 3, подают раствор кислоты (3 см³) в колбу 1.

Измеряют объем газа, выделившегося в мерную бюретку 5, с точностью до 0,05 см³ при протекании реакции (1).

Из полученного значения объема вычитают объем залитой кислоты (3 см³).

Содержание карбонатной составляющей, %

$$КС = 0,16 \frac{P_p V_p}{m_n T}, \quad (3)$$

где P_p – парциальное давление газа, Па (мм рт. ст.); V_p – объем газа, выделяющегося при анализе, см³; m_n – масса навески анализируемой пробы, г; T – температура по шкале Кельвина; 0,16 – постоянный множитель, полученный приведением условий к нормальным.

Парциальное давление газа P_p рассчитывают по формуле

$$P_p = P_t - P_n - 0,125t', \quad (4)$$

где P_t – показания барометра в момент анализа, Па (мм рт. ст.); P_n – давление насыщенного водяного пара, Па (мм рт. ст.) в соответствии с таблицей 1; 0,125 t' – поправка на показания барометра для приведения их к нормальным условиям; t' – температура воздуха в помещении, °С.

За результат анализа принимают среднее арифметическое значение двух определений, выраженное в процентах с точностью до ±1 %.

Допустимое расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 2 %. При большем расхождении проводят повторное определение.

Таблица 1 – Давление насыщенного водяного пара

t , °С	P_n , мм рт. ст.	t , °С	P_n , мм рт. ст.	t , °С	P_n , мм рт. ст.	t , °С	P_n , мм рт. ст.	t , °С	P_n , мм рт. ст.
10	9,2	15	12,8	20	17,5	25	23,8	30	31,8
11	9,8	16	13,6	21	18,6	26	25,2	31	33,7
12	10,5	17	14,5	22	19,8	27	26,7	32	35,7
13	11,2	18	15,5	23	21,1	28	28,3	33	37,7
14	12,0	19	16,5	24	22,4	29	30,0	34	39,9

Настоящий экспресс-метод определения карбонатной составляющей цементно-песчаной фракции бетона обеспечивает получение результатов испытаний с точностью ±1 %, что является достаточным, так как при отборе для анализа образцов в порошкообразном состоянии ошибка может достигать 3 % за счет вероятностного характера распределения карбонизированного цементного камня в смеси с песком.

Граничные критерии полученных результатов и использование экспресс-метода приведены в [3].

Получено 10.03.2021

A. A. Vasilyev. Express method of determination of carbonate component (CC index) of cement-sand fraction of concrete.

The role of nondestructive testing in the quality assessment of the main parameters of concrete and reinforced concrete elements and structures is shown. The need to determine and evaluate the carbonate component of concrete is justified. According to the results of long-term studies of concrete carbonation, both immediately after manufacture and operating different terms in different atmosphere-spherical conditions of reinforced concrete elements, an express method of determining the carbonate component of the cement-sand fraction of concrete is proposed. The main definitions and general provisions of the express method, preparation for tests and the test procedure are given.

Заключение. Экспресс-метод определения карбонатной составляющей цементно-песчаной фракции бетона позволяет исследовать карбонизацию, практически не разрушая бетона ЖБЭ и ЖБК. Преимущество предлагаемого метода – в скорости проведения анализа при достаточной для практических целей точности.

На основании предлагаемого экспресс-метода определения карбонатной составляющей цементно-песчаной фракции бетона необходимо создавать нормативный документ либо вводить экспресс-метод в существующие нормативные документы, связанные с обследованием ЖБЭ (ЖБК) и диагностикой их технического состояния.

Список литературы

- 1 Васильев, А. А. Техническое обследование строительных объектов : учеб. (с электронным приложением) / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 429 с.
- 2 Васильев, А. А. Оценка и прогнозирование технического состояния железобетонных конструкций с учетом карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 215 с.
- 3 Васильев, А. А. Карбонизация бетона (оценка и прогнозирование) : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 303 с.
- 4 Васильев, А. А. Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 263 с.
- 5 СТБ 1481–2004. Бетоны конструкций мостовых сооружений. Метод определения степени карбонизации. – Введ. 2004-07-01. – Минск : М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2004. – 7 с.
- 6 Васильев, А. А. К вопросу объективности современной оценки и прогнозирования карбонизации бетона на основе индикаторного метода / А. А. Васильев // Вестник Брестского государственного технического университета. Строительство и архитектура. – 2020. – № 1. – С. 77–80.
- 7 Васильев, А. А. Экспресс-метод определения карбонатной составляющей цементно-песчаной фракции бетона / А. А. Васильев // Сб. статей XXII Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение». – 2019. – С. 29–34.
- 8 Васильев, А. А. Совершенствование оценки технического состояния железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в воздушных средах с учетом их коррозионного износа / А. А. Васильев // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2010. – № 6. – С. 17–23.
- 9 Васильев, А. А. Исследование различными методами распределения физико-химических показателей бетона по сечению железобетонных элементов / А. А. Васильев // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2020. – № 1 (40). – С. 51–53.
- 10 Васильев, А. А. Оценка и прогнозирование степени карбонизации бетона / А. А. Васильев // Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования : [монография] / под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. – Пенза : Наука и просвещение, 2018. – С. 148–158.

УДК 665.77

Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, И. С. ЛОХМАНКОВ, инженер, ГП «БЕЛГИПРОДОР», филиал Гомельский дорожный отдел

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО КАПСУЛИРОВАННОГО АСФАЛЬТОВЯЖУЩЕГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Рассматриваются теоретические основы технологического процесса приготовления и капсулирования комплексного асфальтовяжущего для производства горячих асфальтобетонных смесей непосредственно вблизи участка строительства, ремонта или реконструкции автомобильной дороги. Определены климатические и технологические факторы, влияющие на интенсивность процесса старения органического вяжущего в покрытии. Приведены рекомендации по интенсификации процесса перемешивания компонентов асфальтовяжущего с целью предотвращения образования микрокластеров. В двух вариантах представлена технологическая последовательность процесса капсулирования комплексного асфальтовяжущего. Отмечены потенциальные преимущества и недостатки технологии, выявлены сдерживающие факторы.

Введение. Теоретический срок службы цементобетонных покрытий составляет около 50 лет (до первого капитального ремонта), реальный 20–25 лет, асфальтобетонных – около 15 лет, реальный – 8–11 лет. Увеличение доли дорог с цементобетонным покрытием, наметившееся в 2014–2015 годах (в связи с модернизацией цементных заводов в 2008–2013 годах и насыщением внутреннего рынка отечественным цементом), идет достаточно медленными темпами, так как требует приобретения дорожно-строительными организациями не только бетоноукладочных комплексов, но еще и смесительных установок, а также вызывает необходимость переподготовки и повышения квалификации сотрудников. Соотношение между различными видами покрытий на республиканских и местных автомобильных дорогах согласно статистической информации, изложенной в проекте государственной программы «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы, представлено на рисунке 1.

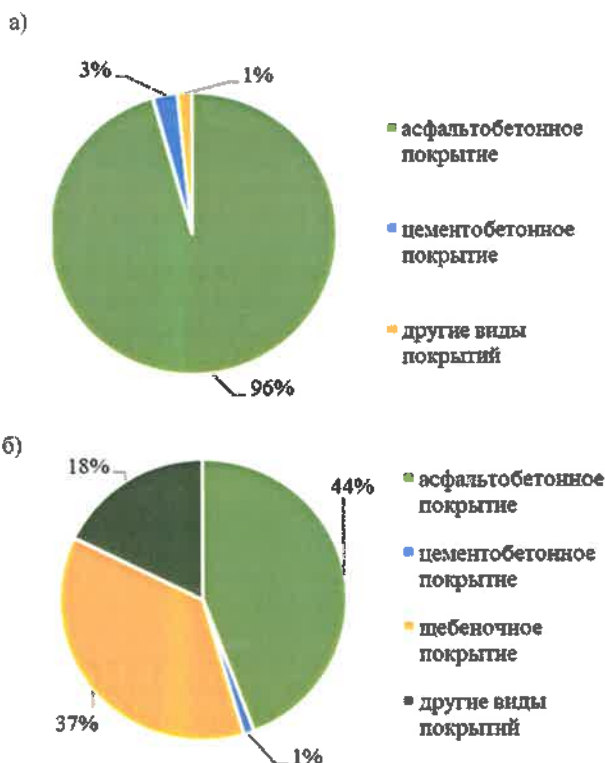


Рисунок 1 – Соотношение между различными видами покрытий на республиканских (а) и местных (б) дорогах

Доля автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием имеет наибольший вес как на республиканских, так и на местных дорогах. Поэтому проблемы увеличения сроков службы асфальтобетонных покрытий являются актуальными и подлежат исследованию. Повышение межремонтных сроков дорожных покрытий в Республике Беларусь носит комплексный характер, так как на продолжительность эксплуатации влияют: природа исходных компонентов дорожного композита (характеризует способность компонентов образовывать прочные связи), погодноклиматические факторы (определяют не зависящие от человека условия работы материала в покрытии), параметры технологических процессов (вливают на степень реализации потенциальных возможностей материала), характеристики транспортного потока и пр.

Постановка задачи. Основным компонентом асфальтобетона, характер работы которого определяет эксплуатационные свойства покрытия, является битум. Увеличение сроков службы асфальтобетонных покрытий возможно за счет обеспечения таких условий жизненного цикла дорожного покрытия (начиная от подбора материалов композита, далее на этапах приготовления смеси, её транспортировки, укладки, уплотнения и последующей эксплуатации готового покрытия), при которых воздействие внешних факторов не приведет к появлению напряжений в теле покрытия превышающих прочность внутренних связей с учетом изменений, происходящих в структуре самого материала.

Факторы, влияющие на срок службы дорожного покрытия. Автомобильные дороги Беларуси, средней полосы Российской Федерации и северной части Украины подвержены более интенсивному разрушению под действием погодноклиматических факторов по сравнению с дорогами равнинной части Западной Европы. В большей степени отличия обусловлены максимальной и минимальной температурами воздуха, числом переходов температуры воздуха через 0 °С, интенсивностью солнечного излучения, видом и интенсивностью осадков. Максимальные летние температуры воздуха в южных районах Республики Беларусь в последние годы стабильно приближаются к 40 °С, зимние могут опускаться ниже –20 °С. Асфальтобетонное покрытие в зависимости от показателя альбедо и интенсивности солнечного облучения летом может нагреваться до 60–70 °С. Таким образом, температурный интервал работы асфальтобетонного покрытия может превышать 80 °С.

