



ВЕСТНИК

Белорусского
Государственного
Университета
Транспорта

**НАУКА
и ТРАНСПОРТ**

1/2019

ВЕСТНИК
Белорусского
Государственного
Университета
Транспорта

Научно-практический журнал

НАУКА
и ТРАНСПОРТ

№ 1(38)/2019

ВЕСТНИК БелГУТа: НАУКА И ТРАНСПОРТ

Научно-практический журнал

2019. № 1 (38)

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ

Шевчук В. Г., Жигалин И. О., Карпов А. В. Исследование уровней радиосигнала в гектометровых каналах поездной радиосвязи с волноводными направляющими линиями	5
--	---

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Худайкулов Р. М., Мирзаев Т. Л. Укрепление земляного полотна автомобильных дорог с применением цемента.....	7
Ворожун И. А. Определение динамических сил в устройстве для крепления труб на автомобильном транспорте.....	12
Михальченко А. А., Савченко А. В. Исследование эффективности интеграции элементов транспортно-логистической системы на принципах функционирования кластеров.....	16
Хмелёв И. В., Пицык М. Г. Метод оценки проектов пассажирских перевозок с учетом изменения конструктивных параметров автобусов	22
Аземша С. А. Анализ аварийности в Гомельской области по видам ДТП и разработка мероприятий по повышению безопасности дорожного движения	25
Ходоскин Д. П. Оптимизация выбора способа оборудования пешеходных переходов	30
Гаркуша А. Н. Теоретические и прикладные аспекты информационного обеспечения служебной деятельности подразделений государственной автомобильной инспекции.....	34

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Галушко В. Н., Пацкевич В. А., Елдасёв И. С., Дробов А. В. Прогнозирование потребления электрической энергии дистанции электроснабжения с помощью искусственных нейронных сетей	39
Васильев А. А. Система номограмм для оценки изначального содержания цемента в бетоне.....	42
Колдаева С. Н., Децук В. С. Очистка газовой смеси от высокомолекулярных примесей методом парциальной конденсации.....	45
Поддубный А. А., Гордон В. А. Методика расчета критической силы сжатого стержня, погруженного в упругое основание.....	49

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТРАНСПОРТА

Кулаженко Ю. И., Зайчик В. С., Кебиков А. А., Альховская Е. М. Организация работ по разработке и постановке на производство железнодорожного подвижного состава.....	53
Бурченко В. В. Определение параметров регулятора скорости движения горочного тепловоза	56
Сахаров П. А. Исследование продольных сил в грузовых поездах при движении через переломы профиля пути в режиме электрического торможения	59

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Кулаженко Ю. И., Зайчик В. С., Кебиков А. А. Определение требований безопасности к железнодорожной продукции.....	63
Ерофеев А. А., Козлов В. Г., Терещенко О. А., Сидорович Ю. С. Научно-практические подходы к разработке энергоэффективного графика движения поездов	66
Лебедь И. Г., Ануфриева Т. Г., Ткаченко С. П. Исследование методов организации перевозок мелкопартионных грузов	70
Аксёничков А. А. Значение структуры и функционального взаимодействия подсистем станции передачи вагонов в организации эксплуатационной работы	73
Терещенко О. А. Технология оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов	79
Власюк Т. А. Терминологический анализ понятия «миграция» как фактора влияния на транспортное обеспечение городов-спутников.....	83
Фёдоров Е. А. Методические подходы к проведению комплексного анализа системы организации движения поездов при реализации процессной модели следования поездов по назначениям плана формирования	86
Фёдоров Е. А. Композиция расчетного полигона инфраструктуры железной дороги для процессно-ориентированного моделирования графика движения поездов	90

ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Шилович А. В. Рост контейнерных перевозок – дополнительный источник дохода страны	95
Лужанская Н. А. Методическое обеспечение оценки спроса на услуги грузовых таможенных комплексов по регионам Украины	97

УДК 621.395: 621.372.81

В. Г. ШЕВЧУК, доцент, И. О. ЖИГАЛИН, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, А. В. КАРПОВ, магистрант, заместитель начальника по связи, Гомельская дистанция сигнализации и связи Белорусской железной дороги

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ РАДИОСИГНАЛА В ГЕКТОМЕТРОВЫХ КАНАЛАХ ПОЕЗДНОЙ РАДИОСВЯЗИ С ВОЛНОВОДНЫМИ НАПРАВЛЯЮЩИМИ ЛИНИЯМИ

Приведены результаты исследований изменения скорости затухания уровней радиосигнала в каналах поездной радиосвязи гектометрового диапазона на неэлектрифицированном участке железной дороги с волноводными направляющими линиями. Проведенное исследование показывает, что требования Правил технической эксплуатации в сфере радиосвязи выполняются. Но существующая сеть радиосвязи не готова к качественной работе после электрификации железнодорожного участка.

Для увеличения дальности поездной радиосвязи в гектометровом диапазоне волн применяется передача высокочастотной энергии по проводным направляющим линиям (волноводам), подвешенным вдоль железнодорожного пути [2].

Возбуждение волновода производится индуктивным способом, как показано на рисунке 1. При этом выход передатчика стационарной радиостанции подключается не к антенне, а к направляющей линии.

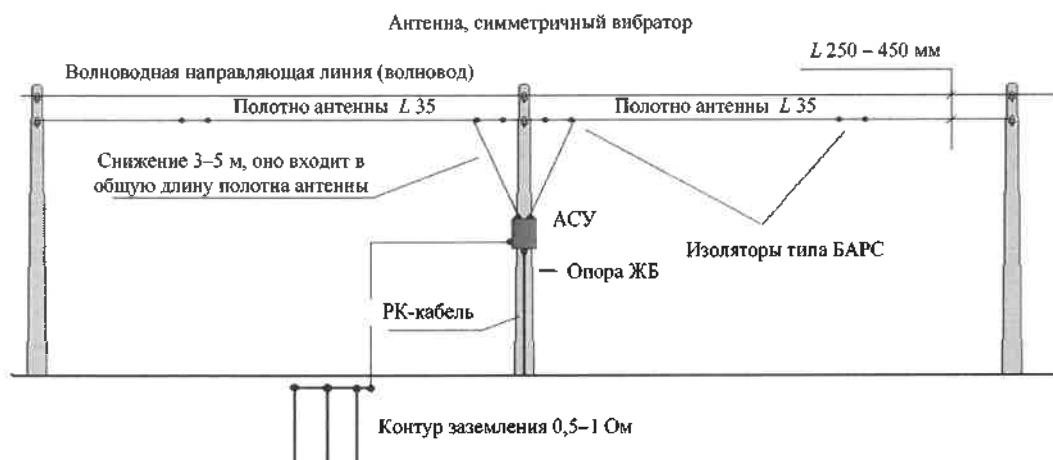


Рисунок 1 – Индуктивное возбуждение волновода

Распространение электромагнитных волн вдоль направляющих линий происходит с меньшим затуханием. В результате дальность ПРС возрастает. Важным является также то, что направляющая линия следует вдоль железнодорожного пути, создавая достаточную для связи напряженность поля в зонах, где прямая

видимость между антенной на локомотиве и стационарной радиостанции отсутствует [3].

На рисунках 2 и 3 изображены характеристики антенны «бегущая волна», построенные с помощью осуществленного компьютерного моделирования. Они аналогичны диаграммам направленности волновода ПРС.

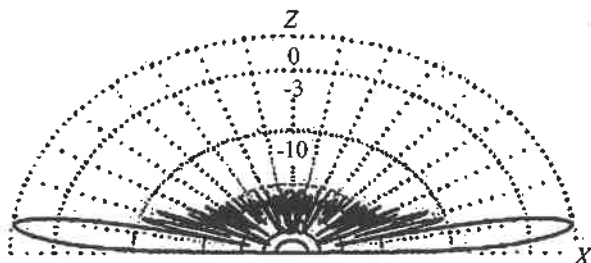


Рисунок 2 – Вертикальная поляризация

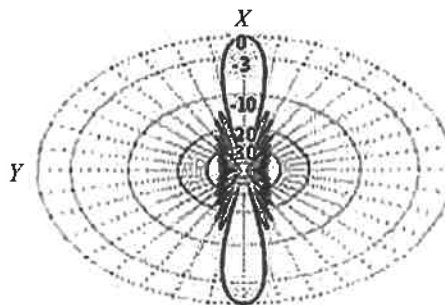


Рисунок 3 – Горизонтальная поляризация

На рисунке 4 приведены результаты проведенных исследований уровней радиосигнала на участках железной дороги с подвешенными волноводными трассами,

эксплуатируемыми с 2012 г., поэтому значения затухания уровней сигналов являются достаточно точными.

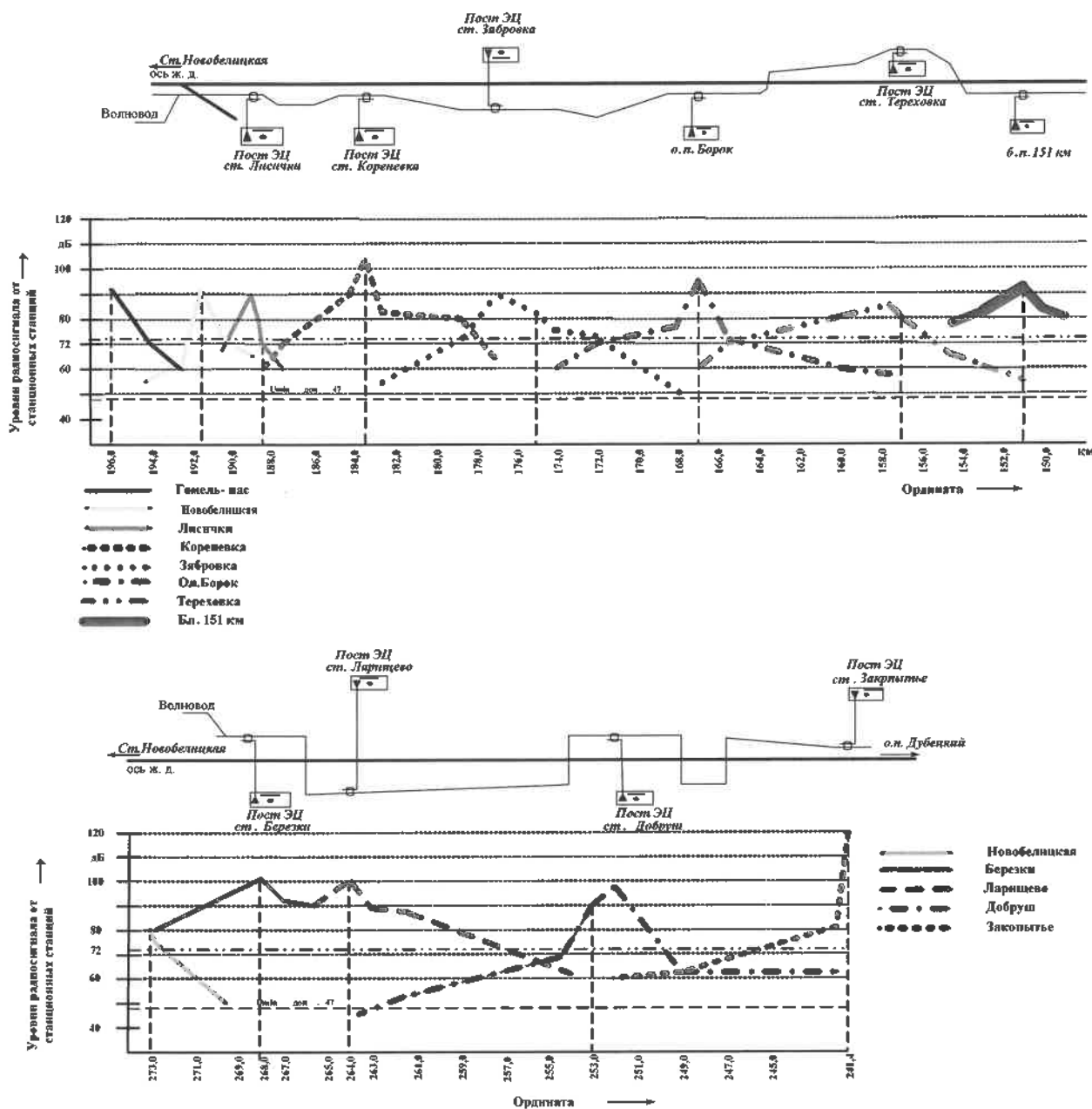


Рисунок 4 – Волноводная трасса и уровни радиосигнала на исследуемых железнодорожных участках

Проведенное исследование показывает, что требования Правил технической эксплуатации [1] в сфере радиосвязи выполняются, но необходимо помнить, что эти участки железной дороги планируется перевести с тепловозной тяги на электрическую, где минимальная планка уровня сигнала не должна опускаться ниже 72 дБ [2, 4]. Например, при исследовании канала поездной радиосвязи на железнодорожном перегоне ст. Лисички – ст. Уть, ДСП ст. Лисички ответил только два раза, свидетельствуя тем самым, что дальность связи для тепловозной тяги составляет всего лишь 50 % покрытия всего перегона, об уверенной дальности же радиосвязи при электротяге говорить и не приходится.

На этом же перегоне производился вызов ДСП ст. Уть. Дежурный отозвался на вызов три раза, и с учетом того, что на расстоянии 9 км от поста ЭЦ ст. Уть уровень сигнала составил 75 дБ, можно сделать вывод о том, что связь на этом участке почти удовлетворяет нормам при электротяге. Но необходимо отметить, что за 2 км от поста ЭЦ есть участок длиной 500 м, где вызов ДСП не проходит из-за низкого расположения волноводной линии относительно головки рельса. Это связано с тем, что у поездной антенны максимум излучения направлен под углом 90° по зениту.

Уровень сигнала от ст. Лисички составляет 47 дБ, а для ст. Уть – 90 дБ. Это объясняется разными способами возбуждения волноводной линии: на ст. Уть

возбуждение волноводной линии производится, как показано на рисунке 1, на ст. Лисички – как показано на рисунке 5.

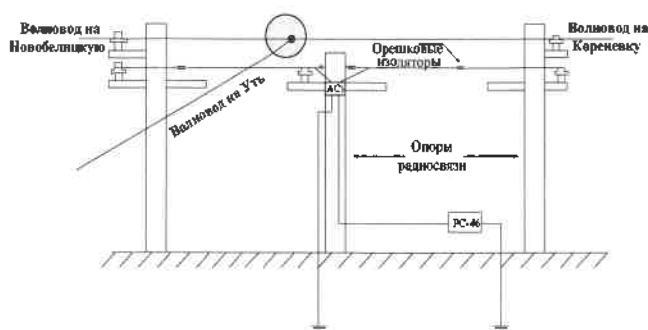


Рисунок 5 – Возбуждение волноводных линий на ст. Лисички

При таком способе возбуждения в волноводе не достигается достаточная сила тока, что приводит к низкому качеству связи. Для поднятия уровней сигналов на железнодорожном перегоне ст. Лисички – ст. Уть необходима реорганизация способа возбуждения волноводной линии.

После проведения необходимых мер по улучшению возбуждения волновода необходимо провести повторное измерение уровней сигналов на этом участке. На остальных участках этого перегона перепады уровней сигналов на некоторых измерительных точках объясняются перепадами по высоте волновода относительно железнодорожного пути или отходом волновода от пути на расстояние более 50 м.

По результатам исследований построена диаграмма (рисунок 6), показывающая в процентном соотношении протяженности участков соответствующих и не соответствующих требованиям ПТЭ в сфере радиосвязи.

Получено 25.04.2019

V. G. Shevchuk, I. O. Zhigalin, A. V. Karpov. Research of levels of radio signal in hectometric channels of train radiocommunications with waveguide guide lines.

The results of studies of the change in the attenuation rate of radio signal levels in the channels of the train radio communication of the hectometer range on the non-electrified section of the railway with waveguide guide lines are presented. The study shows that the requirements of the Technical Regulations for Radio Communication are being fulfilled. But the existing radio communication network is not ready for quality work after electrifying the railway section.

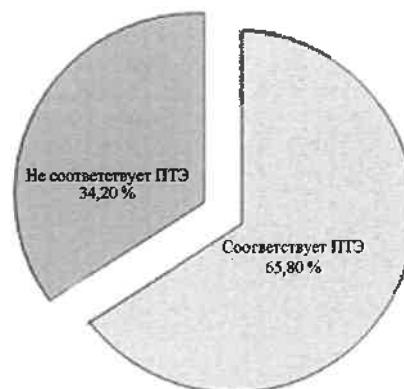


Рисунок 6 – Диаграмма соответствий требованиям ПТЭ

Качество радиосвязи на исследуемых участках можно считать удовлетворительным для существующей системы организации движения и совершенно не готовой к высокому уровню обеспечения безопасности по электрифицированным линиям железной дороги, на которой необходимый минимальный уровень сигнала должен составлять 72 дБ.

Таким образом, существующая сеть поездной радиосвязи неспособна обеспечить качественную работу трактов ПРС после электрификации железнодорожного участка.