Нормативным документом [1] для битумов марки БД 90/130, рекомендуемых к использованию в качестве вяжущего при приготовлении асфальтобетонов для верхних слоев покрытий, установлены следующие пороговые значения: температура размягчения по методу «кольцо и шар» – 43 °С, температура хрупкости – не выше –17 °С. На сегодня наиболее распространенным битумом для асфальтобетонных смесей, укладываемых в верхние слои покрытий, является битум марки 70/100, к которому предъявляются аналогичные требования. Однако в течение года температура окружающего воздуха и температура покрытия могут превышать предельные значения рабочего температурного интервала асфальтобетона. Летом это приводит к появлению пластических деформаций (колея, сдвиги, наплывы), зимой – хрупких (температурные трещины).

Температурный интервал работы асфальтобетонного покрытия с течением времени неизбежно уменьшается вследствие старения битума. Большинство исследователей сходятся во мнении, что, несмотря на чрезвычайно сложный, недостаточно однородный состав битумов, процессы последовательных превращений одних компонентов в другие являются относительно общими. Механизм этих явлений можно изобразить следующей схемой:

Углеводороды (минеральные масла) → Масла →
→ Смолы → Асфальтены → Карбоиды → Карбены

Со временем частота появления температурных трещин увеличивается, расстояние между ними уменьшается, что приводит к образованию сетки трещин.

В весенне-осенний период интенсивная транспортная нагрузка вызывает усталостное разрушение асфальтобетонных покрытий, которое развивается по двум схемам: восходящее трещинообразование и нисходящее трещинообразование. Наименее изученным является второй тип усталостных разрушений. При частотах нагружения асфальтобетонных покрытий порядка 50–100 Гц (такие частоты характерны для верхних слоев покрытий на дорогах с высокой интенсивностью движения) в верхних слоях покрытий не развиваются изгибающие деформации, так как время нагружения меньше времени релаксации асфальтобетона [2]. Компоненты асфальтобетона в таком случае совершают высокочастотные колебания, отличные друг от друга по фазе и амплитуде, что приводит к выкрашиванию компонентов с образованием трещин в местах появившихся пустот. Такой тип разрушения выводит на первый план не эластичные свойства битума, а в большей степени роль адгезии вяжущего к минеральному заполнителю.

Обеспечение высокой адгезии вяжущего к каменному заполнителю зависит от природы материалов фазы и среды. В Беларуси добывается щебень гранитный (относится к кислым породам) и базальтовый (относится к основным породам). Кислые породы имеют низкую адгезию к нефтяному битуму ввиду присутствия в составе более 60–70 % диоксида кремния (SiO_2). Базальт содержит 40–53 % SiO_2 . Это означает, что на поверхности зерен щебня отмечается слабый отрицательный заряд. Основные парамагнитные центры битума, имеющие положительный заряд, закрыты оболочкой из отрицательно заряженных элементов группового состава (смола) и по этой причине практически не взаимодействуют с отрицательно заряженными центрами поверх-

ности частиц минерального материала [3]. Для повышения адгезии сегодня чаще всего используют различные ПАВ. Это приводит к увеличению отпускной цены 1 т асфальтобетонной смеси.

Как уже было отмечено выше, в процессе эксплуатации битум стареет, однако на интенсивность этого процесса влияют не только погодные-климатические факторы. Нефтяной битум чувствителен к воздействию высоких технологических температур [4]. Процессы старения окисленного битума начинаются уже на стадии его приготовления и по мере увеличения количества этапов его обработки (транспортировка железнодорожным и (или) автодорожным транспортом, хранение с подогревом на асфальтобетонном заводе, подогрев для подачи в смеситель и пр.) сокращается срок эксплуатации асфальтобетонного покрытия. Лучшие показатели термоустойчивости наблюдаются у неокисленных (остаточных) битумов.

Увеличение продолжительности эксплуатации асфальтобетонных покрытий заключается в замедлении старения органического вяжущего на этапах приготовления и укладки асфальтобетонной смеси, период эксплуатации покрытия, а также в повышении адгезии органического вяжущего к щебню и песку.

Основы технологии капсулирования органического вяжущего. Возможность увеличения ресурса асфальтобетона при значительном сокращении затрат на его производство кроется в коренном преобразовании линии подготовки и подачи битума [5]. Суть идеи сводится к отказу от традиционного битумного хозяйства на асфальтобетонных заводах и приготовлению комплексного вяжущего (битум, минеральный порошок, добавки) централизованно – на крупных производственных предприятиях дорожной отрасли или нефтеперерабатывающих заводах. Появляется возможность модификации битума широким спектром различных добавок, снижаются риски технологического старения и энергозатраты асфальтобетонных заводов.

Технологию приготовления комплексного асфальтовяжущего можно разделить на 2 этапа: приготовление смеси и капсулирование. Смешение битума и минерального порока целесообразно производить в смесителях при непосредственном вибрационном воздействии. Вибрация разрушает микроагломераты, которые образуются за счет сил агрегирования мельчайших частиц минерального порошка. На практике использование подобной технологии позволило снизить потребность в битуме на 10 % и увеличить основные показатели физико-механических свойств. Совместное применение при приготовлении асфальтобетонных смесей ПАВ и вибрации уменьшает потребность в битуме до 35 % [6]. Однако основная задача вибрационного воздействия заключается в снижении вязкости вяжущего без изменения его химического состава. Адгезия битума к минеральному порошку из доломитовых пород при сохранении его в герметичных емкостях достаточна и чаще всего не требуется каких-либо кардинальных мер для ее повышения.

Технологический процесс капсулирования представляет собой последовательность операций по формированию оболочки (капсулы) вокруг элементарного объема вяжущего (рисунок 2). Возможны варианты капсулирования вязкого комплексного вяжущего и твердого измельченного вяжущего.

Вариант № 1
Технологическая последовательность
капсулирования вязкого комплексного
вяжущего



Вариант № 2
Технологическая последовательность
капсулирования твердого вяжущего



Рисунок 2 – Варианты технологии капсулирования органического вяжущего

Экструзия вязкого вяжущего представляет собой продавливание незначительно охлажденной массы через формовочное отверстие экструдера с одновременным нанесением оболочки. Охлаждение массы необходимо для повышения ее вязкости и придания устойчивой формы. На выходе из отверстия экструдера вяжущее заключается в оболочку. Гранулы с оболочкой охлаждаются, подвергаются вибрационному воздействию для разделения слипшихся элементов и отправляются на хранение. Оболочка выполняет несколько функций: препятствует слипанию гранул вяжущего, содержит модификаторы вяжущего (эластомеры, термоэластопласты), или вещество, способствующее снижению вязкости битума (например, техническая сера) при последующем приготовлении асфальтобетонной смеси. В Республике Беларусь для модификации битумов используются каучуки синтетические бутадиен-метилстирольный СКМС 30 АРКМ-15 и бутадиен-стирольный СКС-30АРКМ-15, а также бутадиен-стирольный СКС-30АРКППН и бутадиен-метилстирольный СКМС-30АРКПН [7]. В качестве термоэластопластов целесообразно использование тер-

мозластопластов бутадиен-стирольных ДСТ-30, ДСТ-30Р и ДСТ-РМ.

Капсулирование твердого вяжущего осуществляется при его измельчении. Порошок из асфальтовязущего получается при механическом дроблении сильно охлажденной смеси. Непосредственное сообщение механической энергии объему вяжущего вызовет его нагрев и последующее прилипание к стенкам дробильного устройства. При этом крупность помола влияет на скорость перехода из твердого состояния в жидкое при контакте с горячим каменным заполнителем в камере смешения. Состав оболочки капсулы выполняет функции, аналогичные функциям оболочки гранул. Заполнение капсулы порошком осуществляется в следующем порядке: ориентация капсулы, раскрытие, выявление бракованных капсул, наполнение порошком, сушка и запайка капсулы, отбраковка незаполненных или незакрытых капсул. Преимуществом такого способа является возможность наполнения капсулы иными порошкообразными материалами, которые могут повышать качество асфальтобетонных смесей или позволят решить

технологические задачи снижения вязкости и повышения адгезии.

Полученные капсулы подлежат хранению на закрытых складах с целью недопущения их контакта с неблагоприятными погодными факторами (осадки). Технология приготовления горячей асфальтобетонной смеси на капсулированном вяжущем имеет следующий порядок: нагрев минеральных материалов до температур 200–220 °С, подача в камеру смесителя нагретых песка и щебня и капсул вяжущего. Контакт с горячей поверхностью вызывает разрушение (расплавление) капсулы и запускает процесс перехода битума из твердого состояния в жидкое с одновременной реакцией с модификаторами.

Заключение. Описанный выше технологический процесс имеет свои достоинства и недостатки. Технология централизованного приготовления комплексного капсулированного асфальтовяжущего позволяет:

1) отказаться от использования битумного хозяйства на асфальтобетонных заводах и уменьшить затраты на производство асфальтобетонных смесей. Смешение комплексного вяжущего с горячим наполнителем будет происходить прямо в камере смесительной установки за счет контакта капсул вяжущего с горячей поверхностью наполнителя;

2) уменьшить число операций с битумом (спряженных с нагревом) в период от его производства на нефтеперерабатывающих заводах до непосредственного приготовления асфальтобетонных смесей. Это приведет к минимизации рисков температурной деформации и позволит замедлить старение;

3) сократить затраты на транспортировку асфальтобетонной смеси за счет её приготовления на упрощенных смесительных установках, расположенных непосредственно у объекта строительства или ремонта. Побочным положительным эффектом от расположения смесительных установок в непосредственной близости от строящегося участка дороги является возможность быстрой оптимизации процесса доставки смеси в зависимости от складывающихся условий производства работ (поломки дорожно-строительных машин, погодные условия), которая сегодня затруднительна при протяженном фронте работ и отдаленном расположении асфальтобетонных заводов.