Список литературы

- 1 Правила технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь : [утв. постановлением М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь 25.11.2015 г., № 52].
- 2 СТП 09150.19.019–2006. Требования по эксплуатации поездной радиосвязи Белорусской железной дороги.
- 3 СТП 09150.19.051–2007. Требования к направляющим (волноводным) линиям поездной радиосвязи и порядок их технического обслуживания.
- 4 СТП БЧ 19.355–2016. Требования по организации и расчету сетей поездной радиосвязи.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.212.5

Р. М. ХУДАЙКУЛОВ, доктор философии по техническим наукам, Т. Л. МИРЗАЕВ, старший преподаватель, Ташкентский институт по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог, Узбекистан

**УКРЕПЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦЕМЕНТА**

Повышению темпов строительства и реконструкции автомобильных дорог способствует применение грунтов, укрепленных цементом. В последние годы они всё чаще используются для устройства основания дорожных одежд. Однако в области проектирования и строительства дорожных одежд с конструктивными слоями из цементогрунтов многие положения требуют проверки и уточнения. Уделено внимание комплексному укреплению грунтов одновременно цементами и органическими вяжущими (битумами). Применение последних повышает водоустойчивость и прочность грунтовых агрегатов. Произведены исследования для выявления расчетных показателей искусственных засоленных грунтов, укрепленных цементом, стабилизированных битумной эмульсией в лабораторных и полевых условиях. Рассмотрены улучшения, прочностные и деформационные характеристики лёссовых грунтов, используемых при строительстве земляного полотна дорожных одежд с комплексным укреплением.

В настоящее время при быстром темпе развития автомобильного транспорта и внешней торговли роль дорожного строительства возрастает с каждым годом, что обуславливает необходимость строительства прочных долговечных и отвечающих нормативным требованиям автомобильных дорог, для создания которых необходим всесторонний учет различных факторов при проектировании и строительстве. Это климатические и грунтовые условия местности, возможность использования природных ресурсов в районе проложения автомобильной дороги, необходимость обеспечения показателей автомобильной дороги с учетом перспектив движения, сохранения окружающей среды и т. д. Выполнение указанных требований весьма важно по той причине, что при строительстве автомобильных дорог используются в большом объеме различные каменные материалы (щебень, гравий), расход которых в плотном теле часто составляет 3,0–3,5 тыс. м³, а на дорогах I–II категории – 6,5–7,5 тыс. м³ на 1 км дороги. В районах строительства, где нет каменных материалов, возникает необходимость в перевозках щебня, гравия, песка за сотни километров автомобильным транспортом, что удорожает их первичную стоимость в 3–4 раза и более [1].

Указанное обстоятельство является главной причиной значительного удорожания дорожного строительства и замедления темпов производства работ, к тому же разработка карьеров приводит к нарушению экологического равновесия окружающей среды. Как показали результаты многолетних исследований дорожных институтов, а также практический опыт проектирования и строительства, денежные и материальные затраты могут быть значительно снижены, если для устройства дорожных одежд вместо каменных материалов применять местные грунты.

Прочное и стабильное во времени основание и земляное полотно являются важнейшими факторами надежности автомобильных дорог. Однако значительное увеличение земляных работ или отсутствие грунтов, пригодных для их возведения методов и методик искусственного целенаправленного преобразования свойств, в первую очередь местных глинистых грунтов различного возраста и генезиса, таких как супеси, суглинки и глины, требуют разработки методов улучшения свойств лёссовых грунтов.

В настоящее время хорошо разработаны и широко применяются многочисленные методы искусственного

улучшения свойств местных грунтов. В результате применения укрепленных грунтов создается реальная возможность ежегодного высвобождения сотен железнодорожных составов и многих тысяч автомобилей от перевозок каменного материала. Один из видов улучшений состава грунта – его укрепление с применением цемента. Однако в области проектирования и строительства дорожных одежд с конструктивными слоями из цементогрунтов многие положения требуют проверки и уточнения.

Физико-механические свойства цементогрунтов изменяются в широких пределах в зависимости от свойств укрепляемых грунтов, их генезиса и состава. Требования к цементогрунтам, используемым в дорожной одежде, зависят от состава подвижной нагрузки, ее интенсивности и от климатических режимов регионального характера: увлажнения и высушивания, замораживания и оттаивания дорожной одежды. Монолитность цементогрунта обеспечивается в результате сложных физических, физико-химических и химических процессов взаимодействия между его компонентами (грунта, цемента и воды), содержание которых устанавливается лабораторными испытаниями с учетом разнообразных свойств применяемых грунтов и цемента [2]. Следует отметить, что физико-механические свойства цементогрунтов зависят от свойств каждого компонента в отдельности, соотношения между ними, а также от технологии производства работ по изготовлению цементогрунтовой смеси и укладке ее в дорожную одежду. Требования к цементогрунту определяются условиями его работы в различных слоях дорожной одежды в процессе ее эксплуатации.

Грунты являются наибольшей по объему и весу составной частью цементогрунта. Поэтому процесс приготовления нового материала путем введения в естественные грунты вяжущих материалов (в данном случае цемента) обычно называют укреплением грунтов. Соответственно, термин «цементогрунт» иногда заменяют выражением «грунт, укрепленный цементом». Использование цементогрунтов для устройства дорожных одежд известно давно. Есть сведения о попытках использовать песчано-глинистую смесь, укрепленную 12 % цемента для устройства покрытия на садовых дорожках еще в 1912 г. [3].

Ряд работ теоретического и производственного направления опубликован докторами технических наук,

профессорами А. К. Бируля, Н. Н. Ивановым, В. М. Си-денко, А. Я. Тулаевым, И. И. Черкасовым, М. Н. Пер-шинным, С. В. Шестопервым, С. М. Сергеевым, С. С. Мо-розовым, В. Г. Самойловым, кандидатами технических наук А. С. Еленовичем, О. Т. Батраковым, А. И. Леу-пиным, Т. Ю. Любимовой, Л. В. Гончаровой, В. В. Швай-ко, К. А. Князюком и многими другими. Особо следует отметить большую теоретическую и практическую ценность для дорожного строительства исследователь-ских работ, выполненных доктором геолого-минерало-гических наук, профессором В. М. Безруком и его учениками. Под руководством В. М. Безрука разрабо-таны основные нормативные документы по строи-тельству дорожных одежд с применением цементо-грунтов, что позволило повысить качество цементо-грунтов и обеспечить широкое внедрение их в практику дорожного строительства [4].

Однако, несмотря на большое значение этих работ, в настоящее время еще нельзя считать, что все вопросы, связанные с применением цементогрунтов в дорожных одеждах, изучены и решены окончательно. Наименее изучено влияние на свойства цементогрунта и характер его работы в дорожной одежде региональных клима-тических и грунтовых условий, особенно Центральной Азии. Значительного улучшения качества цементо-грунтов можно достичь введением в цементы различ-ного рода поверхностно-активных добавок. В наиболь-шей степени исследована известь, которая позволяет снижать расход цемента и укреплять грунты с избы-точной влажностью.

Положительным свойством цементогрунтов, спо-собствующим эффективному применению их в кон-струкциях дорожных одежд, является образование прочной монолитной плиты, обладающей достаточной несущей способностью и жесткостью для того, чтобы воспринимать без разрушения воздействия подвижной нагрузки и распределять их на значительную площадь нижележащих слоев. В ряде случаев цементогрунто-вые слои дорожных одежд могут успешно конкурировать со слоями из щебня, гравия или песка.

Водоустойчивость и морозостойкость цементогрун-тов в большинстве случаев соответствуют требова-ниям, предъявляемым к водоустойчивости и морозо-стойкости материалов, используемых для устройств дорожной одежды. Однако цементогрунты имеют и некоторые существенные недостатки, ограничивающие использование их в дорожных одеждах. Цементо-грунтовые слои слабо сопротивляются износу при непосредственном воздействии на них колес движу-щегося автомобиля. Грунтовые агрегаты, занимающие значительный объем в структуре цементогрунта, дефор-мируются и отрываются от тонкого поверхностного слоя при ударах автомобильных колес.

В большинстве случаев причиной неудач при использовании цементогрунтов в дорожных одеждах являлись недостаточно обоснованные (а в отдельных случаях и технически неграмотные) решения по конструированию дорожных одежд и выбору участков для их строительства, а также грубые нарушения технологии производства работ.

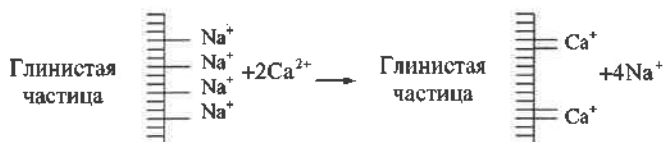
В США имеется несколько десятков тысяч кило-метров дорог с цементогрунтовыми слоями. Большая часть этих дорог успешно эксплуатируется в условиях интенсивного и тяжелого автомобильного движения.

Ряд участков с основаниями из цементогрунтов нахо-дится в хорошем состоянии после 20 и более лет эксплуатации. Широко применяются цементогрунты в Канаде, ФРГ, Англии, Франции и многих других странах [5]. Грунты, пригодные к укреплению цемен-том, распространены значительно шире, чем каменные материалы. В большинстве случаев они являются местными материалами и транспортные затраты на их доставку к местам укладки в дорожную одежду срав-нительно невелики. Особенно оптимизация экономическая целесообразность применения цементогрунтов для устройства дорожных одежд в районах, не обеспе-ченных местными каменными материалами. В этих условиях стоимость 1 м² цементогрунтового слоя нередко в 1,5–2 раза ниже стоимости 1 м² равнопрочного слоя из привозных материалов. В Западной Сибири (на территории Российской Федерации) применение цементогрунтов для устройства дорожных одежд дает значительное снижение стоимости строительства и уменьшает потребность в материально-технических ресурсах, прежде всего в привозных каменных материалах и в транспортных средствах.

При укреплении грунтов цементом легкораст-воримые соли, являясь активной составной частью грунта, способны оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на физико-механические свойства цементогрунта. Это зависит от целого ряда причин и в первую очередь от количества и вида солей, содержащихся в грунтах, а также от химического и минерального состава грунтов и цементов и т. д.

Легкорастворимые соли натрия NaCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃ повышают активность обменных реакций между минеральной частью грунта и продуктами гидролиза и гидратации цемента с водой, вступая в химическое взаимодействие с последними и ускоряя химическое связывание продуктов гидролиза цемента. В результате этого взаимодействия легкораствори-мые соли образуют труднорастворимые или прак-тически нерастворимые вещества. Возникающая при этом щелочная среда создает благоприятные условия для химических процессов, ускоряет процесс твер-дения и увеличивает конечную прочность цемента-грунта, хотя и в различной степени для разных грунтов.

Соли кальция CaCl₂, CaSO₄, CaCO₃ ускоряют процесс гидратации и твердения цемента-грунта и, вступая в химические взаимодействия с продуктами гидратации цемента, образуют сложные соединения, способствующие формированию микроструктуры ново-образований цемента-грунта, повышению его прочности и морозостойкости [6]. При наличии солей кальция в грунтах ионы кальция Ca⁺⁺ из солей, а также из продуктов гидролиза цемента способны вступать в обменные реакции с поглощающим комплексом грунта, вытесняя из поглощенного состояния ионы натрия Na⁺:



На рисунках 1 и 2 показаны кривые, характеризующие изменения прочности суглинистого цементогрунта в зависимости от количества солей NaCl, CaCl₂, CaSO₄ и Na₂SO₄ с разными дозировками цемента. В большинстве случаев наличие небольшого (до 1–3 %, а в некоторых случаях и до 5 %) содержания этих солей в грунте способствует повышению прочности цементогрунта, а увеличение их количества сверх этого предела вызывает постепенное снижение прочности.

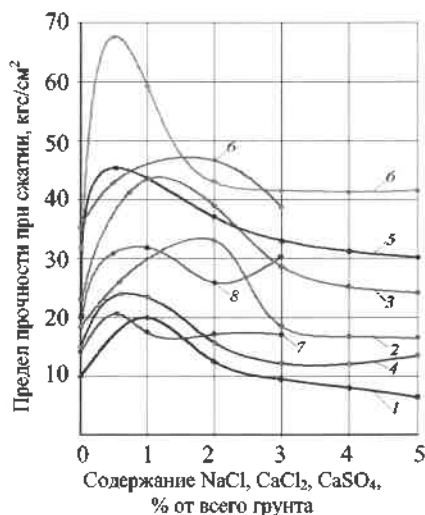


Рисунок 1 – Влияние содержания солей NaCl, CaCl₂, CaSO₄ на пределы прочности при сжатии суглинистого цементогрунта:
 1 – грунт + NaCl + 6 % цемента; 2 – грунт + NaCl + 10 % цемента;
 3 – грунт + NaCl + 14 % цемента; 4 – грунт + CaCl₂ + 6 % цемента;
 5 – грунт + CaCl₂ + 10 % цемента; 6 – грунт + CaCl₂ + 14 % цемента;
 7 – грунт + CaSO₄ + 6 % цемента; 8 – грунт + CaSO₄ + 10 % цемента;
 9 – грунт + CaSO₄ + 14 % цемента

Данные рисунка 1 показывают, что наличие в суглинистом цементогрунте небольших количеств (0,5–2 %) хлоридов натрия и кальция NaCl, CaCl₂, а также сульфата кальция CaSO₄ приводит к повышению его прочности, особенно с большими (10–14 %) дозировками цемента. Наиболее благоприятно влияет добавка хлорида кальция CaCl₂. При содержании в смеси 10–14 % цемента малые добавки CaCl₂ повышают пределы прочности цементогрунта примерно в 2 раза. Увеличение количества CaCl₂ до 5 % снижает в некоторой степени прочность цементогрунта. Однако даже при 5%-ном содержании CaCl₂ в цементогрунте прочность его с 10–14 % цемента всё же выше, чем прочность цементогрунта с теми же дозировками цемента, но без CaCl₂. Хлорид натрия повышает прочность суглинистого цементогрунта при наличии его в грунте от 0,5 до 3 %.

Более сложный характер имеет зависимость между пределом прочности суглинистого цементогрунта и содержанием соли Na₂SO₄ (см. рисунок 2). Наличие в грунте небольших количеств Na₂SO₄ (0,5–1 %) дает некоторое снижение прочности цементогрунта. В этом случае можно предположить образование на частицах грунта гидратных оболочек, которые ослабляют молекулярные силы сцепления и препятствуют формированию коагуляционной структуры в начальной стадии твердения цементогрунта, уменьшая тем самым его конечную (на 28-й день) прочность.

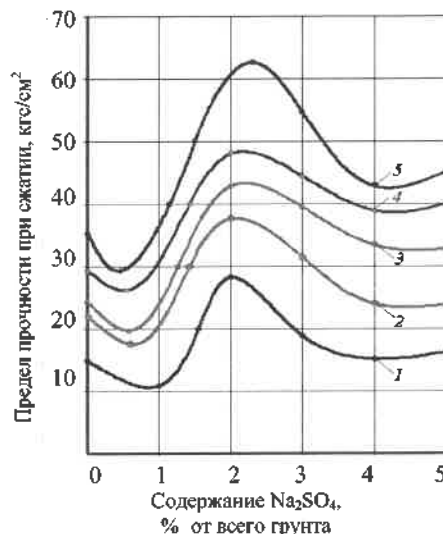


Рисунок 2 – Влияние содержания соли Na₂SO₄ на пределы прочности при сжатии суглинистого цементогрунта:
 1 – грунт + Na₂SO₄ + 6 % цемента; 2 – грунт + Na₂SO₄ + 8 % цемента;
 3 – грунт + Na₂SO₄ + 10 % цемента; 4 – грунт + Na₂SO₄ + 12 % цемента;
 5 – грунт + Na₂SO₄ + 14 % цемента

Увеличение содержания Na₂SO₄ до 2 % (а цемента с 14 до 3 %) дает прирост прочности цементогрунта примерно в 2 раза. Дальнейшее увеличение количества Na₂SO₄ ведет к некоторому снижению конечной прочности. Однако прочность цементогрунта, содержащего в своем составе 4–5 % сульфата натрия (при дозировке цемента 6–8 %), примерно равна прочности цементогрунта, не содержащего эту соль, а при дозировке цемента 10–14 % превышает ее [7].