К недостаткам технологии следует отнести необходимость увеличения температуры нагрева каменных материалов и поиск оптимального температурного интервала, нижняя граница которого позволяет быстро переводить битум из твердого состояния в жидкое, а верхняя граница не приводит к термическому разрушению битума и модификаторов.

Практическая реализация технологии комплексного капсулированного асфальтовяжущего сдерживается по следующим причинам.

Получено 16.02.2021

D. Yu. Aleksandrov, I. S. Lohmankov. Fundamentals of the technology of complex encapsulated asphalt binder in the production of asphalt concrete mixtures.

The theoretical foundations of the technological process of preparation and encapsulation of a complex asphalt-binder for the preparation of hot asphalt-concrete mixtures directly near the site of construction, repair or reconstruction of the highway are considered. The climatic and technological factors influencing the intensity of the aging process of the organic binder in the coating are determined. Recommendations are given for the intensification of the mixing process of asphalt binder components in order to prevent the formation of micro-clusters. The technological sequence of the encapsulation process of a complex asphalt binder is presented in two variants. The potential advantages of the technology are noted and the constraints are identified.

1 Отсутствие организованного, интенсивного и целенаправленного процесса научной деятельности в отрасли, включающей совместную работу над решением дорожных проблем не только ученых-дорожников, но и специалистов в области физики, химии, математики, машиностроения и т. д. Именно усиление межфазного взаимодействия вяжущего и минерального материала при меньших технологических температурах является ключом к раскрытию потенциальных возможностей технологии.

2 Необходимость разработки сложной установки для приготовления комплексного вяжущего с использованием вибрации и последующего капсулирования полученного материала, а также изменения технологических процессов на асфальтобетонных заводах, так как экономическая эффективность технологии комплексного капсулированного асфальтовяжущего зависит от степени охвата производителей асфальтобетонных смесей.

3 Необходимость переработки и увязки многочисленных технических нормативно-правовых актов, регламентирующих приготовление асфальтобетонных смесей и технологию их укладки. Большое количество обязательных к исполнению и связанных между собой требований нормативных документов не может быть изменено без участия основных проектных и научных институтов дорожной отрасли.

Список литературы

1 СТБ 1062–97 Битумы нефтяные для верхнего слоя дорожного покрытия. Технические условия = Бітумы нафтавыя для верхняга слоя дарожнага пакрыцця. Тэхнічныя ўмовы. – Введ. 01.07.97. – Минск : Минстройархитектуры, 1997. – 14 с.

2 Илиополов, С. К. Долговечность асфальтобетонных покрытий в условиях роста динамического воздействия транспортных средств / С. К. Илиополов, Е. В. Углова. – М. : Информавтодор, 2007. – 84 с.

3 Ковалев, Я. Н. Межфазные контакты в битумо-минеральных системах и их усиление / Я. Н. Ковалев // Наука и техника. – 2014. – № 5. – С. 3–9.

4 Устойчивость модифицированных вяжущих на основе окисленных и остаточных битумов к термодеструкции / М. А. Высоцкая [и др.] // Вестник СибАДИ. – 2017. – № 6 (58). – С. 140–147.

5 Ковалев, Я. Н. Активационные технологии дорожных композиционных материалов: Научно-практические основы : [монография] / Я. Н. Ковалев. – Минск : Белорусская Энциклопедия, 2002. – 334 с.

6 Ларина, Т. А. Двухступенчатая технология песчаного асфальтобетона / Т. А. Ларина. – М., 1989. – 21 с.

7 СТБ 1220–2020 Битумы модифицированные дорожные. Технические условия = Бітумы мадыфікаваныя дарожныя. Тэхнічныя ўмовы. – Взамен СТБ 1220–2009; введ. 01.04.21. – Минск : Госстандарт, 2020. – 15 с.

ЭКОНОМИКА

УДК 687.3:339.137.24

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

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ

Предложены методика и программа комплексной оценки качества и конкурентоспособности искусственного трикотажного меха с помощью компьютерного исследования, которые дали возможность определить интегральный показатель конкурентоспособности изделий и рассчитать его относительный уровень, т. е. установить экономическую эффективность производства ИТМ.

Введение. Экономика Республики Беларусь перешла на рыночные отношения, а рыночная экономика – это ориентация производства на удовлетворение потребностей потребителя, выпуск товаров, пользующихся спросом. При этом главное – изготовление и реализация высококачественной конкурентоспособной продукции.

Обеспечение выпуска высококачественной и конкурентоспособной продукции во всём мире рассматривается как важная проблема национальной экономики, от которой зависят темпы промышленного развития и национальный престиж страны.

В условиях развивающихся рыночных отношений в стране и стремления их к интеграции в мировую экономику решающее значение в производстве товаров приобретает повышение качества до мирового уровня. В условиях рынка ассортимент, качество и конкурентоспособность товара оценивает потребитель. Промышленность и торговля заинтересованы в комплексной оценке качества и конкурентоспособности продукции, позволяющей характеризовать динамику качества однотипных изделий, совершенствовать управление качеством продукции и одновременно проводить анализ

большого количества изделий по ряду показателей с целью определения конкурентоспособной продукции. Поэтому вопрос определения критериев оценки разрабатываемой и выпускаемой продукции приобретает особую актуальность. Основным показателем является конкурентоспособность продукции и возможность ее реализации по мировым ценам.

В мировой практике специалисты выделяют шесть основных показателей конкурентоспособности: качество, цена, возможность реализации, реклама, техническое обслуживание, экологическая чистота.

Изделие высокого качества характеризуется высоким уровнем потребительских свойств, низкими эксплуатационными расходами, безопасностью, экологической чистотой. Однако главным показателем качества и конкурентоспособности остается потребность. Отсюда следует, что основными составляющими конкурентоспособности товара являются его потребительские свойства и цена потребления, которая характеризуется затратами на приобретение и использование.

Методология прогнозирования конкурентоспособности [1] заключается в следующем (рисунок 1).



Рисунок 1 – Блок-схема автоматизированной системы оценки конкурентоспособности товара

Все свойства товара имеют свое численное измерение, т. е. характеризуются набором первичных показателей. Из их совокупности путем, например, факторного анализа надо сформулировать по обучающим выборкам ассоциации (интегральные показатели) каждого свойства. Это, в частности, позволит сузить совокупность первичных показателей. В результате каждый товар будет характеризоваться набором интегральных показателей, используемых в качестве координат многомерного вектора оценки конкурентоспособности товара. В пространстве этих показателей задаются две альтернативы (наихудшая и наилучшая). Для оценки прогнозирования уровня конкурентоспособности используется формула

$$y_k = \frac{D_-}{D_+ + D_-}, \quad (1)$$

где D_- , D_+ – расстояние от текущего признака-вектора до наилучшей и наилучшей соответственно альтернативы.

Введенный таким образом универсальный показатель конкурентоспособности учитывает все свойства товара.

На этой основе нами разработана методика оценки конкурентоспособности и безопасности искусственного трикотажного меха (ИТМ) по программе «Оценка», позволяющая свести воедино всю совокупность разработанных единичных показателей качества и охарактеризовать ее в целом, выразив безразмерной величиной.

Разрабатывая методику [2], следовали общему алгоритму определения комплексного показателя уровня конкурентоспособности, включающему следующие этапы: анализ рынка с целью выбора наиболее конкурентоспособного (базового) образца; определение номенклатуры потребительских свойств, характеризующих конкурентоспособность; анализ и выбор номенклатуры показателей, отражающих их значимость; измерение единичных показателей свойств; перевод единичных показателей в безразмерные; разработка оценочных шкал; определение коэффициентов весомости характеристик; формирование и расчет групповых комплексных показателей качества, объединение групповых показателей качества в комплексный обобщенный показатель; расчет интегрального и относительно показателей уровня конкурентоспособности.

Выбор базового образца для сравнения – самый ответственный момент в процессе оценки, так как ошибка может исказить результаты всей работы. При выборе базового образца следует учитывать следующие факторы: принадлежность к той же группе товаров, что и исследуемый; распространенность товара на данном рынке; предпочтительность этого вида товара покупателями.

Предметом исследования явился искусственный трикотажный мех шубного назначения Жлобинского ОАО «Белфа» 16 разновидностей, различных по составу, виду стрижки, цветовому колориту, рисункам и другим признакам (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели структуры искусственного трикотажного меха

Номер образца	Варианты меха	Смеска	Грунт	Класс машины	Высота ворса, мм	Ширина полотна, см
1	9С 384-Д41 рис. Ш-3 опытный	НМ-3С-30 % нитрон-С-20 % НМ-3М-50 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	14	16	151
2	9С 384-Д 41 рис. Ш-3 производственный	НМ-3С-30 % нитрон-С-20 % НМ-3М-50 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	10	16	148
3	9С 383-Д41 рис. Ш-41 опытный	нитрон-С-70 % НМ-3М-30 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	14	12	149
4	9С 383-Д41 рис. Ш-41 производственный	нитрон-С-70 % НМ-3М-30 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	10	11	146
5	9С 385-Д41 рис. Ш-11 опытный	НМ-3С-30 % НМ-3М-70 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	14	14	150
6	9С 385-Д41 рис. Ш-11 производственный	НМ-3С-30 % НМ-3М-70 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	10	15	150
7	9С 383-Д41 рис. Ш-19 опытный	нитрон-С,Д-50 % НМ-3М-50 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	14	15	149
8	9С 383-Д41 рис. Ш-19 производственный	нитрон-С,Д-50 % НМ-3М-50 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	10	16	147
9	9С 383-Д41 рис. Ш-19 опытный	нитрон-С,Д-50 % НМ-3М-50 %	п/э 12 текс × 2 КО	14	16	147
10	С 383-Д41 рис. Ш-19 производственный	нитрон-С,Д-50 % НМ-3М-50 %	п/э 12 текс × 2 КО	10	16	147
11	С 384-Д41 рис. Ш-44	нитрон Д-40 % НМ-3М-40 % НМ-3С-20 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	14	16	146

Окончание таблицы 1

Номер образца	Варианты меха	Смеска	Грунт	Класс машины	Высота ворса, мм	Ширина полотна, см
12	С 384-Д41 рис. Ш-44	нитрон Д-40 % НМ-3М-40 % НМ-3С-20 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	10	16	146
13	С 384-Д41 рис. Ш-16 опытный	нитрон С-40 % НМ-3С-20 % НМ-3М-40 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	14	16	146
14	С 384-Д41 рис. Ш-16 опытный	нитрон С-40 % НМ-3С-20 % НМ-3М-40 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	14	16	147
15	С 384-Д41 рис. Ш-16 опытный	нитрон С-40 % НМ-3С-20 % НМ-3М-40 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	14	15	149
16	С 384-Д41 рис. Ш-16 производственный	нитрон С-40 % НМ-3С-20 % НМ-3М-40 %	п/э 18,5 текс × 2 КО	10	15	147

Для определения номенклатуры показателей качества, конкурентоспособности ИТМ применяли социологический, экспертный и инструментальный методы.

На основании работ в области квалиметрии и современных представлений о выборе показателей качества, а также мнения потребителей составлена структурная схема свойств ИТМ по принципу иерархии [3].

По результатам социологического опроса потребителей, а также по заключениям экспертов и анализу ТНПА номенклатура потребительских свойств искусственного меха была разделена на четыре группы: эстетические, экономические, эргономические, надежности и безопасности [4].

Коэффициент весомости (M_i) свойства i рассчитывается по формуле

$$M_i = \frac{\sum_{j=1}^n R_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij}}, \quad (2)$$

где R_{ij} – ранг, присвоенный свойству i экспертами; n – количество свойств; m – количество экспертов.

Установлено, что наиболее значимыми свойствами, определяющими покупательную способность, являются эстетические и экономические.

Коэффициент весомости свойств M_i составил: эстетических – 0,35; экономических – 0,25; надежности – 0,18; эргономических – 0,12; безопасности – 0,10.

Расчет коэффициентов и согласованность экспертных оценок определяли по ГОСТ 23554.2–81 (коэффициент конкордации – 0,856).

Эстетические свойства ИТМ оценивали по совершенству имитации натурального меха, рисунку, структуре ворса, соответствию фактуры ворса и цвета, блеску, цвету, текстуре поверхности, драпируемости, пышности, застывлости, рассыпчатости ворса, распрямленности концов волокон.

Экономические свойства ИТМ характеризовали реализуемостью, себестоимостью, энергоемкостью, рентабельностью, материалоемкостью, удобством раскроя и его сборки.

Из группы свойств надежности ИТМ оценивали следующие показатели: массу слабозакрепленных волокон; устойчивость к сваливанию, истиранию; стойкость окраски к «сухому» и «мокрому» трению; отно-

сительное удлинение по длине и ширине, остаточную деформацию, несминаемость.

Из группы свойств безопасности оценивали огнестойкость и удельное поверхностное электрическое сопротивление.

В группе эргономических свойств оценивали: массу 1 м², массу ворсового покрова, туше, жесткость, воздухопроницаемость, паропроницаемость, толщину.

Показатели эргономических свойств, надежности и безопасности определяли инструментальными методами. Эстетические и экономические свойства, значения единичных показателей, которые нельзя получить экспериментально, определяли методом экспертной оценки по десятибалльной шкале.

По стандартным методикам оценивали физико-механические характеристики, массу 1 м², массу ворсового покрова, массу слабозакрепленных волокон, электризуемость, огнестойкость, устойчивость к сваливанию и истиранию, устойчивость к «сухому» и «мокрому» трению, относительное удлинение по длине и ширине и др. [1; 2].

За базовый образец принят ИТМ арт. НТ-20 (Япония).

Он имеет хорошие физико-механические показатели: несминаемость – 91 %, коэффициент сваливания – 34 %, масса слабозакрепленных волокон – 1,2 г/м². Показатели свойств ворсового покрова этого ИТМ – однородности ворса по длине, распрямленность ворса, застывлость, рассыпчатость, блеск и туше – также высоки.

Методика оценки уровня конкурентоспособности продукции, состоит в следующем.

На первом этапе сравнивают показатели оценок экспериментального образца с показателями базового по формулам

$$q_i^n = \frac{P_i}{P_6} \quad \text{и} \quad q_i^m = \frac{P_6}{P_i}, \quad (3)$$

где P_i и P_6 – фактический и базовый показатели ИТМ по i -му свойству.

Комплексные групповые показатели качества K_i (эстетические, экономические, надежности и эргономические) рассчитываются по формуле

$$K_i = M_i Q_i, \quad (4)$$

где M_i – коэффициент весомости i -го показателя;
 Q_i – значение оценки i -го относительного показателя.

Комплексный обобщенный показатель качества определяли по формуле

$$K_{об} = \sum_{i=1}^n q_i M_i, \quad (5)$$

где q_i – относительный показатель; M_i – коэффициент весомости.

Интегральный показатель конкурентоспособности (K_n) рассчитывали как отношение $K_{об}$ к цене потребления (C), т. е. к затратам на приобретение и использование продукции по формуле

$$K_n = \frac{K_{об}}{C}. \quad (6)$$

Предложенная формула является условием конкурентоспособности товара в самом общем виде, ее можно проверить лишь в процессе сравнения с базовым образцом. Если в числителе стоит интегральный показатель конкурентоспособности K_n экспериментального товара, а в знаменателе – $K_{нб}$ базового товара, то получаем значение относительного уровня конкурентоспособности:

$$K = \frac{K_n}{K_{нб}}. \quad (7)$$

Если $K > 1$, экспериментальный товар превосходит по конкурентоспособности базовый, если $K = 1$, то он находится на одном уровне с базовым. При $K < 1$, экспериментальный товар уступает базовому образцу товара, и следовательно, его требуется усовершенствовать или снять с производства.

Таким образом, конкурентоспособный товар – это такой товар, который на единицу своей стоимости (цены) удовлетворяет потребности на более высоком уровне, чем другие конкурирующие товары.

По результатам экспериментальной оценки 17 образцов ИТМ установлено, что у 8 образцов: арт 9С 202-Д41 рис. Н-94г; 9С 204-Д41 рис. С-68; 9С 384-Д41 рис. Ш-3; 9С 385-Д41 рис. Ш-11; 9С 383-Д41 рис. Ш-41; 9С 384-Д41 рис. Ш-44; 9С 384-Д41 рис. Ш-16 и 9С 383-Д41 рис. Ш-19 конкурентоспособность находится на одном уровне с базовым $K = 1 - 0,91$, в основном, за счет более низкой цены 1 м² меха (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели строения искусственного трикотажного меха

Но- мер об- разца	Вариант меха	Плотность грунта на 2,5 см		Коли- чество пуч- ков в 1 см ²	Густота ворса, число волокон на 1 см ²	Количество волокон в пучке		Доля пуха в пучке, %	Длина ворса, мм		Соотно- шение вы- соты под- пушка к ости, %	Длина распрям- ленной части во- локна, мм	Доля рас- прямлен- ной части от высоты ворса, %	Угол наклона ворса, град
		Рв	Рг			ость	пух		ость	пух				
1	Базовый образец НТ-20 (Япония)	42	36	58	2560	14	26	65,0	17	9	52,9	10,0	58,8	77,1
2	9С 202-Д41 рис. Н-94	50	25	45	4100	27	49	64,5	21	11	52,4	6,7	31,9	73,2
3	9С 204-Д41 рис. С-68	46	24	43	3900	18	44	71,0	15	9	60,0	7,2	48,0	69,0
4	9С 142-Д41 рис. Ж-2	45	25	45	3870	15	60	80,0	16	11	68,7	6,5	40,6	56,0
5	9С 207-Д41 рис. Ш-2	44	24	44	3958	13	58	81,7	15	12	80,0	5,9	39,3	59,5
6	9С 209-Д41 рис. Ш-9	47	25	48	4100	20	39	66,1	16	10	62,5	6,8	42,5	69,5
7	9С 384-Д41 рис. Ш-3	44	35	56	3250	27	27	50,0	17	10	58,8	9,0	59,2	74,8
8	9С 385-Д41 рис. Ш-11	40	38	54	3250	18	20	52,6	14	8	57,1	9	64,3	70
9	9С 385-Д41 рис. Ш-11	38	34	48	2960	15	25	62,5	15	9	60,5	8	53,3	62,1
10	9С 383-Д41 Ш-41	44	38	49	3020	19	23	54,8	11	6	54,5	7	63,6	71,0
11	9С 383-Д41 Ш-42 производ- ственный	45	45	50	3450	16	30	65,2	12	5	41,6	6	50,0	68,2
12	9С 384-Д41 рис. Ш-44 опытный	44	38	51	2800	18	25	58,1	16	7	43,8	11	68,8	70,2
13	9С 384-Д41 рис. Ш-45	40	36	49	2600	16	20	55,6	16	8	50,0	10	62,5	65,8
14	9С 384-Д41 Ш-16	50	44	52	3200	18	27	60,0	16	9	56,2	11	68,75	72,1
15	9С 384-Д41 Ш-17	54	52	51	3000	20	30	60,0	15	8	53,3	9	60,0	69,2
16	9С 383-Д41 Ш-19 опытный	44	40	54	3420	19	24	55,8	15	8	53,3	10	66,7	73,4
17	9С 383-Д41 Ш-20	46	38	55	3150	20	26	56,5	16	7	43,7	10	62,5	68,9

Установлено, что на уровень конкурентоспособности одежного ИТМ особое влияние оказывают следующие показатели: цветовой колорит, вид стрижки, блеск, фактура, рисунок, устойчивость к сваливанию и истиранию, удлинение при растяжении, электризуемость и огнестойкость, повышенная масса, масса слабозакрепленных волокон, реализуемость.

В результате расчета относительного показателя уровня конкурентоспособности даны рекомендации Жлобинскому ОАО «Белфа» по оптимальной структуре ассортимента ИТМ, показана необходимость совершенствования следующих показателей: структуры ворса, безопасности использования, электризуемости, массы, износостойкости, экономических показателей и колористического оформления.

Применение предложенной методики на Жлобинском ОАО «Белфа» позволило оптимизировать выпуск промышленного ассортимента искусственного трикотажного меха и получить значительный экономический эффект.