Наиболее распространенными солями природных грунтов Западной Сибири являются соли щелочных металлов и чаще всего соли натрия NaCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃. Влияние их на прочностные показатели суглинистого цементогрунта отражено в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение предела прочности при сжатии образцов из цементогрунта в зависимости от степени засоления и содержания цемента (грунты искусственного засоления)

Наименование и состав грунта	Количество цемента, %		
	6	10	14
	Прочность при сжатии R ₂₈ , кгс/см ²		
Суглинок легкий незасоленный	31,7	45,4	60,0
Тот же суглинок:			
+0,5 % NaCl + 0,5 % Na ₂ SO ₄	35,0	48,3	58,9
+1,5 % NaCl + 0,5 % Na ₂ SO ₄	31,3	56,3	70,4
+0,5 % NaCl + 1,5 % Na ₂ SO ₄	34,5	49,4	64,0
+0,5 % Na ₂ CO ₃	33,7	50,9	63,3
+1,5 % NaCl + 0,5 % Na ₂ CO ₃	27,3	71,8	94,3
+0,5 % NaCl + 0,5 % Na ₂ CO ₃	29,6	45,4	59,9
+1,5 % Na ₂ SO ₄ + 0,5 % Na ₂ CO ₃	28,4	48,5	66,9
+0,5 % Na ₂ SO ₄ + 0,5 % Na ₂ CO ₃	37,0	57,2	68,1

Изменение морозостойкости цементогрунта в зависимости от вида и содержания солей характеризуется кривыми, представленными на рисунке 3.

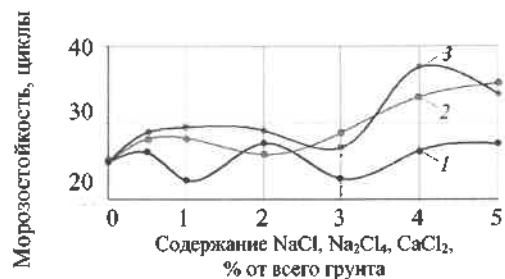


Рисунок 3 – Влияние содержания солей NaCl, Na₂SO₄, CaCl₂, на морозостойкость суглинистого цементогрунта, оцениваемой количеством циклов замораживания-оттаивания до полного разрушения:
1 – грунт + CaCl₂ + 12 % цемента;
2 – грунт + NaCl + 12 % цемента; 3 – грунт + Na₂SO₄ + 12 % цемента

Сульфат натрия Na₂SO₄ и хлорид натрия NaCl (при содержании их в грунте до 5 %) повышают морозостойкость цементогрунта примерно в 1,5 раза (с 23 циклов для незасоленных грунтов до 35–38 циклов для грунтов с большой концентрацией солей). Хлорид кальция CaCl₂ в пределах указанных концентраций значительного влияния на морозостойкость цементогрунта не оказывает.

Следует отметить, что испытания образцов цементогрунта на морозостойкость проводились с некоторым нарушением стандартной методики. Образцы замораживались до определенной температуры.

Удовлетворительную сходимость с результатами испытаний образцов из искусственно засоленных цементогрунтов дали испытания грунтов естественного засоления, укрепленных 12 % портландцемента марки 400 (таблица 2).

Таблица 2 – Морозостойкость цементогрунтов различного состава

Наименование и состав укрепляемого грунта	Марка цемента	Количество цемента, %	Предел прочности при сжатии (R ₂₈), кгс/см ²		Коэффициент морозостойкости
			в водонасыщенном состоянии до замораживания	после 15 циклов замораживания-оттаивания	
Суглинок: легкий незасоленный	400	12	52,7	47,2	0,89
легкий незасоленный, гумуса 2,9 %	400	12	40,5	22,3	0,55
легкий засоленный, солей 0,54 %	400	12	49,0	41,2	0,83
пылеватый засоленный, 1 % солей	400	12	43,0	31,8	0,74
Супесь легкая незасоленная	400	12	31,4	27,6	0,87
Чернозем супесчаный засоленный, 3,25 % солей, гумуса более 4 %	400	12	11,7	10,2	0,88
Супесь тяжелая засоленная, 1,18 % солей, гумуса нет	400	12	47,0	38,2	0,81
Супесь тяжелая засоленная, 1,65 % солей, гумуса нет	400	12	37,2	32,2	0,86

Нами были произведены исследования для выявления расчетных показателей искусственных засоленных грунтов, стабилизированных «Битумной эмульсией» в лабораторных условиях, а также в полевых условиях в Ферганской области на участке 82 км автодороги Р-126 «к. Баликчи-к. – Мингбулок-к. Найман-к. – Пунгон». При испытаниях были использованы рычажные приборы Маслова – Лурье и одноплоскостные срезы, используемые при испытании грунтов (рисунок 4).

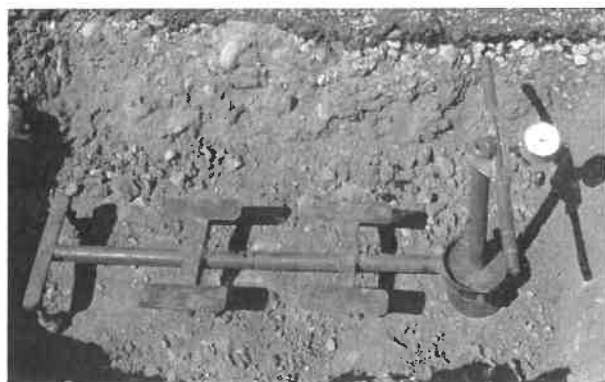


Рисунок 4 – Рычажные приборы Маслова – Лурье при испытании автомобильной дороги Р-126

В таблице 3 приведены результаты лабораторных исследований стабилизированных и нестабилизированных «битумной эмульсией» искусственно засоленных с 5 % NaCl супесей легких пылеватых [8].

Таблица 3 – Расчетные показатели супесей легких пылеватых, стабилизированных и нестабилизированных «Битумной эмульсией»

Коэффициент уплотнения K _{уп}	Расчетные показатели грунтов					
	нестабиллизированных			стабилизированных		
	E, МПа	φ, град	C, МПа	E, МПа	φ, град	C, МПа
0,96	56	26	0,024	65	29	0,030
0,98	65	26	0,034	75	29	0,041
1,00	78	26	0,045	89	29	0,054

Примечание – Расчетные параметры грунтов были определены при влажности 0,55W_{тек.}

Из результатов исследования, приведенных в таблице 3, выявлено, что при коэффициенте уплотнения у стабилизированного грунта повышаются: модуль эластичности – до 89 МПа (на 12 %); сила сцепления – на 0,054 МПа (на 15 %); сила сцепления – на 29 град (около 10 %).

Полученные таким образом характеристики лёссовых грунтов рабочего слоя со стабилизатором и без

него от коэффициента уплотнения K_y и влажности грунтов при испытании W_p можно представить в виде системы

$$\left. \begin{aligned} E_{0,e} &= E_0 (1,80 - 1,22W_x) + \Delta E_3 (19,13K_3 - 17,99); \\ C_{0,c} &= C_0 (2,52 - 2,68W_x) + \Delta C_3 (17,17K_3 - 16,12); \\ \varphi_{0,c} &= \varphi_0 (2,38 - 2,24W_x), \end{aligned} \right\} (1)$$

где $E_0 = 72$ МПа, $C_0 = 0,031$ МПа, $\varphi_0 = 31^\circ$; $\Delta E_3 = 26$ МПа, $\Delta C_3 = 0,029$ МПа.

Чтобы убедиться, что полученное уравнение действительно с достаточной точностью описывает изучаемый процесс, определяли дисперсией неадекватности и дисперсией воспроизводимости.

По результатам полевых испытаний можно рекомендовать коэффициент уплотнения $K_{уп}$ грунтов для дорожных насыпей, достигаемый существующими уплотняющими машинами по её высоте (таблица 4).

Таблица 4 – Рекомендуемый коэффициент уплотнения рабочего слоя из засоленного грунта

Глубина расположения (от покрытия) слоя, м	Толщина слоя, м	Коэффициент уплотнения $K_{уп}$
$H_{до} + 0,4$	0,40	1,02 + битумная эмульсия
$(H_{до} + 0,4) \dots 1,0$	0,60	1,00
$(H_{до} + 1,0) \dots 1,5$	0,50	0,98
Естественное основание	0,30	0,98 + битумная эмульсия
Примечание – $H_{до}$ – толщина дорожной одежды.		

Учитывая возможность неблагоприятного сочетания предельного количества солей с большим содержанием гумуса и отрицательное влияние в некоторых случаях минерального состава грунта, окончательно

заключение о пригодности засоленных грунтов в каждом частном случае следует принимать после проведения соответствующих лабораторных испытаний.

Зачастую наличие в укрепляемых грунтах легко-растворимых солей является положительным фактором, позволяющим снизить расход цемента, а также успешно производить работы по укреплению грунтов осенью и весной при малых отрицательных температурах.

Список литературы

- 1 Худайкулов, Р. М. Обоснование расчетных характеристик засоленных грунтов насыпей земляного полотна : дис. ... д-ра филос. (PhD) по техническим наукам. – Ташкент, 2018. – 133 с.
- 2 Каюмов, А. Д. Уплотнение и расчетные характеристики лессовых грунтов / А. Д. Каюмов. – Ташкент : Фан, 2004. – 120 с. – Предм. указ.: с. 22–24, 38–41.
- 3 Roads and Salinity ISBN: 0734753772 // Department of Infrastructure, Planning and Natural Resources 2003. – 26 b.
- 4 Научно-технический отчет по теме «Теоретическое и практическое исследование влияния различного качества и количества солей в грунте на их водно-физические и механические свойства». – Ташкент, 2012. – Ч. 1. – 90 с.
- 5 Кочеткова, Р. Г. Особенности улучшения свойств глинистых грунтов стабилизаторами / Р. Г. Кочеткова // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2006. – № 3. – С. 23–27.
- 6 Каюмов, А. Д. Поведение лессовых грунтов / А. Д. Каюмов, Д. А. Махмудова, Р. М. Худайкулов // Автомобильные дороги. – 2014. – № 06(991). – С. 93–94.
- 7 Сухоруков, А. В. Обоснование региональных расчётных значений характеристик глинистых грунтов для проектирования дорожных одежд в условиях Западной Сибири : дис. ... канд. техн. наук. – Томск. – 2017. – 148 с. – Предм. указ. : С. 86–90.
- 8 Худайкулов, Р. М. Расчетные характеристики засоленных грунтов, используемых в транспортном строительстве // Метро и тоннели. – 2016. – № 1. – С. 32–36.

Получено 01.03.2019

R. M. Hudaykulov, T. L. Mirzayev. Strengthening the subgrade of roads with the use of cement.

Use of local economic materials contributes to the pace of construction and reconstruction of roads. One of these materials is cement-reinforced soil. In recent years, they are increasingly used to base pavement. However, in the field of design and construction of pavements with structural layers of cement ground, many provisions require verification and refinement. The authors of the article paid attention to the complex strengthening of soils simultaneously with cements and organic binders (bitumen). The use of latter increases the water resistance and durability of soil aggregates. The authors have conducted studies to identify the calculated indicators of artificial saline soils, reinforced with cement, stabilized with bitumen emulsion in laboratory and field conditions. This article discusses the improvement, strength and deformation characteristics of loess soils used in the construction of road pavements with complex reinforcement.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ В УСТРОЙСТВЕ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ТРУБ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Разработана схема устройства для крепления труб на платформе автомобиля. Для проведения исследований рассмотрен способ размещения и упругого крепления на платформе автомобиля четырех труб в два яруса. Методом математического моделирования определены величины динамических сил в упругих элементах продольного крепления труб к платформе при торможении автомобиля.

Для транспортирования жидких и газообразных веществ широко используются трубопроводные сети. Трубы для трубопроводов изготавливают из металла, железобетона, асбестоцементных, полимерных и других материалов. Помимо прочностных характеристик материала трубы отличаются конфигурацией, размерами, наличием покрытия, влияющего на коэффициент трения и т. п. Доставку труб к месту назначения осуществляют в Республике Беларусь в основном железнодорожным и автомобильным транспортом. Размещение и крепление труб на каждом виде транспорта регламентируется соответствующими нормативными документами. На железнодорожном транспорте размещение, а также крепление грузов на открытом подвижном составе должно выполняться в соответствии с требованиями, изложенными в Технических условиях [1]. При перевозке труб автомобильным транспортом руководствуются Правилами [2]. Согласно этим документам крепление рассчитывают на продольную инерционную нагрузку, пропорциональную весу перевозимого груза ($F = kG$). На железнодорожном транспорте коэффициент k зависит от общего веса груза, перевозимого в вагоне, и для упругого крепления находится в пределах 0,97–1,2. Для автомобильного транспорта этот коэффициент составляет 0,8 в направлении вперед и 0,5 по направлениям назад и вбок. Обеспечение безопасности перевозок на автомобильном транспорте связано с проблемой надежного крепления грузов. Предприятия и организации используют различные модели автотранспортных средств. В статье [3] рассмотрены разные способы крепления грузов на автомобильном транспорте и показано, что для каждого груза необходим свой вид крепления, причем наиболее универсальным является способ крепления груза стяжными ремнями. Автор работы [4] отмечает, что автотранспортные средства российского производства не имеют необходимых точек крепления и предлагает увеличивать силы трения за счет предварительного натяжения средств крепления груза. Анализ схем крепления грузов на автотранспортных средствах показал, что здесь имеются существенные отличия по сравнению с креплением грузов в вагонах. Оказалось, что даже при одинаковых размерах кузова автомобиля в плане, точки для крепления грузов располагаются в разных местах. Поэтому разработать единую схему размещения и крепления грузов, пригодную для применения на различных автомобилях практически невозможно.

Целью исследований является определение динамических сил, действующих на упругие элементы про-

дольного крепления труб к платформе при торможении автомобиля с учетом предварительного натяжения поперечной обвязки.

Проведенные исследования [5, 6] показали, что увеличение коэффициента трения между поверхностями труб и опор позволяет уменьшить динамические силы в элементах продольного крепления труб. Поскольку сила сухого трения пропорциональна силе нормального давления, то ее увеличение можно достичь увеличением нормального давления за счет крепления поперечной обвязки и промежуточных опор для труб к раме автотранспортного средства, например, посредством ремней с натяжными устройствами. Причем эти силы будут переменными, то есть возрастать по мере перемещения труб с поперечной обвязкой и промежуточными опорами вдоль рамы автотранспортного средства. Кроме того, применение шарнирно-сочлененных опор для труб [7], увеличивающих число контактирующих поверхностей, в сочетании с оснащением опор ковриками противоскольжения, обладающими более высокими фрикционными свойствами, позволит существенно увеличить силы трения.

В представленной статье рассмотрена схема устройства с продольным креплением труб двух ярусов непосредственно к раме автотранспортного средства. Промежуточные опоры между ярусами труб и поперечная обвязка прикреплены к раме автотранспортного средства.

В ходе проводимых исследований оценивалось влияние: трения; жесткости упругих элементов крепления; предварительного натяжения упругих элементов крепления.

Для проведения исследований автотранспортное средство с закрепленными на нем трубами представлено в виде системы, показанной на рисунке 1. В принятой схеме четыре трубы размещены на автотранспортном средстве в два яруса, а реквизиты крепления содержат упругие элементы с натяжными устройствами. Нижний ярус труб 2 уложен на опоры 5, закрепленные на раме автомобиля 1. Между ярусами труб (нижним 2 и верхним 3) установлены промежуточные опоры 7, которые посредством тяжей 6 прикреплены к раме автомобиля 1. Весь комплект труб посредством поперечной обвязки 8 прикреплен к раме автомобиля 1. От продольного смещения (в направлении движения автомобиля) трубы удерживаются элементами крепления 4, с натяжными устройствами, закрепленными на торцах рамы автомобиля 1. В исходном положении оси элемен-

тов крепления поперечной обвязки и промежуточных опор вертикальны. Оси элементов продольного крепле-

ния труб нижнего яруса горизонтальны, а верхнего яруса наклонены к полу автомобиля под углом α .

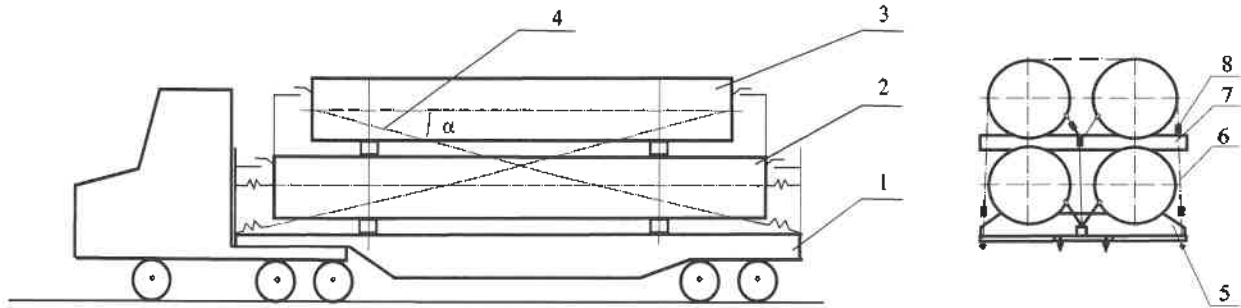


Рисунок 1 – Размещение и крепление четырех труб на раме автомобиля:
1 – рама автомобиля; 2 – нижний ярус труб; 3 – верхний ярус труб; 4 – элементы продольного крепления труб; 5 – ложемент для труб нижнего яруса; 6 – элементы поперечной обвязки; 7 – ложемент для труб верхнего яруса; 8 – поперечная обвязка

Опоры 5 и 7 оснащены ковриками противоскольжения для предохранения от повреждений полиэтиленового покрытия труб и повышения коэффициента сухого трения.

Оценка динамических качеств такого устройства выполнена по схеме, представленной на рисунке 2. В рассматриваемой математической модели процесса

торможения автомобиля, загруженного двумя ярусами труб, элементы продольного крепления труб, крепления промежуточных опор и поперечной обвязки обладают упругими свойствами и имеют линейные характеристики. Элементы поперечной обвязки и промежуточные опоры объединены в отдельные блоки с соответствующими массами.

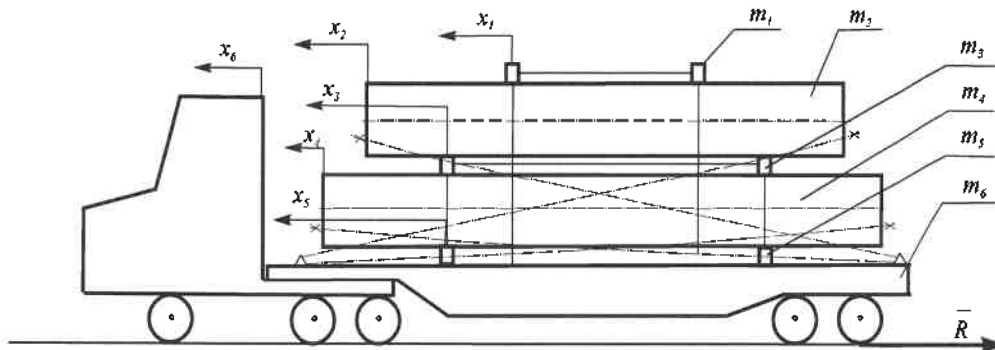


Рисунок 2 – Расчетная схема автомобиля с трубами

На схеме обозначены массы и продольные линейные перемещения: поперечной обвязки m_1 , x_1 ; двух труб верхнего яруса m_2 , x_2 ; промежуточных опор m_3 , x_3 ; двух труб нижнего яруса m_4 , x_4 ; нижних опор для труб m_5 , x_5 ; автомобиля m_6 , x_6 . Начало отсчета каждой из координат x_i , определяющих положение элементов системы, соответствует моменту начала торможения. Таким образом, при принятых допущениях рассматриваемая система будет иметь шесть независимых координат. Система дифференциальных уравнений, отражающих движение указанных тел, представлена в следующем виде [8, 9]:

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + T_1 \sin \beta + F_1 \operatorname{sgn}(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) &= 0; \\ m_2 \ddot{x}_2 + T_2 \cos \alpha - F_1 \operatorname{sgn}(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + F_2 \operatorname{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_4) &= 0; \\ m_3 \ddot{x}_3 + T_3 \sin \gamma - F_2 \operatorname{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_4) + F_3 \operatorname{sgn}(\dot{x}_3 - \dot{x}_4) &= 0; \\ m_4 \ddot{x}_4 + T_4 - F_3 \operatorname{sgn}(\dot{x}_3 - \dot{x}_4) + F_4 \operatorname{sgn}(\dot{x}_4 - \dot{x}_6) &= 0; \\ m_5 \ddot{x}_5 + T_5 - F_4 \operatorname{sgn}(\dot{x}_4 - \dot{x}_6) + F_5 \operatorname{sgn}(\dot{x}_5 - \dot{x}_6) &= 0; \\ m_6 \ddot{x}_6 - T_1 \sin \beta - T_2 \cos \alpha - T_3 \sin \gamma - T_4 - & \\ - T_5 - F_5 \operatorname{sgn}(\dot{x}_5 - \dot{x}_6) + R &= 0, \end{aligned} \right\} (1)$$

где T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 – соответственно силы упругости элементов крепления поперечной обвязки, продольного крепления труб верхнего яруса, крепления промежуточных опор, продольного крепления труб нижнего яруса и крепления нижних опор для труб; F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 – соответственно силы сухого трения между элементами поперечной обвязки и трубами верхнего яруса, трубами верхнего яруса и промежуточными опорами, трубами нижнего яруса и промежуточными опорами, а также нижними опорами, нижними опорами и рамой автомобиля; α, β, γ – соответственно углы наклона элементов продольного крепления труб верхнего яруса к горизонту, отклонения поперечной обвязки от вертикали, отклонения тяжей крепления промежуточных опор от вертикали.

Особенностями данной системы являются учет изменения углов наклона средств крепления по отношению к полу автоплатформы вследствие их деформаций, а также особая форма учета сил кулонова трения, максимальное значение которых достигается только при положительной разности между скоростями контактирующих элементов системы.

Входящие в уравнения системы (1) силы упругости элементов крепления определяются следующими выражениями:

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= c_1(\sqrt{l_1^2 + (x_1 - x_6)^2} - l_1 + \lambda_1); \\ T_2 &= c_2(\sqrt{(\sqrt{l_2^2 - h^2} + (x_2 - x_6))^2 + h^2} - l_2 + \lambda_2); \\ T_3 &= c_3(\sqrt{l_3^2 + (x_3 - x_6)^2} - l_3 + \lambda_3); \\ T_4 &= c_4(x_4 - x_6 + \lambda_4); \quad T_5 = c_5(x_5 - x_6 + \lambda_5), \end{aligned} \right\}$$

где c_1, \dots, c_5 – соответственно жесткости упругих элементов поперечной обвязки, продольного крепления труб верхнего яруса, крепления промежуточных опор, продольного крепления труб нижнего яруса и крепления нижних опор; l_1, l_2, l_3 – соответственно длины элементов поперечной обвязки, продольного крепления труб верхнего яруса и крепления промежуточных опор; $\lambda_1, \dots, \lambda_5$ – соответственно величина предварительного натяжения упругих элементов поперечной обвязки, продольного крепления труб верхнего яруса, крепления промежуточных опор, продольного крепления труб нижнего яруса и крепления нижних опор; h – расстояние от пола автомобиля до крюков на концах элементов продольного крепления труб верхнего яруса.

Силы сухого трения между элементами поперечной обвязки и трубами верхнего яруса, трубами верхнего яруса и промежуточными опорами, трубами нижнего яруса и промежуточными опорами, трубами нижнего яруса и нижними опорами, а также нижними опорами и рамой автомобиля определяются следующими выражениями:

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= f_1(m_1 g + T_1 \cos \beta); \\ F_2 &= f_2((m_1 + m_2) g + T_1 \cos \beta + T_2 \sin \alpha); \\ F_3 &= f_3((m_1 + m_2 + m_3) g + T_1 \cos \beta + T_2 \sin \alpha + T_3 \cos \gamma); \\ F_4 &= f_4((m_1 + m_2 + m_3 + m_4) g + T_1 \cos \beta + T_2 \sin \alpha + T_3 \cos \gamma); \\ F_5 &= f_5((m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5) g + T_1 \cos \beta + T_2 \sin \alpha + T_3 \cos \gamma), \end{aligned} \right\}$$

где f_1, \dots, f_5 – соответственно коэффициенты трения между элементами поперечной обвязки и трубами верхнего яруса, трубами верхнего яруса и промежуточными опорами, трубами нижнего яруса и опорами (промежуточными и нижними), а также нижними опорами и рамой автомобиля; g – ускорение свободного падения.

Тригонометрические функции углов отклонения элементов поперечной обвязки от вертикали, наклона элементов продольного крепления труб верхнего яруса к горизонту и отклонения тяжей крепления промежуточных опор от вертикали определяются следующими выражениями:

$$\begin{aligned} \sin \beta &= \frac{x_1 - x_6}{\sqrt{l_1^2 + (x_1 - x_6)^2}}; \quad \cos \beta = \frac{l_1}{\sqrt{l_1^2 + (x_1 - x_6)^2}}; \\ \sin \alpha &= \frac{h}{\sqrt{(\sqrt{l_2^2 - h^2} + (x_2 - x_6))^2 + h^2}}; \\ \cos \alpha &= \frac{\sqrt{l_2^2 - h^2} + (x_2 - x_6)}{\sqrt{(\sqrt{l_2^2 - h^2} + (x_2 - x_6))^2 + h^2}}; \end{aligned}$$

$$\sin \gamma = \frac{x_3 - x_6}{\sqrt{l_3^2 + (x_3 - x_6)^2}}; \quad \cos \gamma = \frac{l_3}{\sqrt{l_3^2 + (x_3 - x_6)^2}}.$$

Численное интегрирование уравнений системы (1) проводилось в среде MathCAD [10] для скорости автомобиля на момент начала торможения 10 м/с.

Динамические силы в упругих элементах продольного крепления труб нижнего яруса приведены на рисунке 3 при следующих исходных данных: $m_1 = 10$ кг; $m_2 = m_4 = 5700$ кг; $m_3 = m_5 = 200$ кг; $m_6 = 12400$ кг; $l_1 = 2,2$ м; $l_2 = 10$ м; $l_3 = 1,1$ м; $h = 1,1$ м; $c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = 2$ МН/м; $\mu = 0,8$.

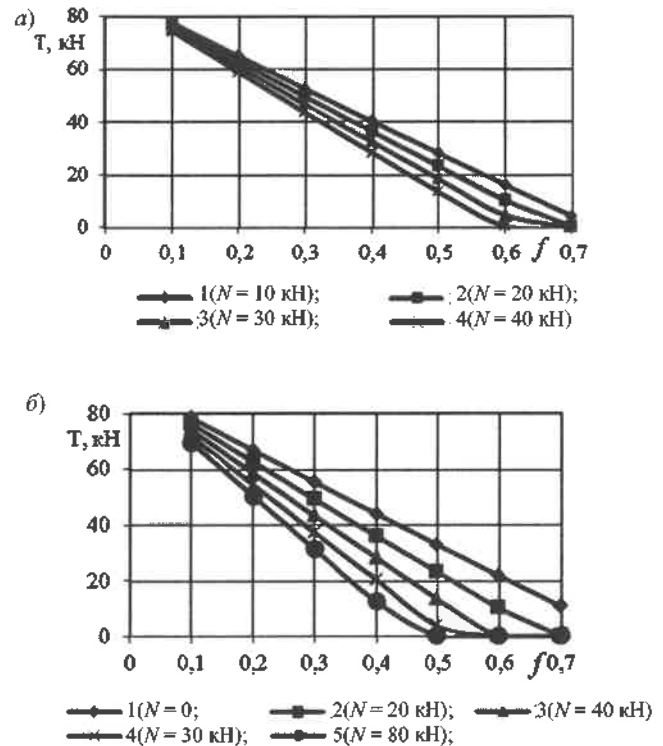


Рисунок 3 – Графики изменения сил в упругих элементах продольного крепления труб при предварительном натяжении:
а – поперечной обвязки; б – поперечной обвязки и крепления промежуточных опор

Коэффициенты трения по всем поверхностям контакта тел приняты равными и варьировались в пределах 0,1–0,7. Предварительное натяжение упругих элементов поперечной обвязки (λ_1) и крепления промежуточных опор (λ_3) варьировалось в пределах 0–0,02 м, а продольного крепления обоих ярусов труб не учитывалось ($\lambda_2 = \lambda_4 = 0$).

Как показывают расчеты, смещения ярусов труб и силы в упругих элементах их крепления ввиду малого угла наклона α практически одинаковы. Дополнительное прижатие ярусов труб к раме автомобиля путем предварительного натяжения упругих элементов только поперечной обвязки ($N_1 = c_1 \lambda_1$) сопровождается уменьшением сил в элементах продольного крепления труб (см. рисунок 3, а). Интенсивность уменьшения сил в элементах продольного крепления труб (см. рисунок 3, б) наблюдается при дополнительном прижатии ярусов труб к раме автомобиля путем предварительного натяжения упругих элементов поперечной обвязки ($N_1 = c_1 \lambda_1$) и крепления промежуточных опор ($N_3 = c_3 \lambda_3$).

В ходе проведения исследований установлено, что жесткость упругих элементов крепления нижних опор для труб к раме автомобиля не оказывает влияния на величину смещения ярусов труб и сил в элементах их продольного крепления.

Полученные в результате проведенных исследований данные свидетельствуют о том, что применение ковриков противоскольжения с высоким коэффициентом трения в сочетании с предварительным натяжением поперечной обвязки и элементов крепления промежуточных опор позволит уменьшить величину динамических сил в устройствах продольного крепления труб при торможении автомобиля.

Список литературы

1 Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах № ЦМ-943 : утв. 27.05.2003 МПС России. – М. : Юртранс, 2003. – 544 с.

2 Правила безопасного размещения и крепления грузов в кузове автомобильного транспортного средства : утв. М-вом трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь 10.10.2005. – Минск : Энергопресс, 2015. – 55 с.

3 Болотов, Н. М. Выбор средств крепления грузов для повышения безопасности при перевозке автомобильным транспортом / Н. М. Болотов, Д. А. Красникова // Научная мысль, 2016. – № 3. – С. 138–142.

Получено 12.03.2019

I. A. Vorozhun. Determination of dynamic forces in the device for fixing pipes in road transport.

The scheme of the device for mounting pipes on the platform of the car. For research, the method of placement and elastic mounting on a plat-form car of four pipes in two tiers is considered. The method of mathematical modeling determines the magnitude of the dynamic forces in the elastic elements of the longitudinal attachment of pipes to the platform when the vehicle is braked.

4 Евсеева, А. А. Применение метода фрикционной фиксации крепления грузов при перевозке автомобильным транспортом для повышения безопасности перевозочного процесса / А. А. Евсеева // Вестник СГТУ. – № 2 (71). – 2013. – С. 307–309.

5 Chaganova, O. S. Fastenings Parameters Determination for Highly Deformative Cargo, Taking into Account Its Durability During Transportation in Cars and Trains / O. S. Chaganova, I. A. Varazhun // International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. – 2018. – Vol. 7, No. 3. – P. 218–222.

6 Ворожун, И. А. Определение сил в элементах крепления труб на платформах автотранспортных средств / И. А. Ворожун // Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 131–132.

7 Устройство для крепления труб на раме транспортного средства: пат. 10789 С1 Респ. Беларусь, МПК (2006): В 60Р 7/00 / И. А. Ворожун, А. В. Заворотный ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп. – № а 20051196 ; заявл. 12.05.05 ; оубл. 30.06.08 // Афіцыйны бюл. / Вынаходства, карысныя мадэлі, прамысловыя ўзоры. – 2008. – № 3. – С. 87.

8 Вершинский, С. В. Динамика вагонов / С. В. Вершинский, В. Н. Данилов, В. Д. Хусидов ; под ред. С. В. Вершинского. – М. : Транспорт, 1991. – 360 с.

9 Varazhun, I. Modeling of the interaction between cargo tiers and flatcar during the collision of cars / I. Varazhun, A. Zavarotny // Technolog. – 2013. – Roc. 5. – № 4. – P. 195–198.

10 Брент, М. MathCAD в инженерных расчетах / М. Брент. – М. : Крона-Век, 2010. – 368 с.

УДК 656.224

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, кандидат технических наук, доцент, А. В. САВЧЕНКО, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИНЦИПАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КЛАСТЕРОВ

Приведены результаты исследований параметрической оценки перспективы транспортно-логистической системы Республики Беларусь при создании логистических кластеров в свободных экономических зонах. Дана оценка влияния транспортно-логистических кластеров на уже созданную транспортно-логистическую сеть в стране. Дана оценка исследованиям данной проблемы ученых различных стран и опыта её решения. Приводятся результаты исследований взаимодействия транспортно-логистических кластеров с фактически существующими логистическими центрами и площадками и единого управления распределением транспортных и материальных потоков в интересах экономики страны. Оценивается возможность создания мультимодальных транспортно-логистических комплексов, которые обеспечат усиление конкурентоспособности национальной транспортной и экономической систем.

Выделение понятия «транспортная логистика» из общей теории логистики во многом связано с необходимостью реализации концепции интеграции транспорта, снабжения, производства и сбыта, оказания транспортных услуг населению. В процессе развития логистики традиционные задачи по оптимизации объёмов поставок и схем маршрутов перевозок, размещения и размера складов уступили место поиску оптимальных решений в целом по всему процессу движения материального потока в сфере обращения и производства по критерию минимума суммарных затрат на транспортировку, снабжение, производство и сбыт.

Развитие инфраструктуры в сфере транспортной логистики привело к появлению термина «кластер», функционально отличающийся от понятия «Транспортно-логистический хаб» [1]. Транспортно-логистический кластер – распределительный узел, оборудованный необходимыми коммуникациями, имеющий соответствующие технические и транспортные средства для выполнения функций транспортной логистики. Главной целью его создания является необходимость интеграции в едином центре всего спектра транспортно-логистических услуг для отправителей и получателей грузов, создание обширных площадей для хранения и дистрибуции различных товаров и обеспечение удобного транспортного сообщения. В современном виде такой кластер представляет собой индустриальный центр промышленной и деловой активности с пересечением и дополнением экономических интересов. Основное отличие логистических кластеров от других объектов рынка транспортно-складской недвижимости заключено в его трансмодальности – осуществлении транспортировки грузов с возможностью их перегрузки на различные виды транспорта [2].