Заключение. Удовлетворение потребительского спроса и рентабельность работы предприятий невозможны без разработки эффективных, научно обоснованных

методик оценки конкурентоспособности и безопасности продукции, учитывающих не только многообразие материаловедческих свойств товаров, но и изменяющиеся требования их потенциальных потребителей.

Список литературы

1 Методология товароведных экспертиз непродовольственных товаров : [монография] / В. Е. Сыцко [и др.] ; под общ. ред. д-ра техн. наук, профессора В. Е. Сыцко. – Гомель : БТЭУ ПК, 2017. – 228 с.

2 Экспресс-методики идентификации и установление подлинности непродовольственных товаров : [монография] / В. Е. Сыцко [и др.] ; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В. Е. Сыцко и канд. экон. наук Л. В. Целиковой. – Гомель : БТЭУ ПК, 2019. – 264 с.

3 Основы стандартизации и сертификации товарной продукции : учеб. пособие / В. Е. Сыцко [и др.] ; под общ. ред. В. Е. Сыцко. – Минск : Выш. шк., 2007. – 176 с.

4 Товароведение. Одежно-обувные товары : учеб. пособие / В. Е. Сыцко [и др.] ; под общ. ред. В. Е. Сыцко. – Минск : Выш. шк., 2016. – 318 с.

Получено 17.04.2021

Sytsko V. E. Development of a methodology for assessing the competitiveness and safety of products.

The proposed methodology and program for a comprehensive assessment of the quality and competitiveness of artificial tricot fur using computer research made it possible to determine the integral indicator of the competitiveness of products and calculate its relative level, i.e., to establish the economic efficiency of ITM production.

ПОДГОТОВКА КАДРОВ

УДК 378.245.2

*А. К. ГОЛОВНИЧ, доктор технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель***СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ПРИЗНАКОВ
ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Рассматривается возможность формулировки различных признаков общей характеристики диссертации (актуальности проблемы, задач исследования, научной новизны, выносимых на защиту положений и др.) с конкретным смысловым содержанием без повторов и дублирования. Определение критериев детерминации характеризующих признаков позволяет разделить последние семантически, а логико-лингвистические правила могут способствовать разработке корректных формулировок различных позиций общей характеристики работы. Предложенные в статье правила носят иллюстративный характер, способный формировать смысловое поле признаков диссертационных работ определенных узкопрофильных специальностей. Эти характеризующие признаки связываются с отдельными этапами работы над диссертацией, определяя целостную структуру взаимодополняемых характеристик.

Введение. В соответствии с требованиями пояснительная записка диссертации должна содержать предваряющий раздел «Общая характеристика работы». Пункты данного раздела включают многочисленные материалы по связи диссертации с научными программами, личному вкладу соискателя, степени и характеру опубликованности результатов, структуре и объему работы. Как правило, соискатели правильно оценивают важность таких позиций, как определение цели и объекта исследования, научной новизны, актуальности (иногда являющейся частью введения или полностью замещающей введение), положений, выносимых на защиту. Однако из-за отсутствия определенных требований к перечню и содержанию характеризующих признаков в общей характеристике некоторых диссертаций можно встретить и другие пункты: «Степень разработанности темы исследования», «Область исследования», «Методология исследования», «Теоретическое значение диссертационного исследования», «Реализация и внедрение диссертационной работы» и др. Наряду с этим иногда не определяются некоторые важные позиции. Например, могут отсутствовать определения предмета и используемых методов исследования; задачи и положения, выносимые на защиту, могут быть близки по смыслу, а иногда частично или полностью повторять друг друга. При этом содержательно к ним могут примыкать и полученные выводы, которые формулируются как простое линейное обобщение решенных задач и выдвигаемых на защиту положений.

Тем не менее все эти позиции должны иметь свое индивидуальное смысловое поле и характеризовать определенные стороны диссертации, которые позволят в дальнейшем всесторонне оценить и квалифицировать выполненную работу как научную на различных этапах экспертизы, защиты и утверждения. Поэтому важно определить критерии, следуя которым представится возможным однозначно фиксировать строго определенную последовательность характеризующих признаков диссертации с их конкретным, информативным и непесекающимся содержанием.

Структура характеризующих признаков. Возможно, достаточно продуктивным приемом, позволяющим логично обосновать состав характеризующих признаков диссертационной работы, может стать связь с

этапами работы аспиранта или соискателя над диссертацией. Начало работы связывается с постановкой задачи. Предлагается терминологически определять этот начальный этап как «Постановку проблемы», чтобы в дальнейшем избежать двусмысленности при трактовке последующих задач исследования. Несмотря на определенное семантическое различие понятий «Постановка задачи» и «Постановка проблемы», последнее позволит конкретизировать суть возникших несоответствий потребностей практики с достигнутым существующим уровнем теоретических знаний в данной области.

Из постановки проблемы следуют задачи, которые требуется разрешить, чтобы поставленная проблема перестала быть таковой. Так как для прикладных исследований определенная проблема порождается практикой, то важно оценить актуальность данной проблемы. Она существует постольку, поскольку инициирована практикой.

Возникшую проблему можно разрешить частично или полностью различными способами, в том числе и технологическими приемами рационализаторского уровня, которые могут не иметь связи с научными исследованиями. Поэтому важно инициировать только такие проблемы и решать их такими способами, которые приведут к возникновению новых знаний в данной предметной области.

В процессе дальнейших исследований соискатель при проведении экспериментов или расчетным путем обнаруживает и устанавливает определенные связи, закономерности, особенности во взаимодействии объектов и в динамике процессов. Получаемые таким образом сведения становятся основой для положений, выносимых на защиту. На завершающих этапах диссертационной работы формулируются результаты и определяется их значимость.

Указанные позиции в полном объеме характеризуют выполненную работу, позволяя оценивать ее как научную. Связь с этапами работы над диссертацией определяет последовательность и структуру характеризующих признаков, включая ряд оценочных конкретизирующих положений (название диссертации, объект, предмет, методы и цели исследования, верификация результатов). Эти признаки часто рассматриваются в качестве само-

стоятельных квалифицирующих маркеров полноты и состоятельности диссертации как научной работы. Об-

щая структура характеризующих позиций представлена на рисунке 1.

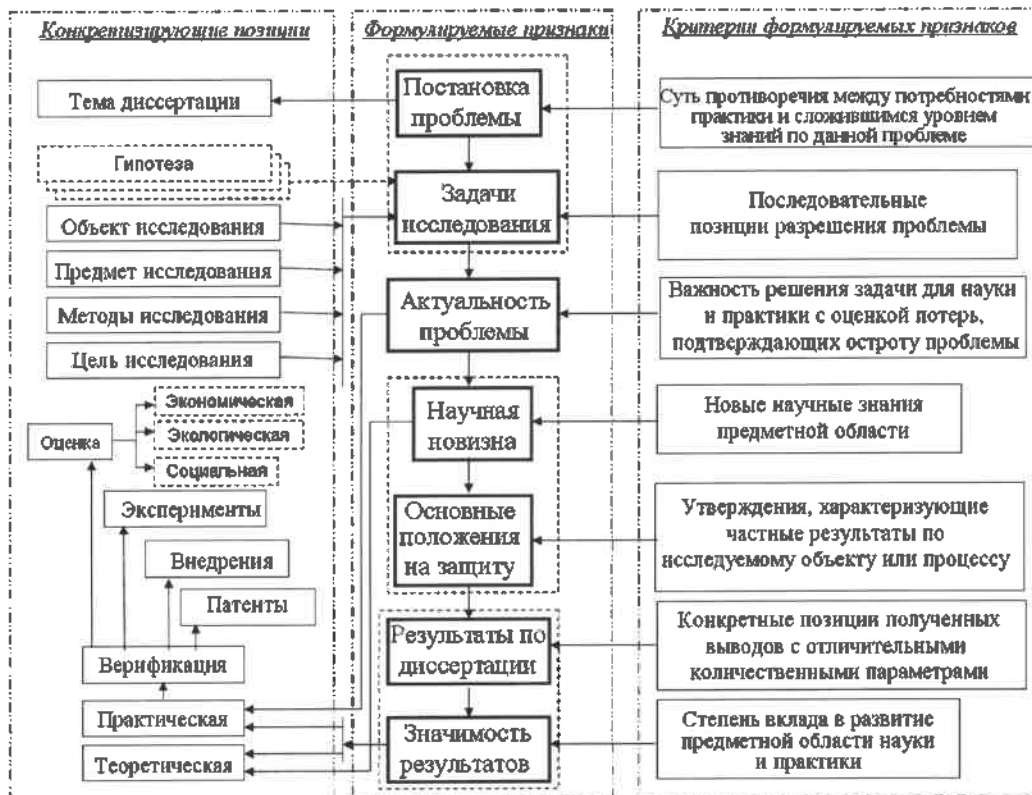


Рисунок 1 – Характеризующие признаки и их структура

Предлагается определить семантическое поле каждой характеризующей позиции и некоторые общие правила, следуя которым можно сформулировать эти позиции.

Постановка проблемы – выявление возникших практических сложностей, приводящих к негативным последствиям, производственным потерям или неэффективному выполнению некоторого процесса по причинам несовершенства или отсутствия методик, неизученности связей с другими объектами или процессами и др. Сформулированная таким образом проблема позволяет определить тему диссертации.

Пример возможного правила для формулировки постановки проблемы:

конкретная проблемная ситуация **A** на производстве, приводящая к техническим, технологическим или иным потерям **B** на объектах **C**.

Пример возможного правила формулировки темы диссертации:

обоснование системы эффективных мер по минимизации потерь **B** на объектах **C** с применением **D**.

Задачи исследования определяются планом работы над диссертацией. Дополняющим и достаточно важным элементом для формулировки задач может стать гипотеза, которая рассматривается как предположение, ожидаемая закономерность, способная дать решение проблемы, но требующая от исследователя обоснования и доказательства своей истинности. Гипотеза для соискателя служит теоретическим положением, ориентирующим развитие исследования в конкретном направлении и акцентирующим внимание на ключевых позициях проблемы. Независимо от того, подтверждается или

опровергается гипотеза, она способствует расширению знаний в данной предметной области. Однако если гипотеза не подтверждается, то особо ценным для работы как научной является генерация на ее основе новой, продуктивной гипотезы, обеспечивающей проведение дальнейших исследований более совершенным, более мощным потенциалом. Если исходная гипотеза опровергается, не приводя к развивающей новой, то полученные результаты работы для подтверждения соответствия диссертации нужному уровню, по-видимому, требуют повышенного внимания со стороны экспертизы.