Основной целью оптимального управления движением материального и транспортного потоков является повышение конкурентоспособности транспортных организаций за счет снижения расходов на продвижение товаров от поставщика к потребителям. В зависимости от степени решения задач транспортной логистики определяется степень устойчивости функционирования экономики и транспортной системы страны. В результате возникла необходимость поиска новых подходов в организации перевозок грузов.

Проблема транспортно-логистических кластеров рассмотрена в научных трудах ученых ЕС и США: Е. Дахмена, Е. Лимера, Я. Суоминаена, А. Янга, М. Фельдмана, М. Портера и др. С развитием межконтинентальных транспортно-логистических систем изучение проблемы создания и развития транспортно-логистических кластеров нашло отражение в трудах учёных России, стран СНГ, среди которых А. А. Миграция, А. Г. Гранберг, А. Е. Яковлева, В. П. Давиденко, Е. А. Ткаченко и др. Однако проблема рассматривалась в экономическом направлении без учета технологических особенностей транспортной логистики и доказательной базы правильности выбранных решений. При этом в центре внимания – проблема повышения эффективности логистики с выходом на новый уровень транспортного бизнеса [3]. В отличие от стран, имеющих большие географические пространства (Россия, Украина, Казахстан, Китай), в которых основные функции транспортной логистики выполняет железная дорога и морской транспорт, в странах, имеющих небольшие территории, основной упор на обслуживание транспортной логистики возлагается на автомобильный транспорт [4]. Для Республики Беларусь такой подход имеет важное значение с учётом того, что через её территорию проходят два международных транспортных коридора [1].

Транспорт как составную часть более крупной системы, т. е. логистической цепи, необходимо рассматривать его в разных аспектах. При этом транспортная логистика на системном уровне соединяет в себе элементы других видов логистики (рисунок 1).

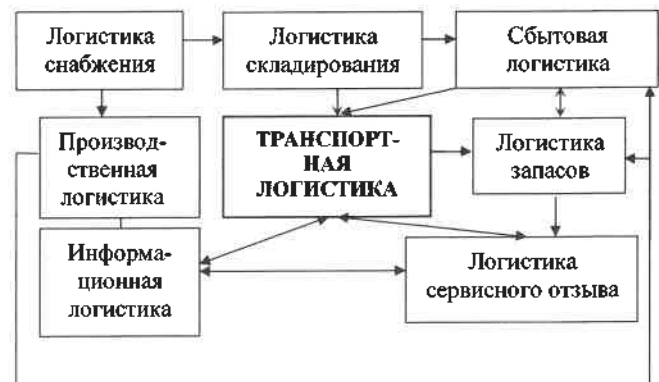


Рисунок 1 – Функционально-технологические связи транспортной логистики

В соответствии с приведенной схемой функционально-технологические связи транспортной логистики с другими видами логистики обусловлены рядом параметрических действий и ограничений (таблица 1).

Таблица 1 – Параметрические действия и ограничения транспортной логистики

Вид логистики	Функциональные действия
1 Снабжения	Конкретизируется объем закупок, сроки и пункты поставок, регламент расходов на транспортные операции, виды закупок и перевозчик
2 Складирования	Регламентируются габаритные размеры грузов, упаковочные материалы, сроки и условия хранения и складирования, погрузки и выгрузки
3 Сбытовая	Устанавливаются условия отгрузки, перевозки, регламент поставок и наличие ограничений на перемещение грузов
4 Производственная	Выполняются необходимые производственные циклы, обеспечивается комплектующими изделиями и материалами логистический процесс
5 Запасов	Выполняется регламент поставок (величина партии, сроки, условия хранения, виды транспортных средств), виды запасов (оперативный или стратегический)
6 Информационная	Собираются последние данные о нормативно-правовой ситуации, наличии свободных ресурсов у участников транспортно-логистического процесса
7 Сервисного отзвва	Использование информации о фактических и плановых запасах, логистики формирования и использования запасов сырья и комплектующих материалов

С учётом параметрических действий и ограничений при использовании свойств аддитивности логистического кластера получили развитие транспортно-логистические кластеры – устойчиво взаимодействующие географически независимые транспортно-логистические объекты, реализующие функции полного цикла функций транспортной логистики.

Влияние параметрических действий и ограничений транспортной логистики на создание кластеров оценивается свойством аддитивности по отношению к входному материальному или транспортному потоку. По результатам исследований транспортно-логистических кластеров при различных объемах работы и их величине для транспортно-логистических кластеров наиболее приемлемым является использование зависимости Ньютона-Лейбница, связанная с непрерывностью транспортно-функционального процесса между входным потоком грузов ($\sum_{j=1}^K p_j(t)$) и результативностью выполнения

транспортно-логистических операций ($\sum_{i=1}^N D_i(t)$) кластером. При этом на отрезке $[\sum_{j=1}^K p_j(t) - \sum_{i=1}^N D_i(t)]$ функция устойчивой работы транспортно-логистического кластера является непрерывной, т. е.

$$F(p_i) = \int_p^D f(p_i) dt,$$

где p_i – величина материального или транспортного потока, поступившего на обслуживание в транспортно-логистический кластер или систему.

Свойство аддитивности транспортно-логистической системы при использовании кластера оценивается через производную от функции

$$F'(p_i) = \lim_{\frac{R-D}{p}} \frac{\int_p^{R-D} f(p_i) dt - \int_p^R f(p_i) dt}{D},$$

где R – привлекаемые ресурсы для выполнения транспортно-логистических операций в кластере.

С учётом выделенного свойства аддитивности можно составить обоснование функционирования кластера:

$$\begin{aligned} \int_p^{P+D} f(p_i) dt &= \int_{(PI)}^{P+D} f(p_i) dt + \int_{(PI)}^D f(p_i) dt = \\ &= \int_{(PI)}^{R+D} f(p_i) dt - \int_{(PI)}^D f(p_i) dt. \end{aligned}$$

С учетом этого в качестве доказательной базы эффективного функционирования транспортно-логистического кластера используется условие сходимости или расходимости интегралов, оценивающих свойство аддитивности, т. е. если $|f(p_i) dt| \leq |D(PI)|$ на отрезке

$[\sum_{j=1}^K p_j(t) - \sum_{i=1}^N D_i(t)]$, то при сходимости интеграла резу-

льтативности $\int_{(PI)}^d |D(PI)| dt$ следует сходимость инте-

грала свойств входного материального или транспортного потока $\int_{(PI)}^d |f(p)| dt$ и соответственно

$$\int_p^d |f(p_i) dt| \leq \int_p^d |D(PI)| dt.$$

Поэтому из расходимости $\int_p^d |f(p_i) dt|$ следует также

расходимость $\int_p^d |D(PI)| dt$. При формировании логисти-

ческого кластера худшим вариантом является тот, когда функции $|f(p_i) dt|$ и $|D(PI)| dt$ не ограничены в зоне использования ресурсов транспортных организаций, включаемых в транспортно-логистический кластер, при

условии $\lim \frac{|f(p_i) dt|}{|D(PI)| dt} = P > 0$, тогда интегралы, оцени-

вающие входные потоки в логистическую систему $|f(p_i) dt|$ и результативность её работы $|D(PI)| dt$, могут сходиться и расходиться одновременно, что говорит о необходимости формирования транспортно-логистического кластера с определенными функциональными задачами.

В результате целью формирования транспортно-логистических кластеров является интеграция конкурентных преимуществ территории страны или выделенного региона посредством совместного использования взаимосвязанными видами транспортной деятельности общих ресурсов и коммуникаций видов транспорта при снижении транзакционных издержек за счёт увеличения доверия между участниками кластера [5].

С учётом рассмотренных свойств аддитивности исследовано влияние параметрических действий и ограничений транспортной логистики на создание кластеров (рисунок 2).

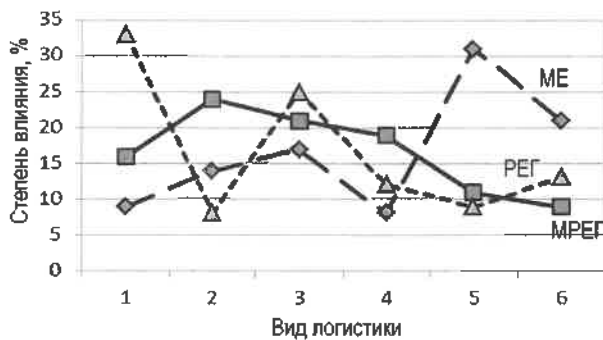


Рисунок 2 – Влияние параметрических действий и ограничений при создании логистических кластеров в Республике Беларусь по видам сообщения: ME – международного; REG – регионального; MREG – межрегионального

Из рисунка 2 видно, что для международного сообщения большое влияние оказываются элементами информационной логистики и сервисного отзыва, межрегионального – складирования и распределительной, регионального – снабжения и распределительной. Эти факторы являются определяющими при размещении и функциональном назначении транспортно-логистических кластеров.

Логистический кластер интегрирует рыночные субъекты хозяйствования, формирующие и поглощающие транспортные потоки, транспортные организации и экспедиторские компании, представляющие все виды транспорта в зоне расположения кластера, складские комплексы, транспортно-распределительные центры и терминалы, институциональные органы (Министерство транспорта и коммуникаций, финансов, пограничный и таможенный комитеты и др.), организации, оказывающие транспортные услуги на принципах аутсорсинга.

Транспортно-логистические услуги в современных условиях включают уже не только складские операции, сопровождение и перегрузку грузов от поставщика потребителю, но и экспедиторские, информационные и трансакционные операции, услуги по грузопереработке, страхованию, охране и т. д. Системный подход способствует наилучшему выбору транспортно-логистических услуг, так как качество перевозок, как правило, в большей мере отражается на общих расходах.

Задачи интеграции участников транспортно-логистического процесса в соответствии с требованиями технических регламентов транспортной деятельности на видах транспорта и технологии выполнения перевозок с учётом согласованных экономических интересов всех участников транспортно-логистической системы и использованием единых систем планирования логистических схем доставки грузов [4] обуславливают достижение целей создания транспортно-логистического кластера и ожидаемой эффективности (таблица 2).

При создании и развитии транспортно-логистической системы учитываются аспекты, на которых базируется современная транспортная логистика: техника и технология как совокупность всех имеющихся технических средств и оборудования, сопровождающих материальные и транспортные потоки; информация как совокупность статистических и динамических данных о движении материальных и транспортных потоков в логистической системе; экономика транспортной деятельности и финансовые отношения в стране.

Таблица 2 – Целевые задачи эффективности создания транспортно-логистического кластера

Цели и задачи создания кластера	Эффективность кластера
Удовлетворение рынка транспортных услуг, формирование и развитие терминально-логистических структурных элементов многоцелевого назначения	Обеспечение эффективного территориального построения транспортно-логистического и терминально-складского комплексов для обслуживания грузопотоков
Обеспечение кооперации и интеграции малых и средних транспортно-логистических организаций на видах транспорта в общей логистической системе	Оптимизация процесса доставки грузов различными видами транспорта и получение эффекта от масштаба закупок материалов
Логистические и технологические исследования и мониторинг	Повышение конкурентоспособности международных транспортных коридоров
Квалификация персонала	Создание системы оперативного взаимодействия планирования и диспетчерского регулирования в транспортных узлах и обеспечения оптимального сервисного обслуживания грузопотоков
Развитие маркетинговой деятельности и расширение рынка сбыта и транспортных услуг	Снижение доли транспортных и логистических затрат в валовом внутреннем продукте. Оперативная адаптация внутренних структур и внешних связей к нестабильным рыночным условиям
Создание устойчивых контактов с финансовыми, транспортными и кредитными учреждениями	Создание логистической информационной системы, обеспечивающей обмен данными между участниками кластера

Эффективность интеграции элементов транспортно-логистической системы зависит от степени реализации принципов логистики, которые реализуются через ее функции – укрупненные группы логистических операций, направленных на реализацию целей логистической системы (таблица 3).

Таблица 3 – Интегративные функции транспортно-логистической системы

Функция	Содержание функции
Оперативная	Управление движением сырья, материалов, запасов готовой продукции на рынки сбыта, организация потоков конечной продукции от предприятия-производителя к потребителям
Координационная	Анализ потребностей в материальных ресурсах на различных фазах транспортной логистики; исследование рынков транспортных и логистических услуг, на которые задействована транспортная организация; прогнозирование развития потенциальных рынков; обработка данных, касающихся заказов и потребностей клиентуры в транспортно-логистических услугах
Поддерживающая	Складирование, грузопереработка, выполнение защитной упаковки, обеспечение возврата товаров, обеспечение запасными частями и сервисным обслуживанием, сбор возвратной тары (поддонов, контейнеров, прицепов, вагонов и др.), информационно-компьютерная поддержка

При выполнении каждой из отмеченных функций возникают определенные издержки, к которым относятся расходы за начально-конечные операции, перевозка и экспедирование груза, его хранение, сбор, архивирование и передача информации по логистическим операциям, выполнение расчетов с поставщиками и потребителями необходимых ресурсов, банковские услуги, таможенное оформление грузов. С учетом этого транспортно-логистические системы формируются в транспортно-логистические сети в постоянном взаимодействии со всеми субъектами внешнеэкономической деятельности [11].

В результате транспортно-логистическая сеть формируется при условии достижения максимальной эффективности её работы в целом с учётом интеграции функциональной деятельности всех её элементов. Исходя из основной цели создания сети её действия должны быть направлены на минимальное наличие противоречий между структурой производственных программ производителей товаров и потребительского спроса, что обеспечивает устойчивое положение транспортно-логистической сети на рынке транспортных услуг [3]. Используется классификатор принципов формирования транспортно-логистических систем [6], приведенный в таблице 4.

Таблица 4 – Классификация принципов формирования транспортно-логистических систем

Принцип	Функциональное наполнение
Системные, по результатам функциональной деятельности	<p>Логистические потоки оптимизируются в пределах сложных логистических производственно-транспортных и транспортно-сбытовых систем;</p> <p>ТЛС рассматривается с позиций её места и роли в сложных логистических производственно-транспортных и транспортно-сбытовых системах;</p> <p>создание инфраструктуры ТЛС основывается на материальных логистических потоках;</p> <p>обеспечение ресурсами функционирования ТЛС и реализации логистических услуг через каналы движения через торговые цепи (их организует экспедитор или оператор интер- или мультимодальной перевозки);</p> <p>эффективное управление ТЛС выполняется из логистических центров, которые формируются в региональных (локальных) ТЛС, которые образует интегрированную ТЛС страны;</p> <p>логистические схемы доставки грузов рассматриваются как звенья логистической цепи доставки материальных ресурсов или поставок конечной продукции;</p> <p>в основу формирования ТЛС закладываются верхние пределы тарифов и крайние сроки поставки, объёмы перевозок, устанавливаемые из конечной цены товара</p>
Логистических затрат	<p>Оптимизация затрат;</p> <p>достижение глобального оптимума с использованием в качестве критерия логистических затрат в ТЛС, построенной в пределах двух и более государств;</p> <p>получение прибыли на этапах логистического процесса</p>

Окончание таблицы 4

Принцип	Функциональное наполнение
Координация использования по удовлетворению потребностей	<p>Использование ТЛС для большого количества хозяйствующих субъектов и транспортных организаций;</p> <p>наличие административного ресурса при синхронизации логистических потоков;</p> <p>разнообразие потребностей: обычные, доминирующие, локальные национальные и глобальные</p>
Компромиссов	<p>Обуславливается глобальным характером субъектов хозяйствования при выполнении транспортно-логистических действий;</p> <p>сочетание интересов хозяйствующих субъектов различных государств</p>
Логистический сервис (инновационные)	<p>Качество выполнения транспортно-логистических операций;</p> <p>комплексное транспортно-экспедиционное обслуживание</p>
Моделирование процессов	<p>Использование различных видов моделей возникающих ситуаций при реализации ТЛС;</p> <p>качественная информационная поддержка</p>
Управление качеством	<p>Использование качественных ресурсов (материальных, трудовых, финансовых, технологических и др.)</p>
Устойчивость функционирования	<p>Обеспечение быстрой адаптации сложных ТЛС к изменениям спроса на транспортно-логистические услуги;</p> <p>стабильный объём транспортно-логистических услуг;</p> <p>устойчивое финансирование транспортной логистики;</p> <p>поведение на рынке транспортных услуг (защитное или агрессивное)</p>

В мировой практике формирования ТЛС наблюдаются следующие тенденции: развитие транспортно-логистических кластеров (в пунктах стыкования различных видов транспорта или на границе страны); выделение крупных транспортно-логистических компаний и создание условий необходимого присутствия на рынке транспортных услуг с учётом их универсальности; рост объёма транспортно-логистических услуг по приемлемым для пользователей тарифам.

Кластерная форма организации транспортно-логистических распределительных центров имеет особенности по сравнению с системной и сетевой формами [7]:

- объединяются разнообразные по форме собственности, организационно-правовому статусу и отраслевой принадлежности организации, принимающие участие в единой транспортно-логистической деятельности;
- предусматривается территориальная локализация, позволяющая участникам располагаться в непосредственной близости друг от друга и получать за счёт этого транзакционную экономию;
- между участниками транспортно-логистического процесса устанавливаются доверительные отношения, совместное использование ресурсов;
- управление осуществляется на основе государственного-частного партнерства является замкнутой мезаструктурой, в результате появляется возможность учёта совокупных издержек от реализации логистики;
- инициатива формирования кластера принадлежит государственным органам управления при единстве информационной и инфраструктурной систем.

С учётом того, что на территории кластера концентрируются материальные потоки и транспортно-логистические услуги, связанные с ними информационные и финансовые потоки, управляемые различными операторами, в кластере может эффективно выполняться оптимизация управления операциями, связанными с грузовыми, финансовыми информационными потоками. При этом транспортно-логистический хаб представляет собой альянс транспорта, логистики и торговли. Управление кластером осуществляется специальной управляющей компанией.

В соответствии с исследованиями различных учёных концепции создания транспортно-логистического кластера интегрируют основные структурные элементы:

- местоположение: если девелопер стоит на месте бывшего транспортного предприятия, то проводится анализ существующего его расположения, если нет – то кластер создается без привязки к конкретной территории и расположению коммуникаций и заранее считается наилучшим;

- организация территории с учетом существующей и планируемой инфраструктуры включает взаимодействие с органами государственного управления и зонирование территории, которое при организации кластера имеет первостепенное значение;

- коммуникации: при формировании кластера к нему подводятся необходимые транспортные и инженерные коммуникации. Параллельно с этим рассматриваются возможные способы вывоза и доставки товаров на территорию кластера – автомобильным, железнодорожным, авиационным и прочими видами транспорта.

Подобная форма девелопмента позволяет объединять все грузопотоки в одном месте, минимизировать время обработки товаров, увеличивать спектр предлагаемых логистических услуг. Эффективность крупного распределительного центра (кластера) достигается за счёт возможности обрабатывать грузы, доставляемые разными видами транспорта: автомобильным, железнодорожным, воздушным, водным. Поэтому крупные логистические операторы предпочитают иметь дело с крупными транспортно-логистическими центрами на собственных площадках, где также размещаются таможенные складские площади. Не удивительно, что большое внимание при проектировании логистического кластера уделяется его местоположению [8]. «Они должны находиться в стратегически важных для логистики местах: в аэропортовых и приаэропортовых зонах, местах концентрации производств, морских портах, на пересечении основных магистралей (автомобильные дороги, железнодорожные направления, опыт создания транспортно-логистического кластера «Смолевичи» в Минском транспортном узле).

При небольших размерах страны (например, Республика Беларусь) не выгодно использование крупных транспортно-логистических терминалов внутри страны. С учетом высокого уровня развития транспортных коммуникаций в стране выгодно иметь несколько транспортно-логистических кластеров на границе (в Бресте, Гродно, Полоцке, Смолевичах и Гомеле), в которых выполняется интеграция или распределение грузопотоков и необходимые таможенно-пограничные операции. В таком случае для выполнения перевозок экспортно-импортных грузов внутри страны нет необходимости

иметь автомобили высокого класса и водителей, предназначенных для международных перевозок. Также отпадает потребность во внутренних таможенных складах. Выполнение таможенной логистики переносится на внешние границы государства и используется участковый метод перевозок со сменой тягачей требуемого класса. При этом учитываются следующие условия: наличие постоянных грузопотоков, которое определяет организацию регулярного движения транспортных средств по заранее определенным маршрутам перевозок; составление маршрутов движения автомобилей, которые должны соответствовать требованиям по эффективному использованию по всему маршруту при полной загрузке, когда продолжительность оборота автомобиля не должна превышать времени одной смены работы водителей и минимальных нулевых пробегам; выполнение перевозок минимальным количеством транспортных средств; выбор маршрутов движения в зависимости от территориального расположения грузообразующих и поглощающих пунктов, величины грузопотока и применяемого типа транспортных средств, что обеспечивает регулярность выполнения и эффективность перевозок [10].

При создании транспортно-логистических кластеров учитывается социальная инфраструктура. Он обычно располагается возле крупного населенного пункта (рядом с индустриальным парком), что гарантирует наличие рабочей силы, или же сам комплекс может стать ядром промышленной зоны с развитой инфраструктурой и различными рекреационными зонами. При этом учитываются возможности использования аутсорсинга региональными предприятиями [12]. Поэтому в транспортно-логистической системе также учитываются: организация территориального размещения производственных объектов и пунктов зарождения и погашения материальных и транспортных потоков; возможность подготовки грузов к перевозке и их транспортировке; организация финансового обеспечения транспортно-логистического процесса в полном объёме; выполнение экологических требований на всём маршруте перевозки грузов; эффективное управление движением материальных и транспортных потоков и обеспечения согласованного снабжения; управление маркетингом рынка транспортных услуг, товаров и сырья; организация конечной реализации готовой продукции (создание торговых домов и системы транспортного их обслуживания, организация экспортных поставок и распределения). В среднем на таком комплексе общей площадью 10 тыс. м² работают в три смены 200–250 человек. В больших логистических парках эта цифра существенно возрастает.

При формировании мультимодального кластера необходима чёткая концепция государства, так как часть расходов оно обычно берёт на себя, получив взамен долю в проекте и более высокую налоговую составляющую (предоставление земельного участка с подведенными коммуникациями и создание дорожной инфраструктуры). Кроме того, участие государства в подобных проектах способствует развитию транспортных коммуникаций, машиностроения по производству необходимых транспортных средств.

Яркими примерами международной практики создания и функционирования транспортно-логистических кластеров являются:

– Роттердам: объём переработки грузов свыше 430 млн т, в т. ч. 38 млн т металлов и 92 млн т нефтепродуктов, контейнеров – 11,9 млн TEU, скоропортовых грузов – 10 млн т;

– Гамбург (ФРГ) – крупнейший в стране, который обслуживает перевалку и таможенно-пограничное оформление грузов, поступающих автомобилями, по железной дороге и Рейну из ФРГ, стран Центральной Европы. Танкеры с нефтегрузами (более 30 % всего грузооборота порта) обрабатываются у специализированных причалов, оборудованных соответствующими сливными средствами. Емкости для хранения нефтегрузов составляют около 4 млн м³. Контейнерооборот порта составляет 8,9 млн TEU. Порт Гамбург является крупнейшим универсальным портом Германии, который обеспечивает более 156 тыс. рабочих мест и перечисляет в бюджет более 21,8 млрд евро, что является главной причиной значительной поддержки его деятельности со стороны государства;

– Шанхай: объём обработанных грузов – 646,5 млн т и 37 млн TEU контейнеров. Ежемесячно на территории кластера обрабатывается более 2000 контейнерных судов;

– Гонконг: ежегодно обрабатывается 298 млн т грузов и 22,3 млн TEU контейнеров. Кластер специализируется на обработке ISO-контейнеров, а также сырья (сырой нефти) и стройматериалов. В среднем порт посещают 350 контейнеровозов в неделю, они соединяют Гонконг регулярными маршрутами с 510 портами мира;

– Сингапур является самым загруженным транзитным кластером в мире, обслуживая пятую часть транзитных контейнерных операций и 6 % общемирового контейнерного оборота. По товарообороту он занимает первое место в мире.

Заключение

Значение транспортно-логистических узлов для реализации экономического и промышленного потенциала крайне велико. Если несколько расширить угол зрения, легко понять, что крупные транспортные узлы взаимосвязаны и взаимозависимы. С одной стороны, кластеры выполняют бесперебойное транспортно-логистическое обеспечение региона или страны (экономической зоны, международного транспортного коридора), что создает условия для развития промышленности, а с другой – мегаполисы требуют эффективного решения логистических проблем. К тому же постепенно развиваются новые виды транспорта и совершенствуются транспортные коммуникации, которые требуется интегрировать для освоения транспортных и материальных потоков.

Ситуация на мировом рынке транспортно-логистических услуг позволяет вести речь не о конкуренции отдельных кластеров, а целых маршрутов и логи-

стических цепей, что является важным преимуществом логистических комплексов при развитии устойчивой связи с зоной обслуживания. Это предусматривает не только построение логистики, ориентированной на кластеры, но и создание в той же зоне производственных мощностей и промышленных парков (например, белорусский технопарк «Великий камень»).

Список литературы

- 1 Комарова, И. И. Транспортно-логистические кластеры как механизм развития транспортных коридоров / И. И. Комарова // Современные производительные силы. – М., 2014. – № 2. – С. 44–50.
- 2 Афанасенко, И. Д. Коммерческая логистика : учеб. / И. Д. Афанасенко, В. В. Борисова. – СПб. : Питер, 2012. – 352 с.
- 3 Тимашев, А. Л. Как сделать логистику эффективнее / А. Л. Тимашев // Транспорт Российской Федерации. – 2007. – № 10 (10). – С. 43.
- 4 Роль автомобильного транспорта в обслуживании хабов / К. Ю. Белый [и др.] // Автоматизация и управление в технических системах. – 2015. – № 3 (15). – С. 157–164.
- 5 Покровская, О. Д. Логистический накопительно-распределительный центр как инфраструктурная основа международных транспортных коридоров / О. Д. Покровская // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2013. – № 12–1. – С. 118–121.
- 6 Гвилия, Н. А. Кластеризация как вектор повышения конкурентоспособности логистической инфраструктуры корпораций в современных условиях / Н. А. Гвилия // Риск: ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. – 2014. – № 3. – С. 60–65.
- 7 Логистика, транспортная логистика, транспортные тарифы. Основные публикации. Формирование транспортной политики Республики Беларусь в Едином экономическом пространстве : [моногр.] / И. А. Еловой [и др.]. – Минск : Право и экономика, 2011. – 461 с.
- 8 Волынский, И. А. Сухие порты как основные элементы транспортно-логистических кластеров: европейский опыт / И. А. Волынский, А. В. Титов // Вестник астраханского государственного технического университета. – 2015. – № 2. – С. 84–88.
- 9 Сергеева, А. И. Транспортная логистика как одна из функциональных областей логистики / А. И. Сергеева // Сибирская академическая книга. – 2018. – № 8. – 3 (28). – С. 54–56.
- 10 Гапочка, А. А. Порт-хаб как элемент транспортной системы: роль и значение / А. А. Гапочка // Логистика. – 2016. – № 10 (119). – С. 24–29.
- 11 Шустрова, Н. Ш. Учёт затрат на логистику / Н. Ш. Шустрова // Бухгалтерский учёт. – 2008. – № 1. – С. 18–23.
- 12 Охотников, И. Н. Природа рынка логистического аутсорсинга: трансформация транзакционных действий в транзакционные услуги / И. Н. Охотников, И. П. Сибирко // Логистика. – 2014. – № 2 (87). – С. 33–35.

Получено 31.01.2019

A. A. Mikhalchenka, A. W. Sauchanka. Research of efficiency of integration of elements of transport and logistic system on the principles of cluster functioning.

The results of studies of the parametric assessment of the prospects of the transport and logistics system of the Republic of Belarus during the creation of logistics clusters in free economic zones are presented. An assessment is made of the impact of transport and logistics clusters on the already established transport and logistics network in the country. An assessment is given to the research of this problem of scientists from different countries and the experience of its solution. The results of studies of the interaction of transport and logistics clusters with actually existing logistics centers and sites and the unified management of distribution of transport and material flows in the interests of the country's economy are presented. The possibility of creating multimodal transport and logistics complexes, which will enhance the competitiveness of the national transport and economic systems, is being evaluated.

УДК 656.13.072:629.114.001.45

И. В. ХМЕЛЁВ, кандидат технических наук, М. Г. ПИЦЫК, старший преподаватель, Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина

МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК С УЧЁТОМ ИЗМЕНЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АВТОБУСОВ

Предложен метод для композиционного проектирования автобусных перевозок, который основан на схеме функционирования автотранспортного средства как динамического средства труда. Для разработки метода использованы положения теории энергоресурсной эффективности автомобиля. Новизной данного метода является использование энергетически нормализованных расчётных схем транспортных операций на основе моделей эталонных прототипов и тестовых операций. Эти модели обеспечивают обоснование подвижного состава с технической новизной в проектах перевозок. Для возможности анализа развития параметров новых автотранспортных средств и совершенствования транспортных технологий разработана универсальная структура автомобиля обобщённого типа. Эта схема охватывает все варианты конструктивного базиса автомобиля. Новые варианты конструкции автомобиля формируются путём изменения количества конструктивных модулей и их параметров. Предложенный метод обеспечивает анализ транспортно-технологического качества автобусов в соответствии с концепцией сбережения энергии и ресурсов в транспортной системе.

Внутренние перевозки пассажиров автомобильным транспортом являются неотъемлемой составляющей транспортного комплекса страны и представляют собой особый вид хозяйственной деятельности, связанный с безопасностью для жизни и здоровья граждан. Поэтому государство осуществляет жёсткий контроль деятельности субъектов хозяйствования в сфере внутренних перевозок пассажиров автомобильным транспортом [1].

Среди всех видов пассажирского транспорта преимущество имеет автомобильный транспорт, который является наиболее массовым. Удовлетворяя потребности населения в перевозках, пассажирский автотранспорт влияет на уровень производительности труда и бытового обслуживания, развитие культуры и досуга. В связи с этим усовершенствование городских пассажирских перевозок имеет важное социальное значение [2].

Кроме того, основным товаром автотранспортной системы являются автотранспортные услуги (АУ). Для их непрерывного воспроизведения необходимо постоянно обновлять подвижной состав. Поэтому автомобиль является ресурсным товаром системы. В работе [3] показано, что сумма высоких эксплуатационных свойств автотранспортных средств (АТС) и самых прогрессивных (с точки зрения времени сообщения и комфортности поездки) технологий перевозок не обеспечивают заданные уровни повышения энергоресурсного и экологического качества автомобилей. Для достижения этой цели нужна система потребительски ориентированных и согласованных конструктивных и транспортных новаций в жизненном цикле автобуса.

Капиталоёмкие конструктивные новации, осуществлённые при создании нового подвижного состава, оплачиваются покупателем-перевозчиком. В свою очередь последний, в условиях конъюнктуры рынка перевозок, заинтересован в долгосрочном повышении экономической и технической конкурентоспособности своих услуг в рамках концепции сохранения энергии и ресурсов. Под конкурентоспособностью АТС понимается совокупность его качеств, характеризующих степень удовлетворения требований к уровням потребительской и трудовой полезности автомобиля по сравнению с лучшими аналогичными образцами [4].

Стратегической целью перевозчика является формирование энергосберегающих технологий систем автомобильных перевозок. Для реализации этой цели разработан комплекс моделей для управления энергоресурсной эффективностью АТС обобщённого типа. В основу комплекса положены исходные предпосылки, необходимые для имитации процессов использования ресурсов транспорта в проектах перевозок, а также принципы ресурсосбережения. С помощью моделей целевой функции энергоресурсной эффективности, а также моделей эффективности использования автомобиля с переменными параметрами и методов теоретического синтеза структуры АТС обобщённого типа формируется композиционная модель ресурсосберегающего проекта перевозок. Она обеспечивает обоснование подвижного состава с технической новизной в проектах перевозок [2].

Для целевого управления энергоресурсосберегающим развитием подвижного состава актуальным является создание методов комбинаторного анализа схем функционирования автобуса и композиционного проектирования процесса воспроизводства АУ, что обеспечивает заданный уровень энергоресурсного качества. В настоящее время теория композиционного проектирования сложных систем и процессов широко используется в отраслях создания вычислительной техники, в электротехнике, в авиационной и т. д. Эта теория представлена в работах Л. Берталяни, Н. И. Бусленко, В. А. Веникова, А. Ланге, И. А. Лазарева, Н. Н. Моисеева, А. И. Половинкина, Г. С. Поспелова и других ученых. На основе этих работ согласно задаче композиционного проектирования воспроизводства АУ, сформулированы исходные предпосылки композиционного проектирования перевозок [1].

Для возможности оценки эффективности автобуса как носителя технических ресурсов транспорта в данной работе использованы положения теории энергоресурсной эффективности автомобиля [2]. В связи с тем, что технологии систем перевозок состоят из процессов преобразования ресурсов транспорта в продукт, то в основу математической модели энерго- и ресурсопотребления положено описание функционирования АТС как динамического средства труда в операции движе-

ния. Основной особенностью подобного функционирования АТС является выполнение адаптивно-дискретной транспортной работы. При определении энергоресурсной эффективности автобуса необходимо учитывать факторы интенсивности переходных процессов. В этих процессах происходит повышение энергозатрат, износ силовых агрегатов и шин, рост токсичности отработавших газов из-за нарушения рабочих процессов двигателя. При интенсивных переходных процессах (ускорениях и разгонах) чаще всего нарушается устойчивость силовых связей колёс с дорогой, что непосредственно влияет на безопасность движения, и, кроме того, растут потери энергии в месте контакта колёс с дорогой [2].