Задачи исследования – это последовательные позиции алгоритма разрешения проблемы. Ключевыми словами, в достаточно полном объеме характеризующими задачи исследования, являются:

- «изучить»,
- «провести»,
- «выполнить»,
- «сформировать»,
- «определить»,
- «разработать».

Использование этих слов в предлагаемом порядке задач соответствует этапам работы над диссертацией (сначала *изучить* существующий уровень практического опыта и теоретических знаний в исследуемой предметной области, затем *провести* и *выполнить* определенную работу, которая становится более ясной и понятной после ознакомления и глубокого изучения достигнутого уровня, и затем получить результат – *сформировать* новые подходы, *определить* параметры, *разработать* методики).

Конкретизирующими позициями задач исследования являются определения:

- объекта исследования (на что направлена работа);
- предмета исследования (модифицируемое или новое свойство объекта исследования, способное помочь в решении проблемы);
- методов исследования (теоретические и практические инструментальные средства анализа, обработки информации и получения результатов);
- цели исследования (формулировка, симметричная постановке проблемы, но разрешающая возникший конфликт благодаря заявленному предмету исследования).

Пример возможных правил для формулировки задач исследования.

1 Изучить отечественный и зарубежный уровень достигнутых знаний **SP** предметной области в решении (частичном решении, постановке проблемы) **A** с использованием задачи **D** или ей подобных **D'**.

2 Провести анализ **F** оценки эффективности существующей технологии **VV**, не способной работать в эффективном режиме из-за проблемы **A**.

3 Изучить следствия **E**, порождаемые проблемой **A** для объектов **C**.

4 Выполнить расчеты **G**, подтверждающие целесообразность использования результатов решения **D** как меры разрешения **A** и исключающих **B**.

5 Определить значимые признаки целесообразного использования **D**.

6 Разработать алгоритм реализации **D** для информационного обеспечения технологического процесса.

7 Разработать методику **H** эффективной работы производства **OL** при использовании полученных результатов задачи **D**.

Пример возможного правила для формулировки цели исследования.

Разработка системы мер **H**, направленных на исключение **B** с использованием **D**.

Актуальность проблемы определяется важностью ее решения для практики или науки. Поэтому необходимо приводить определенную оценку потерь, желательного количественного характера, подтверждающую остроту проблемы на предприятиях, в организациях реального сектора экономики в настоящее время.

Пример возможного правила для формулировки актуальности исследования.

Потери **B** на объектах **C** имеют негативные последствия **K**, для экономики региона. За t -й год из-за проблемы **A**, приводящей к замедлению технологических процессов **UH** на объектах **C**, потери составили N рублей. Проведенный анализ показывает, что в $(t + 1)$ -м году сохраняется тенденция к усилению влияния нерешенной проблемы **A** в общей структуре всех непроизводительных потерь предприятий региона. Из-за увеличения объемов работы предприятий ожидаемые потери региона в этом году могут составить M рублей.

Актуальность должна формулироваться как обособленная позиция общей характеристики работы и не должна являться введением пояснительной записки и автореферата. Количественная оценка потерь из-за существования данной проблемы представляется как важное условие обоснования актуальности, наличия реальной проблемы, приводящей к конкретным непроизводительным потерям. Чем масштабнее и значительнее влия-

ние этой проблемы на эффективность производства, тем убедительнее мотивы ее решения. Конкретно очерченная актуальность выражается в потерях реального сектора экономики из-за негативного влияния данной проблемы, которые могут оказаться и незначительными, что прямо укажет на несостоятельность проведения исследований в указанном направлении. Однако вопрос остается открытым для проблем, составляющих значительный научный интерес. С другой стороны, насколько критериально низкими должны быть пороги научной и практической значимости проблемы, чтобы определять ее как неперспективную?

Научная новизна отмечает достигаемое расширение знаний в конкретной предметной области благодаря полученным результатам диссертационной работы. Формулируемая научная новизна проблематики, по-видимому, не должна быть шире области предполагаемого достигаемых результатов, и все выводы в дальнейшем должны быть связаны непосредственно с проблемным сегментом исследований, где получены новые научные результаты. Научная новизна должна конкретно определять новые предметные знания, полученные автором с наличием признаков, отличающих достигаемый уровень от существующего положения. При этом должно быть четко определено, какие известные знания предметной области дополняются новыми результатами, подтвержденными апробированием и внедрением в практику. Новые научные знания определяются в поле фиксированных позиций лучшего понимания объективных физических процессов механических систем, совершенствования технологических процессов человеко-машинных систем и др. С другой стороны, могут быть получены новые знания, не имеющие прямых связей с достигнутым уровнем, и открывающие перспективные научные направления, которые должны квалифицироваться должным образом.

Пример возможного правила для формулировки научной новизны:

– методики **H**, с избирательными областями своего использования, зависящими от значимого внешнего окружения **L** объектов **C**, особенностей технологических режимов **M** работы технической системы;

– эмпирических зависимостей **Q** от **R** и **S** от **U** с закрытыми областями функционирования, подтвержденными адекватным сопоставлением с соответствующими множествами натуральных репрезентативных данных $\hat{A}(Q, R)$ и $\hat{E}(S, U)$.

Положения, выносимые на защиту – ряд утверждений, в своей основе имеющих предмет, объект или процесс, создаваемые или модифицируемые автором, обладающие одним или несколькими отличительными количественными признаками, позволяющими в дальнейшем систематизировать и сформулировать результаты работы, оценить их значимость, уровень научной новизны диссертации в целом. Так как на защиту выносятся завершённое исследование, то в основе соответствующих положений также должны быть позиции определенных выводов, неизвестных в предметной области до настоящего времени.

Принципиальные отличия задач исследования от положений, выносимых на защиту:

– в задачах отмечается, что нужно сделать, чтобы решить поставленную проблему, а в положениях указывается, что получено в процессе проведенного исследования;

– в задачах фиксируются общие позиции на уровне гипотез, которые определяют рабочую среду диссертационного исследования, а в положениях – конкретные утверждения, по которым формулируются научные результаты.

Стилистика построения положений относительно свободная, допускающая рациональное представление некоторого полученного факта, процесса, выявленной зависимости, т. е. любые повествовательные предложения, констатирующие конкретные новые знания.

Пример возможных правил для формулировки положений, выносимых на защиту:

1 При соотношении параметров **ES** / **ET**, равном 1,5 и более, результирующее значение **ER** с учетом влияния фактора **EQ** возрастает в 5–10 раз.

2 Модель работы технической системы **TE** при условиях **W_i** и шкалированных по значимости влияния факторов **Y_i**.

3 Для условий **WQ**, эффективными являются только технологические режимы **Z_i**.

4 При величине параметра **EA** менее 150 метров эффективный технологический режим **KM** осуществляется только при условии **TU**.

5 Наличие хотя бы одного из условий **WQ**, является критичным для реализации эффективного технологического режима **KM**.

Основные научные результаты по диссертации – конкретные позиции полученных выводов с отличительными признаками, определяющими, на сколько улучшается оценочный показатель по сравнению с аналогичным в используемых в настоящее время технологиях, методиках, методах, практиках и пр. Если полученный вывод:

– имеет только теоретическое значение и рекомендуется к внедрению на практике;

– требует проведения дополнительных исследований по направлениям, подтвержденным данным исследованием;

– не подлежит количественной оценке (например, регламентирован требованиями экологии, безопасности, социальной значимости), то допускается сравнение по качественным характеристикам, но с обязательным подтверждением научной значимости.

При формулировке результатов важно использовать такие целеориентированные словоформы как

– «отличающиеся»;

– «включающие»;

– «содержащие»;

– «определяющие»;

– «приводящие»;

– «обеспечивающие».

Исходными для определения научных результатов диссертации являются основные положения, выносимые на защиту, которые, не повторяясь, содержательно входят в результирующие позиции.

Пример возможных правил для формулировки научных результатов.

1 Разработаны технические решения **RD** с реализацией факторных ограничений **ZX**, отличающиеся учетом условий **UI**, определяющих технологические режимы **Z_i**,

которые подтвержденным экспериментом выполняются на 5–15 % быстрее по сравнению с существующими техническими **RC** и технологическими **RB** решениями.

2 Определена ранжированная группа значимых признаков **MI**, которые определяют эффективную схему **SA**, отличающуюся учетом взаимодействующих технических **TI** и технологических **TX** факторов, приводящих к уменьшению диапазона отклонений параметра **P** от рассеяния результатов **P** по существующей технологии в 1,5 раза.

3 Выявлен количественный аналог качественной характеристики **GS**, отличающийся использованием авторской эмпирической зависимости с применением оригинального программного продукта для контролируемого расчета искомой характеристики **GS**, которая оценивается по существующему регламенту дифференциальной шкалой Осгуда.

4 Получены эмпирические зависимости параметров **ES** и **ET**, которые отличаются учетом возможной высокой загрузки технической системы, позволяющей в процессе выполнения работ проводить оптимизирующие подстройки параметров **IK**, **IL**, **IM**, обеспечивающих повышение результирующего параметра эффективности **IN** на 15 %.

5 Разработаны алгоритм и компьютерная реализация программного продукта для комплексного расчета параметров **ILK**, которые отличаются наличием интеллектуального модуля распознавания уровня критичности ситуации и оперативным реагированием путем рекурсивного использования набора технологических режимов **TX**, позволяющего сократить значения контрольного параметра **BC** на 7–15 минут.

6 Разработана методика **H**, реализуемая на рациональной сетке технологических режимов **FR** и отличающаяся расчетом критичного значения параметра **TU** с учетом интегральной операции **LK** и обеспечивающая сокращение значения контрольного параметра **SN** на 15–20 %.