Также необходимо отметить, что главной особенностью будущих транспортных предложений является изменение конструктивных параметров АТС – то, что сейчас не учитывается в проектах пассажирских перевозок. В связи с этим в данной статье разработан метод оценки будущих проектов перевозок пассажиров с учётом эволюции конструктивных параметров автобусов. На основании работы [2] была разработана схема структурно-параметрической организации конструкции автобуса (СПОКА) обобщённого типа (рисунок 1), согласно которой процесс его перемещения с пассажирами основан на процессах преобразования внутренней энергии двигателя $E_{дв}$ в импульс количества движения, равный дискретной транспортной работе ΔW :

$$E_{дв} \rightarrow P_T \Delta t \rightarrow q\gamma_{ст} v \Delta t \rightarrow \Delta W, \quad (1)$$

где $q\gamma_{ст}$ – пассажироместность автобуса и коэффициент её использования; P_T – сила тяги; Δt – время операции; v – средняя скорость движения автобуса.

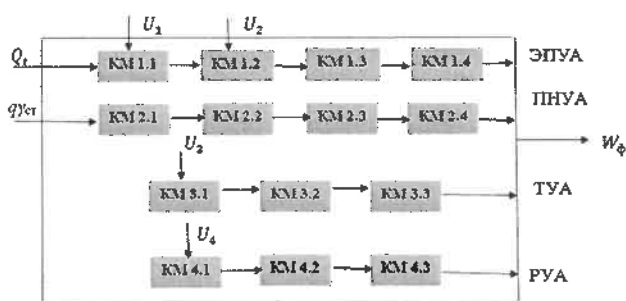


Рисунок 1 – Схема структурно-параметрической организации конструкции автобуса;

U_1, U_2, U_3, U_4 – воздействия на элементы КМ;
 $W_ф$ – физический продукт транспорта; Q_t – поток топлива

Эти процессы обеспечиваются работой двух основных устройств конструкции автомобиля: энергопреобразующего и пассажиронесущего (грузонесущего). Первый преобразует химическую энергию топлива в кинетическую энергию объекта перевозок (пассажиров), а второй обеспечивает передачу веса пассажиров на поверхность качения через колёса. То есть обобщённый взгляд на конструкцию АТС достигается модульным описанием его энергопреобразующего и пассажиронесущего устройств. Прогресс в энергопреобразовании и перевозке пассажиров, достигаемый в заданном варианте конструкции автобуса, обеспечивается направленным выбором структуры и параметров его функцио-

нальных модулей. Гибкость технического облика АТС в пределах описания элементов типоразмерного ряда подвижного состава происходит на основе представления конструкции автобуса в виде некоторого множества характеристик СПОКА. Выбор характеристик и параметров этих устройств должен обеспечивать максимизацию энергетической эффективности конструкции АТС [5]. В данном случае энергопреобразующее устройство (ЭПУА) представляет собой двигатель и элементы передачи энергии к колёсно-тяговому модулю, перевозочное устройство (ПНУА) – кузов автобуса.

В схему конструктивного базиса автобуса входят четыре устройства: энергопреобразующее (ЭПУА), пассажиронесущее (ПНУА), тормозное (ТУА) и рулевое (РУА). Первые два устройства (ЭПУА и ПНУА) состоят из четырех конструктивных модулей (КМ). Третье и четвертое устройства включают в себя по три КМ.

Устройства включают в себя следующие конструктивные модули:

1) ЭПУА: КМ 1.1 – источник энергии; КМ 1.2 – трансформация энергии (коробка передач, главная передача); КМ 1.3 – распределение энергии (дифференциалы межколёсные, межосевые и коробки отбора мощности); КМ 1.4 – колёсно-тяговый модуль (пара ведущих колёс – ось);

2) ПНУА: КМ 2.1 – кузов; КМ 2.2 – рама (остов); КМ 2.3 – подвеска; КМ 2.4 – ходовые модули (все оси);

3) ТУА: КМ 3.1 – тормозная педаль и тормозной привод; КМ 3.2 – тормозные механизмы (во всех колесах); КМ 3.3 – тормозные колёса;

4) РУА: КМ 4.1 – рулевое колесо с рулевым механизмом; КМ 4.2 – рулевой привод (рулевая трапеция и рулевые тяги); КМ 4.3 – управляемые колёса (передние).

Анализ технико-экономических показателей подвижного состава необходимо проводить исходя из стратегии повышения показателя энергетической эффективности, который принят главным показателем потребительского качества АТС в рамках концепции сбережения энергии и ресурсов в перевозочном процессе [3]. Он представляет собой отношение транспортной энергоотдачи данного автобуса в тестовой операции ρ к транспортной энергоотдаче эталонного автобуса в эталонной операции $\rho_{ст}$:

$$\Pi_{\phi} = \frac{\rho}{\rho_{ст}} = \frac{K_v \gamma_{ст}}{K_e (\eta + \gamma_{ст})} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где K_v – коэффициент скорости (отношение средней скорости автобуса в тестовом цикле к скорости эталонного автобуса); K_e – энергетический коэффициент пробега (отношение расхода топлива автобуса в тестовом цикле к расходу топлива эталонного автобуса, движущегося с постоянной эталонной скоростью); η – коэффициент снаряжённой массы автобуса.

Максимизация показателя Π_{ϕ} обеспечивает создание энергосберегающих транспортных технологий согласно вышеупомянутой концепции. Этот показатель необходимо учитывать в комплексе с показателем топливной эффективности Π_{ϕ} , который представляет собой отношение расхода топлива данного автобуса в тестовой операции ρ_n к расходу топлива эталонного автобуса в эталонной операции $\rho_{нст}$:

$$P_{eq} = \frac{P_n}{P_{нст}} \rightarrow \min. \quad (3)$$

На следующем этапе работы проведен анализ влияния изменения конструктивных параметров АТС на показатели его энергетической эффективности. Поскольку сейчас в мире существует тенденция к уменьшению радиуса колеса АТС, в данной работе представлены результаты влияния этого конструктивного параметра (рисунок 2). Уменьшение радиуса колеса даёт возможность увеличить объём салона автобуса (и тем самым повысить комфортность и безопасность перевозки пассажиров), не выходя за допустимый нормативный габарит по высоте, а также не уменьшая маневренность и устойчивость АТС.

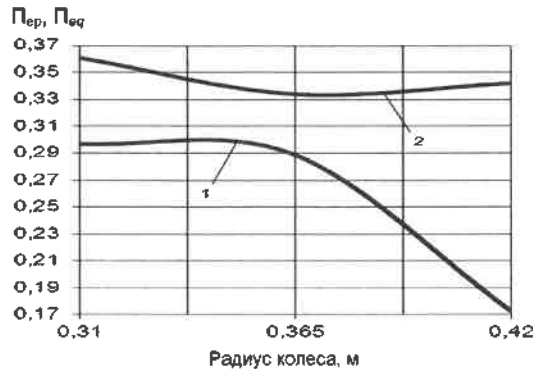


Рисунок 2 – График зависимости показателей энергетической эффективности автобуса «Богдан А092» от радиуса колеса r : 1 – P_{ep} ; 2 – P_{eq}

Анализ графиков показывает, что зависимость $P_{eq} = f(r)$ имеет экстремальный характер (рисунок 2, кривая 2), принимая минимальное значение при $r = 0,37$ м. График зависимости $P_{ep} = f(r)$ показывает (см. рисунок 2, кривая 1), что функция почти не изменяется до значения $r = 0,35$ м. При значениях аргумента $r \in [0,35; 0,42]$ функция резко уменьшается. Таким образом, максимальное значение показателя энергетической эффективности автобуса ($P_{ep} = 0,3$) достигается при радиусе колеса $r = 0,35$ м. Дальнейшее уменьшение радиуса не приводит к улучшению (увеличению) показателя P_{ep} и не обеспечивает выполнение условия (1). Более того, уменьшение радиуса колеса негативно влияет на показатель P_{eq} .

К математическим моделям анализа показателя энергетической эффективности предъявляется требование совмещения операций структурной и параметрической оптимизации конструкции автотранспортного

средства [3]. Это требование выполнено таким образом, что создана гибкая и целостная модель схем функционирования автобуса, в которой все агрегаты представлены в виде информационных блоков, задающихся как совокупности переменных состояний.

Результаты работы позволяют сформулировать следующие выводы.

1 Установлено, что повышение энергоресурсного качества автотранспортных услуг достигается с помощью формирования системы потребителски ориентированных и согласованных конструктивных и транспортные новаций в жизненном цикле автобуса.

2 Разработаны математические модели показателей энергетической эффективности, которые позволяют решать оптимизационные задачи агрегатного формирования эффективного ресурсосберегающего воспроизводства автотранспортных услуг на всех стадиях жизненного цикла автобуса.

3 Предложенный метод обеспечивает выбор параметров АТС, отвечающий развитию технического базиса транспортной системы согласно концепции сохранения энергии и ресурсов, а также стратегии повышения технико-технологической конкурентоспособности будущих транспортных предложений.

4 Полученные в работе результаты могут быть использованы для следующего этапа исследований – оценки и выбора рационального проекта пассажирских перевозок по критерию энергетической эффективности.

Список литературы

- 1 Пассажирские автомобильные перевозки : учеб. для вузов / В. А. Гудков [и др.]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 448 с.
- 2 Хмельов, І. В. Метод оцінки транспортно-технологічної якості автобусів / І. В. Хмельов, О. В. Гусев, М. Г. Піцик // Вісник Національного транспортного університету. – Київ, 2017. – № 1 (37). – С. 410–415.
- 3 Хабутдинов, Р. А. Энергоресурсна ефективність автобуса / Р. А. Хабутдинов, О. Я. Кошук. – Київ : УТУ, 1997. – 137 с.
- 4 Хабутдинов, Р. А. Методи техніко-технологічного обґрунтування новітніх проектів перевезень за концепцією енерго- та ресурсозбереження / Р. А. Хабутдинов, І. В. Хмельов // Вісник Національного транспортного університету. – Київ, 2004. – № 9. – С. 19–23.
- 5 Хабутдинов, Р. А. Методи совершенствования технико-эксплуатационных свойств транспортных средств в технологической концепции развития транспорта / Р. А. Хабутдинов, И. В. Хмельов // Проблемы транспорта : сб. науч. праш. – Київ. – 2006. – № 3. – С. 19–26.

Получено 05.04.2019

I. V. Khmelyov, M. G. Pitsyk. The project evaluating method in passenger transportation and bus constructive parameter changes to consider.

The article proposes a method for the composite design of bus transportation, which is based on the functioning scheme of a motor vehicle as a dynamic means of labor. For the development of the method the car energy efficiency theory is used. The method novelty is the use of energetically normalized computational transport operations schemes based on reference prototypes and test operations models. These models provide a justification for rolling stock with technical novelty in transportation projects. For the possibility of analyzing the new vehicle parameter development and the transport technology improvement, the generalized type vehicle universal structure has been developed. This scheme covers all variants of the car constructive basis. The car's design new versions are formed by changing the structural module number and their parameters. The proposed method provides the bus transport and technological quality analysis in accordance with the energy and resources saving concept in the transport system.

УДК 681.5

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

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ В ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ВИДАМ ДТП И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Во всем мире порядка пяти миллионов человек ежегодно гибнет на автомобильных дорогах в авариях. По этой причине дорожно-транспортный травматизм является одной из важнейших проблем здравоохранения и одной из основных причин смертности во всем мире. Прогнозы специалистов показывают, что отсутствие реагирования на такую ситуацию приведет к тому, что уже к 2020 году дорожно-транспортные происшествия станут основной причиной смертности в странах с низким и средним уровнем дохода, к которым относится Республика Беларусь.

Статистика показывает, что с 2007 года в Республике Беларусь наблюдается тенденция снижения числа погибших и раненых в дорожно-транспортных происшествиях. Однако сравнительный анализ относительных показателей аварийности Беларуси и стран Европейского союза показывает необходимость активизации действий по повышению безопасности дорожного движения в нашей стране.

Основой успешной работы по повышению безопасности дорожного движения является качественный анализ данных о свершившихся дорожно-транспортных происшествиях. В статье предлагается методика анализа аварийности, учитывающая количество дорожно-транспортных происшествий, а также динамику их изменения. Приводится пример реализации такой методики при анализе аварийности по категориям ДТП для Гомельской области.

Ежегодно во всём мире в дорожно-транспортных происшествиях погибают порядка 1,3 миллиона человек и еще 50 миллионов человек получают травмы или остаются инвалидами [1]. Дорожно-транспортный травматизм является одной из важнейших проблем общественного здравоохранения и одной из основных причин смертности во всём мире. Особенно это касается детей и молодых людей в возрасте до 29 лет. Если продолжать бездействовать, то, по прогнозам специалистов, к 2020 году дорожный травматизм станет основной причиной смертности в странах с низким и средним уровнем дохода.

Учитывая масштаб проблемы дорожно-транспортной аварийности и ее наднациональный характер, в марте 2010 года Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций приняла резолюцию, в которой провозгласила период 2011–2020 гг. «Десятилетием действий по обеспечению безопасности дорожного движения» [2].

Республика Беларусь является членом ООН и присоединилась к десятилетию действий по безопасности дорожного движения. Показатели снижения аварийности в Республике Беларусь лучшие среди стран СНГ, но отстают от стран Евросоюза. В 2017 г. среднее значение социального риска в странах Евросоюза составляло 49 погибших на 1 миллион населения. Значение аналогичного показателя для Республики Беларусь в том же году – 62 (рисунок 1) [3].

Правильная оценка аварийности является залогом успешной работы по повышению БДД, поскольку позволяет идентифицировать основные места приложения усилий. Поэтому методика оценки аварийности оказывает влияние на показатели аварийности, что и обуславливает высокие требования к качеству такой методики. Анализу аварийности посвящено множество научных трудов как отечественных, так и зарубежных (например [4–9]).

В данной статье при анализе аварийности производилась оценка показателей аварийности Гомельской области по категориям ДТП. В качестве показателей аварийности принимались количество погибших в ДТП, количество раненых в ДТП. При оценке аварийности по приведенным выше признакам оценивалась:

1) доля (вклад) каждого из структурного элемента рассматриваемой совокупности в общее значение показателя аварийности;

2) динамика изменения показателей аварийности.

Для оценки доли (вклада) каждого из структурного элемента рассматриваемой совокупности в общее значение показателя аварийности использовался принцип Парето – выбирались значения факторов, дающие порядка 80 % показателя аварийности.

Для оценки динамики изменения показателей аварийности использована тенденция показателя. Применительно к выполняемому анализу дорожно-транспортной аварийности тенденция показывает направление движения анализируемого показателя. Фактически тенденция представляет собой прямую с уравнением $y = ax + b$, проведенную через множество точек фактических данных на плоскости, угол наклона которой (« a » в уравнении прямой) показывает направление движения анализируемого показателя. Тогда, по методу наименьших квадратов, обозначив $t_y = a$, можно записать уравнение, по которому находится тенденция:

$$t_y = \frac{\sum_{i=1}^n (i - \bar{i})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (i - \bar{i})^2}, \quad (1)$$

где i – номер периода; n – количество периодов;

$\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$; Y_i – значение показателя (индикатора), соответствующее i -му периоду;

$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$ – среднее значение показателя (индикатора).