Значимость результатов – степень вклада полученных выводов в дальнейшее развитие профильной науки и повышение эффективности производства продукции или услуг.

Теоретическая значимость результатов следует из научной новизны. Вклад в дальнейшее развитие науки, позволяющий квалифицировать диссертацию как научную работу, может быть:

а) существенным – при наличии выводов, указывающих на новые научные направления, которые открывает данное исследование. Такая оценка работы не производится автором, но аргументировано отражается в отзывах на автореферат или заключении оппонировавшей организации;

б) достаточным – при разработке:

– новых методик;

– новых моделей (математических, компьютерных, имитационных);

– новых аналитических и (или) эмпирических зависимостей, позволивших получить новые знания об объектах или процессах;

– новых технологических способов и методов, обеспечивающих более глубокое понимание процессов и позволяющих решать новые задачи;

– уточненных аналитических или эмпирических зависимостей;

– более совершенных методик, моделей, способов, методов на основе существующих, расширяющих их функциональные возможности;

в) несущественным – при получении малозначимых научных выводов, но весомых практических результатов, отражаемых в справках и актах внедрения, подтверждающих значительный экономический, социальный или иной эффект.

Практическая значимость результатов следует из актуальности исследования. В этом аспекте рассматриваются две основные позиции:

1 Эффективность внедрения результатов диссертационной работы, подтвержденная:

– патентами на изобретения, полезные модели, промышленные образцы и свидетельствами регистрации компьютерных программ;

– справками по экономическому эффекту;

– актами внедрения;

– протоколами проведения эксперимента, который рассматривается как апробация полученных результатов.

2 Рекомендации по практическому использованию, устанавливающие другие возможные области применения результатов, не охватываемые предыдущей позицией.

Достигнутые результаты диссертационной работы должны полностью или частично разрешать поставленную проблему. Подтверждение этого факта должно быть зафиксировано последним (и наиболее значимым) пунктом в перечне полученных результатов. Как правило, при обосновании актуальности исследования отмечаются определенные негативные следствия возникшей проблемной ситуации, выражающиеся оценкой некоторых потерь в масштабах города, региона, страны, мира. Так как проблема благодаря полученным результатам в той или иной степени разрешается, то данные потери также будут сокращаться. Поэтому характер позитивных изменений благодаря внедряемым или внедренным рекомендациям определенным образом отражается в полученных результатах диссертационной работы.

Примеры возможных правил для формулировки значимости результатов.

1 Теоретической:

– разработана новая методика **III**, основанная на процедурно выделяемых топологически инвариантных структурах объектов **C_i** и способная рассчитывать значимые процессоопределяющие параметры **ZA** и **AW** рациональных технологических процессов **RAW**;

– разработана компьютерная динамическая модель **MDI** процесса **MP** с прогнозированием состояний объектов **C_i** и оценкой риска некорректного определения параметра **POI** с расчетом вероятности выхода за пределы нормативных режимов технологического процесса **RFA**;

– получены новые эмпирические зависимости параметров **ES** и **ET**, оптимизированные под нормализованную структуру объектов **C_i**.

При данном наборе идентифицирующих позиций приведенного примера уровень теоретической значимости полученных результатов определяется как *достаточный*.

2 Практической:

– получено 2 акта внедрения на предприятии **AA** методики **III**, в технологический процесс работы предприятия и в Инструкцию **DAB**;

– получен Патент на полезную модель **ZAQW**, зарегистрированную в Государственном реестре полезных моделей №...;

– получено Свидетельство о государственной регистрации компьютерной программы **ZBCV** в реестре Программ для ЭВМ НЦИС РБ №... .

Рекомендации по практическому использованию включают:

– внедрение разработанной методики **III**, на предприятиях **AA2** и **AA3**;

– расчет скорректированных показателей **MBS** работы подразделений **AA** и **AA3** при единой технологии работы.

Взаимосвязь характеризующих признаков. Характеризующие признаки могут быть сгруппированы по определенному подобию состава работ:

– постановка проблемы и задачи исследования.

Близкое расположение этих признаков в последовательности связанных между собой позиций (см. рисунок 1) обусловлено тем, что задачи исследования можно определять после выяснения сути научной проблемы;

– научная новизна и основные положения на защиту, которые ориентируют мышление на проблемные вопросы новых знаний, получаемых при решении поставленных задач;

– результаты диссертации и их значимость являются финальными признаками всей научной работы, квалифицирующими ее как состоявшуюся и соответствующую (или не соответствующую) требованиям получения новых знаний. Эти признаки являются интегральными характеристиками оценки ценности полученных результатов для теории и практики в профильной области знаний.

С другой стороны, признаки актуальности и научной новизны являются специфическими характеризующими позициями, которые должны содержательно разрабатываться непосредственно сразу после постановки проблемы. В этой связи возникают два важных момента.

1 Научная проблема может не иметь непосредственного выхода в практику по причине отсутствия технических или иных предпосылок для своего разрешения. В этом случае возможно, потребуется переосмысление проблемы и постановки ее таким образом, чтобы можно было использовать существующую материальную базу или новые технические решения данной диссертации и других работ, объективно реализуемые в настоящее время и способные снизить остроту проблемы для практики или решить ее полностью. Однако даже при возможности получить решения для практики допустимо провести разработку задач исследования, которые ориентируются только на научную значимость решения проблемы с глубоким пониманием ее исключительной важности для науки и не менее убедительными аргументированными доказательствами этой важности.

2 При обоснованной актуальности может быть затруднено определение научной новизны из-за решения проблемы посредством изменения технологических режимов работы, использования рационализирующих приемов, передовых опытов и др. В этом случае следует произвести поиск проблемной ситуации, имеющей научную составляющую своего решения, так как речь

идет о применении всех описываемых методов в диссертации, квалифицируемой как этапная реализация научной работы.

Связь формулируемых характеризующих признаков с этапами работы над диссертацией иллюстрируется рисунком 2.

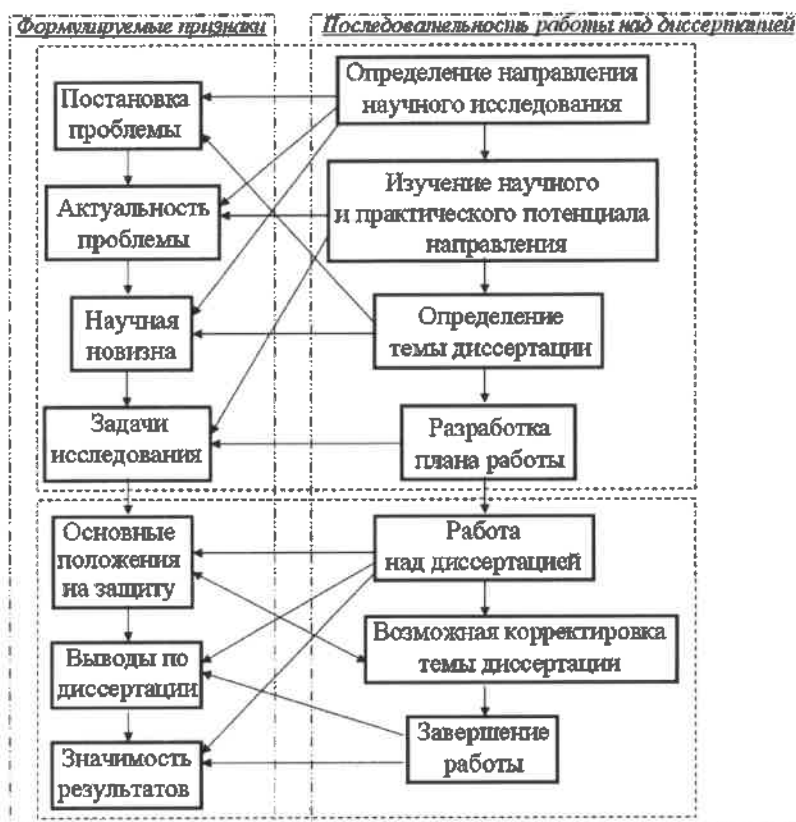


Рисунок 2 – Сопоставляемые характеризующие признаки с этапами работы над диссертацией

Анализ показывает, что однозначной и прямой связи между отдельными признаками и этапами работы над диссертацией не наблюдается, тем не менее можно определить две области относительно тесной их зависимости.

1 Постановка проблемы, задач исследования, актуальность и научная новизна – с подготовительными этапами, определяющими выбор и обоснование темы диссертации.

2 Основные положения на защиту, результаты и их значимости – с проведением и завершением исследования.

С этих позиций диссертация представляется как комплексная научно-методологическая разработка, образующая органичный синтез новых идей проблемной области и обоснования их достоверности, полноты, непротиворечивости, авторства, значимости и др. Если написание пояснительной записки сопровождается и некоторым образом направляется оценкой характеризующих признаков, которые встречаются на пути соответствующих этапов диссертационного исследования, то завершение работы будет означать, что одновременно выполняется и ее самотестирование на предмет соответствия квалификационным требованиям. Работа, в которой точно и содержательно определены научная новизна, актуальность, защищаемые положения и основные результаты, безусловно, будет отмечена быстрыми сроками прохождения экспертизы, защиты и утверждения.

Выводы. Предлагаемый подход к формулировке признаков общей характеристики работы позволяет определить содержательно эти позиции с конкретным смысловым полем и информационным наполнением, не пересекающимся с другими признаками. Кроме того, следует обратить внимание на следующие особенности.

1 Постановка проблемы является ключевой позицией начала диссертационного исследования, которая должна быть закреплена на уровне соответствующего характеризующего признака. В настоящее время этот признак, как правило, отсутствует в общей характеристике работы.

2 Задачи исследования направляют соискателя по ориентированному направлению исследований, способному привести к намеченной цели. В процессе работы над диссертацией задачи могут быть скорректированы, дополнены, исключены. Поэтому по завершении диссертации подготавливаемые позиции основных выводов должны коррелировать с решенными задачами окончательного состава, сформировавшегося в процессе работы над диссертацией.

3 Основные положения, выносимые на защиту, рассматриваются как ключевые утверждения и частные выводы, являющиеся базовыми для формулировки последующих результатов.

4 Апробацией полученных результатов предлагается называть экспериментальное подтверждение достоверности диссертационных выводов с получением прото-

колов, подписанных представителями независимой и компетентной комиссии. Рассматривать материалы и тезисы конференций как апробацию (в смысле публичного представления в виде докладов) не совсем корректно с точки зрения смыслового наполнения данного термина. Кроме того, все материалы и тезисы приводятся в списке публикаций автора, следовательно, размещение сведений о местах проведения конференций в общей характеристике работы дублирует указанные данные и информационно несостоятельно.

5 Предлагаемый относительно систематизированный перечень признаков общей характеристики диссертации требует более глубокой разработки методологии оценки исследования, так как в результате возникает целый ряд не выясненных вопросов и неопределенностей:

- роль и место гипотезы в диссертационном исследовании. Если выдвигаемая гипотеза доказательно не подтверждается и всё дальнейшее исследование строится на закреплении системы опровергающих аргументов, то полученные результаты, возможно, потребуют особых экспертных методов оценки их научной и практической состоятельности и значимости. С другой стороны, выдвижение продуктивной гипотезы требует глубокого понимания изучаемой проблемы и достаточно большого опыта научной работы в целом, которых у соискателя степени кандидата наук не имеется. Поэтому, скорее всего, этот этап обоснования исходных позиций диссертации становится эффективно реализуемым только при квалифицированной помощи научного руководителя. Возможно, обязательным атрибутом подтверждаемая гипотеза может стать только для докторской диссертации;

- критериальное оценивание актуальности, новизны, значимости работы и сравнение с диссертационным уровнем;

- необходимость экономической оценки полученных результатов как основного критерия эффективности предлагаемых решений. Если доказываемая невозможность корректной экономической оценки достигнутых

результатов работы, то любая другая косвенная оценка может быть также состоятельной;

- содержание введения, которое часто замещают актуальностью или новизной исследования. Возможно, следует рассматривать введение как предваряющее ознакомление с предметом диссертационного исследования в виде пролегомена, содержательно и доступно разъясняющего специфику и особенности предметных научных знаний и практики их применения. В таком случае экспертам, являющимся специалистами в смежных областях знаний, другим ученым и практикам, будет легче дать квалифицированную оценку работе благодаря исходной установке по смысловой интерпретации автором используемых в диссертации существующих и вводимых терминов, указаний модельных деформаций в расчетах по сравнению с объектами натурального эксперимента и др.;

- наличие патентов как подтверждение научной новизны или практической значимости;

- требования к названию диссертации. Рекомендуется:

- не использовать словоформы, обозначающие неопределенные процессы и предметы («совершенствование», «сокращение», «повышение», «исследование», «задача», «проблема»), которые из-за своей качественной характеристики не определяют достигаемую цель;

- формулировать название с содержанием научной новизны исследования;

- исключать различные фигуративные формы (причастные и деепричастные обороты, знаки препинания и др.);

- ограничиваться количеством слов названия диссертации (не более 8–10).

Однако такие рекомендации носят скорее ограничивающий характер, однозначно запрещая определенные позиции. Более весомыми и эффективными были бы общие логико-лингвистические правила построения текстовых позиций характеризующих признаков диссертации.

Получено 12.04.2021

Golovnich A. K. System analysis of the characteristic features of the dissertation work.

The possibility of formulating various features of the general characteristics of the dissertation (the relevance of the problem, research objectives, scientific novelty, proposed for the defense of the provisions, etc.) with a specific semantic content without repetition and duplication is considered. The definition of criteria for the determination of characterizing features allows you to divide the latter semantically, and logical-linguistic rules can contribute to the development of correct formulations of various positions of the general characteristics of the work.

The rules proposed in the article are illustrative, capable of forming a semantic field of signs of dissertation work of certain narrow-profile specialties. These characterizing features are associated with individual stages of work on the dissertation, defining an integral structure of complementary characteristics.

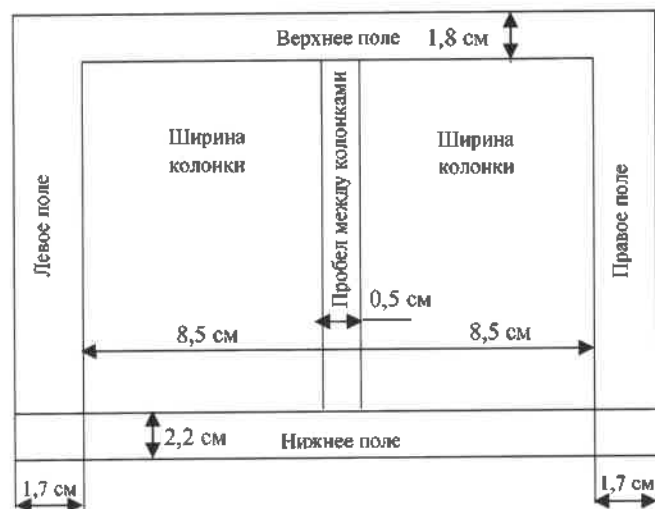
ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Статьи, направляемые в редакцию журнала «Вестник БелГУТа: Наука и транспорт», должны соответствовать следующим требованиям.

1 Материал статьи должен отражать профиль журнала и излагаться предельно ясно на белорусском или русском языке. На оборотной стороне последнего листа ставится подпись автора (авторов) и указывается название рубрики, к которой относится статья.

2 Статья должна быть представлена в одном экземпляре на бумажном носителе [для иногородних – по почте (адрес электронной почты: tatiana-101@list.ru)] и тщательно отредактирована. Одновременно текст статьи представляется в формате текстового редактора MS Word в виде обычного текстового файла – по фамилии автора (авторов), гарнитура шрифта – Times New Roman.

3 Текст статьи должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.5–98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», ГОСТ 2.105–95 «Межгосударственный стандарт. Общие требования к текстовым документам» и напечатан на белой бумаге формата А4 на лазерном принтере. Объем статьи – 0,35 авторского листа (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания и др.), т. е. не более трех полных страниц текста формата А4, напечатанного в две колонки размером шрифта (кегль) 10 pt по следующему образцу:



4 Текст статьи должен содержать:

– в левом верхнем углу первой страницы – индексе УДК размер шрифта – 10 pt).

– через интервал на формат 17,5 см – инициалы и фамилия автора (авторов) прописным светлым курсивом, а учёная степень, наименование и местонахождение организаций, в которых работают авторы, – строчным светлым курсивом 10 pt;

– ниже, через интервал на формат 17,5 см – название статьи, напечатанное прописными буквами, жирным шрифтом, без переносов (высота букв – 11 pt), которое должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким, содержать ключевые слова, позволяющие идентифицировать данную статью;

– через интервал на формат 17,5 см – аннотация, в которой дается краткая характеристика статьи (размер шрифта – 9 pt, объём – до 10 строк, или 100–150 слов);

– через интервал в две колонки форматом 8,5 см каждая, с интервалом между ними 0,5 см – текст статьи (размер шрифта – 10 pt), межстрочный интервал – одинарный, абзац – 5 мм, или 3 печатных знака;

– через интервал в две колонки форматом 8,5 см каждая – список литературы (размер шрифта – 9 pt);

– через интервал – дата поступления рукописи в редколлегию (размер шрифта – 8 pt); например: Получено 05.06.2009;

– через интервал на формат 17,5 см – фамилия, инициалы автора (авторов) – прямым жирным строчным шрифтом 10 pt, название статьи – светлым строчным прямым шрифтом 10 pt; аннотация статьи на английском языке шрифтом 9 pt.

5 Научная статья должна включать:

– введение, где должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме. Указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы, т. е. поставлена задача;

– основную часть, содержащую описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробное освещение содержания исследований, которые могут быть иллюстрированы графиками или подтверждены расчетами в табличной форме. Полученные результаты должны быть проанализированы с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. Основная часть также может делиться на подразделы (с разъяснительными заголовками). Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с последовательностью их размещения в тексте;

– заключение, в котором в сжатом виде формулируются основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

6 Графический материал в статье (рисунки, схемы, диаграммы) должен содержать не более пяти рисунков и быть оформлен в соответствии с требованиями Р 50-77-88 «Рекомендации ЕСКД. Правила выполнения диаграмм». Каждый рисунок должен иметь название (размер шрифта – 9 pt светлым строчной), которое размещается под ним (например: Рисунок 1 – Схема управления электродвигателя). Надписи на самих рисунках набирают шрифтом 9 pt. Размещают рисунок после ссылки на него в тексте. Сканированные рисунки редколлегией не принимаются.

7 Таблицы (не более трех) располагаются непосредственно после текста, где они впервые упоминаются. Каждая таблица должна иметь номер и название, которое размещается над ней (например: Таблица 1 – Результаты измерений). Размер шрифта названия и основного текста таблицы – 9 pt, головки (шапки) – 8 pt.

8 Размерности всех величин, используемых в тексте, должны соответствовать Международной системе единиц (СИ).

9 Формулы набирают тем же размером шрифта и той же гарнитурой, что и основной текст (буквы русского и греческого алфавитов, числа, знаки математических функций – прямым шрифтом, латинские буквы – курсивом).

10 К рукописи прилагаются:

– сведения об авторе [Ф. И. О. полностью, ученая степень и звание, место работы и должность, домашний адрес, контактный телефон (служебный, мобильный, e-mail)];

– рекомендация кафедры, научной лаборатории или учреждения, в котором выполнена работа, о целесообразности публикации статьи;

– экспертное заключение о возможности публикации статьи.

11 Рукописи, которые не соответствуют указанным требованиям, к рассмотрению не принимаются.

12 Редколлегия по предварительной научно-технической экспертизе может направлять статью на рецензию специалисту и с учетом этой рецензии даёт аргументированное заключение о возможности публикации статьи.

Редактор *А. А. Павлюченкова*
Технический редактор *В. Н. Кучерова*
Корректор *Т. А. Пугач*
Компьютерная верстка – *С. В. Ужанкова*

Подписано в печать 04.06.2021 г. Формат 60×84¹/₈. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 13,48. Уч.-изд. л. 14,38. Тираж 100 экз. Изд. № 39. Зак. № 1561.

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»
ЛП № 02330/238 от 14.04.2014 г.
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель