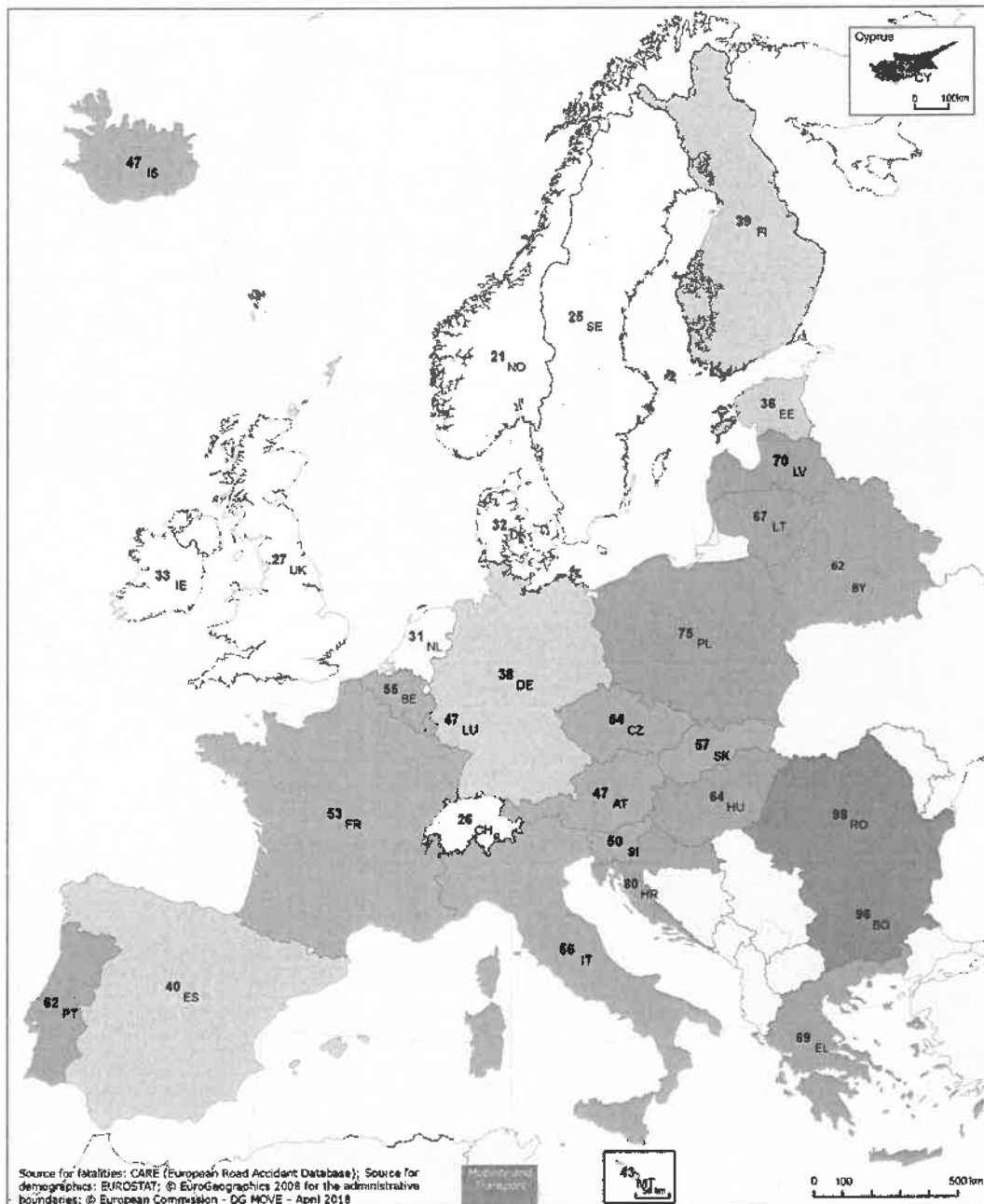


Рисунок 1 – Значение социального риска в странах Евросоюза и в Республике Беларусь в 2017 году [3]

Тенденция изменения количества погибших и раненных в ДТП в Гомельской области по категориям ДТП оценивалась за период с 2010 по 2017 года.

Совместное использование этих двух оценочных критериев позволяет сгруппировать все анализируемые группы в однородные классы, перечень и описание которых приведены в таблице 1. Всего рассматриваются четыре различные группы.

К неблагоприятным показателям аварийности относятся те, которые входят в группу, дающую 80 % погибших или раненных, и по сложившейся динамике тенденция количества погибших или раненных является положительной (группа № 1 в таблице 1). Также к неблагоприятным показателям аварийности относятся те, которые входят в группу, дающую 80 % погибших (раненных), и по сложившейся динамике тенденция количества раненных (погибших) является положительной.

К неблагоприятным по количеству показателям аварийности относятся те, которые входят в группу, дающую 80 % погибших или раненных (группа № 2 в таблице 1).

К неблагоприятным по динамике показателям аварийности относятся те, для которых тенденция количества погибших или раненных является положительной (группа № 3 в таблице 1).

К благоприятным показателям аварийности относятся те, которые не входят в группу, дающую 80 % погибших или раненных, и по сложившейся динамике тенденция количества погибших или раненных является отрицательной (группа № 4 в таблице 1).

На рисунке 2 приведены диаграммы распределения количества погибших и раненных в 2010 и 2017 годах в Гомельской области по категориям ДТП.

Таблица 1 – Характеристики групп в зависимости от значений оценочных критериев структуризации

Номер группы (класса)	Вхождение в группу из 20 %, дающих 80 % результата	t	Характеристика группы
1	Да	Положительная	Показатель аварийности входит в группу, дающую основной вклад в аварийности, тенденция показателя аварийности является положительной
2	Да	Отрицательная	Показатель аварийности входит в группу, дающую основной вклад в аварийности, наблюдается тенденция снижения показателя аварийности
3	Нет	Положительная	Показатель аварийности не входит в группу, дающую основной вклад в аварийности, тенденция показателя аварийности является положительной
4	Нет	Отрицательная	Показатель аварийности не входит в группу, дающую основной вклад в аварийности, наблюдается тенденция к снижению показателя аварийности

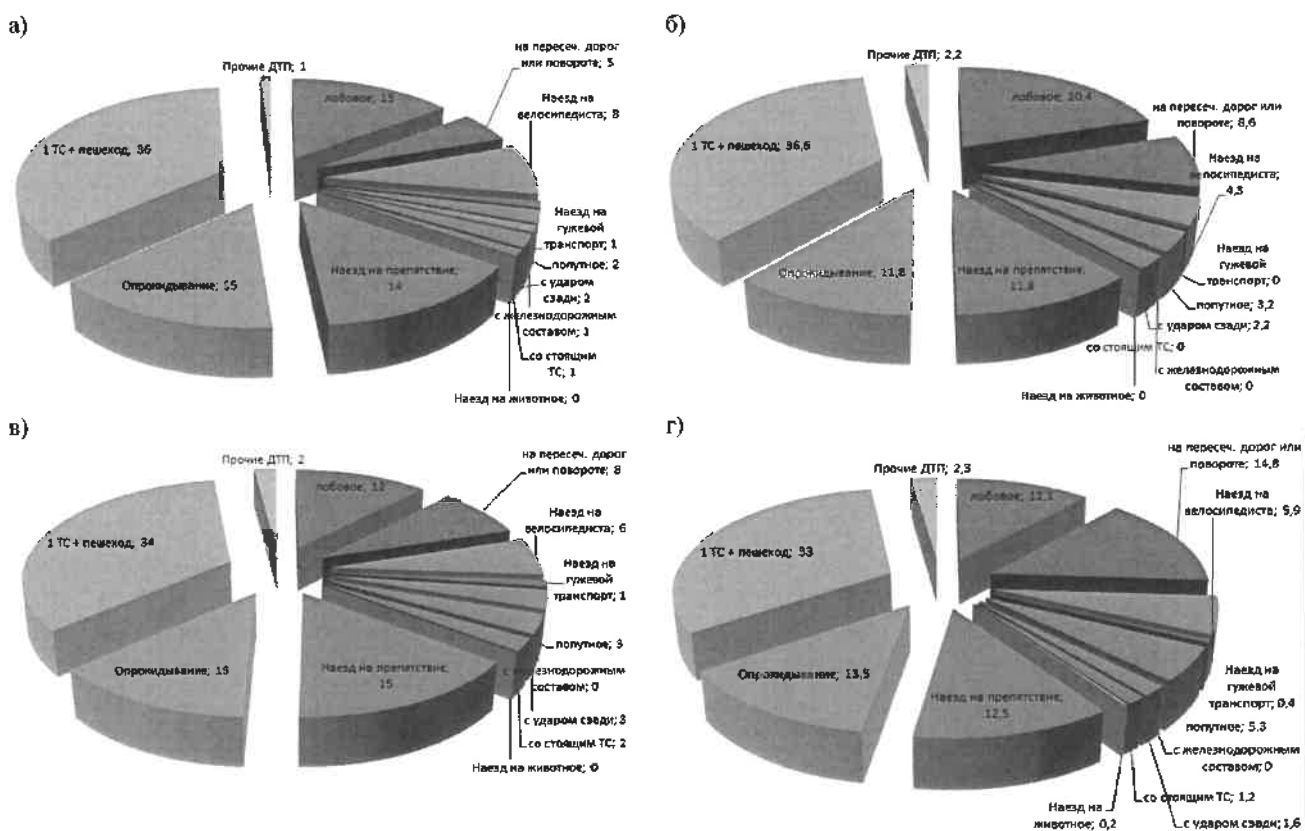


Рисунок 2 – Анализ показателей аварийности в Гомельской области по категориям ДТП, %:
 а – доля погибших в 2010 году; б – доля погибших в 2017 году; в – доля раненых в 2010 году;
 г – доля раненых в 2017 году

Из рисунка 2 видно, что в соответствии с законом Парето составляют основную часть:

1) числа погибших в 2017 г.: 1ТС + пешеход (36,6 %); лобовое столкновение (20,4 %); опрокидывание (11,8 %); наезд на препятствие (11,8 %). В данном случае 4 вида ДТП (30,8 %) дают 80,6 % числа погибших;

2) числа раненых в 2017 г.: 1ТС + пешеход (33 %); столкновение на пересечении дорог или повороте (14,8 %); опрокидывание (13,5 %); наезд на препятствие (12,5 %); лобовое столкновение (12,1 %). В данном случае пять видов ДТП (38,4 %) дают 85,9 % числа раненых.

Из рисунка 2 видно, что основная масса погибших (около 80 %) в 2010 и 2017 годах приходится на четыре вида ДТП: 1ТС + пешеход; опрокидывание; наезд на препятствие; лобовое столкновение. По количеству раненых ситуация в 2010 году схожая. В 2017 году наблюдался рост доли раненых в столкновениях на пересечении дорог или повороте. Это свидетельствует об ухудшении условий движения вследствие роста интенсивностей транспортного потока.

В таблице 2 приведены результаты расчета тенденции изменения количества погибших и раненых в ДТП по категориям ДТП.

Таблица 2 – Результаты расчета тенденции изменения количества погибших и раненых в ДТП по категориям ДТП

Категория ДТП		Оценочный параметр	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	t_r
Столкновение	Лобовое	Погибло	25	40	28	28	17	12	16	19	-2,63
		Ранено	101	168	120	93	76	26	37	59	-14,86
	На пересечении дорог или повороте	Погибло	8	3	6	10	9	11	6	8	0,35
		Ранено	69	62	62	63	74	88	72	72	1,90
	Наезд на велосипедиста	Погибло	13	14	15	8	13	12	8	4	-1,15
		Ранено	51	32	45	43	40	28	35	29	-2,30
	Наезд на гужевой транспорт	Погибло	1	2	2	0	2	0	0	0	-0,25
		Ранено	9	7	6	3	7	4	6	2	-0,67
	Попутное	Погибло	3	9	2	2	3	1	2	3	-0,44
		Ранено	28	44	36	36	30	26	27	26	-1,61
	С железнодорожным составом	Погибло	1	1	0	2	1	0	0	0	-0,15
		Ранено	1	4	0	0	0	1	0	0	-0,29
	С ударом сзади	Погибло	3	2	3	2	1	2	2	2	-0,13
		Ранено	30	10	24	13	17	15	17	8	-1,69
Со стоящим ТС	Погибло	2	0	2	3	0	2	0	0	-0,20	
	Ранено	19	9	6	15	3	12	7	6	-1,13	
1 ТС	Наезд на животное	Погибло	0	1	4	1	0	0	0	0	-0,21
		Ранено	3	3	7	1	2	0	1	1	-0,52
	Наезд на препятствие	Погибло	24	21	12	20	14	10	6	11	-2,12
		Ранено	130	94	80	64	55	55	54	61	-9,13
Опрокидывание	Погибло	25	26	24	19	14	10	15	11	-2,38	
	Ранено	116	127	139	92	84	99	65	66	-9,38	
1 ТС + пешеход	Погибло	60	57	56	52	43	43	40	34	-3,75	
	Ранено	293	263	247	222	216	193	157	161	-19,31	
Прочие ДТП	Погибло	1	0	0	0	0	0	1	2	0,14	
	Ранено	14	8	9	17	14	0	13	11	-0,31	

Из таблицы 2 следует, что наблюдается тенденция роста числа:

- а) погибших для следующих категорий ДТП:
- на пересечении дорог или повороте;
 - прочие ДТП.

б) раненых на пересечении дорог или повороте.

В таблице 3 производится структуризация категорий ДТП по показателем аварийности в соответствии с предложенной методикой.

Таблица 3 – Структуризация по показателям аварийности категорий ДТП

Категория ДТП	Состояние показателя аварийности
На пересечении дорог или повороте	Неблагоприятный
Лобовое, наезд на препятствие, опрокидывание, 1 ТС + пешеход	Неблагоприятный по количеству
Прочие ДТП	Неблагоприятный по динамике
Наезд на велосипедиста, наезд на гужевой транспорт, попутное, с железнодорожным составом, с ударом сзади, со стоящим ТС, наезд на животное	Благоприятный

По данным таблицы 3 можно сделать следующие выводы:

1 К неблагоприятным относится категория ДТП столкновения транспортных средств на пересечении дорог или повороте.

2 К неблагоприятным по количеству относятся следующие категории ДТП: наезд на препятствие, лобовое столкновение, опрокидывание, 1ТС + пешеход.

3 К неблагоприятным по динамике относится категория ДТП «Прочие ДТП».

Эти данные позволяют сформулировать следующие основные пункты для приложения усилий по повышению безопасности дорожного движения:

- разработка стандартов по проектированию и оборудованию перекрестков;
- разработка стандартов по проектированию и оборудованию пешеходных переходов;
- разработка стандартов по расчету параметров светофорного регулирования.

Список литературы

- 1 Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс] : Доклад о состоянии безопасности дорожного движения 2013. – Режим доступа : https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/ru/. – Дата доступа : 12.01.2018.
- 2 Повышение безопасности дорожного движения во всём мире : резолюция Генер. Ассамблеи ООН 64/255 от 2 марта 2010 г. A/RES/64/255 [Электронный ресурс] / Генер. Ассамблея, Шестидесят четвертая сессия. – Режим доступа : <https://undocs.org/ru/A/RES/64/255>. – Дата доступа : 09.04.2018.
- 3 European Commission [Электронный ресурс] / Eurostat. – Brussel. – 2018. – Режим доступа : <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home>. – Дата доступа : 25.05.2018.
- 4 Колесов, В. И. Использование ранговых распределений при анализе безопасности дорожного движения / В. И. Колесов, А. И. Петров // Проблемы функционирования систем транспорта : материалы Всероссийской НПК студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием). Т. 1. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. – С. 258–262.

5 Колесов, В. И. Кибернетическое моделирование в задачах анализа безопасности дорожного движения / В. И. Колесов // Организация и безопасность дорожного движения : материалы IX всероссийской науч.-практ. конф. (с международным участием). – Тюмень : ТюмГНГУ, 2016. – С. 219–225.

6 Печатнова, Е. В. Влияние времени суток на дорожно-транспортную аварийность / Е. В. Печатнова // Мир транспорта. – 2016. – Т. 14. – № 2 (63). – С. 194–200.

7 Коновалова, Т. В. Пути повышения эффективности системы обеспечения безопасности движения на автомо-

бильном транспорте : науч. тр. Кубанского государственного технологического университета / Т. В. Коновалова, С. Л. Надирян. – 2015. – № 4.

8 Cafiso, S. Safety Inspections as a Supporting Tool for Safety Management of Low-Volume Roads / S. Cafiso, G. La Cava, A. Montella // Transportation Research Record. – 2011. – 2203. – P. 116–125.

9 Malin, F. Accident risk of road and weather conditions on different road types / F. Malin, I. Norros, S. Innamaa // Accident Analysis & Prevention. – 2019. – Vol. 122. – P. 116–125.

Получено 10.01.2019

S. A. Azemsha. Accident analysis in the Gomel region by type of accident and development of measures to improve road safety.

Worldwide, about five million people die every year on the road in accidents. For this reason, road traffic injuries are one of the most important public health problems and one of the main causes of death worldwide. The forecasts of specialists show that the lack of response to this situation will lead to the fact that by 2020 traffic accidents will become the main cause of death in low and middle income countries, to which the Republic of Belarus belongs.

Statistics show that since 2007 in the Republic of Belarus there has been a downward trend in the number of deaths and injuries in traffic accidents. However, a comparative analysis of the relative accident indicators of Belarus and the countries of the European Union shows the need to step up actions to improve road safety in our country.

The basis of successful work to improve road safety is a qualitative analysis of data on completed road traffic accidents. The article proposes a methodology for analyzing accidents, taking into account the number of road accidents, as well as the dynamics of their change. An example is given of the implementation of such a method in the analysis of accidents by categories of accidents for the Gomel region.

УДК 656.13

Д. П. ХОДОСКИН, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА СПОСОБА ОБОРУДОВАНИЯ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Программный продукт PTV VISSIM 6.0 используется в качестве инструмента для моделирования транспортного и пешеходного движения на пешеходных переходах на улицах с тремя полосами движения и определением технических средств организации дорожного движения для их оборудования. В статье рассматривается возможность оборудования пешеходного перехода светофорным объектом с вызывным устройством или искусственной неровностью.

Для исследования были выбраны пешеходные переходы, расположенные на улицах с тремя полосами движения в г. Гомеле, а именно: со светофорным объектом с вызывным устройством на проспекте Победы, с искусственной неровностью на улице Богданова. Интенсивности движения пешеходных потоков на этих пешеходных переходах определены по методике, изложенной в [1] и представлены на рисунке 1.

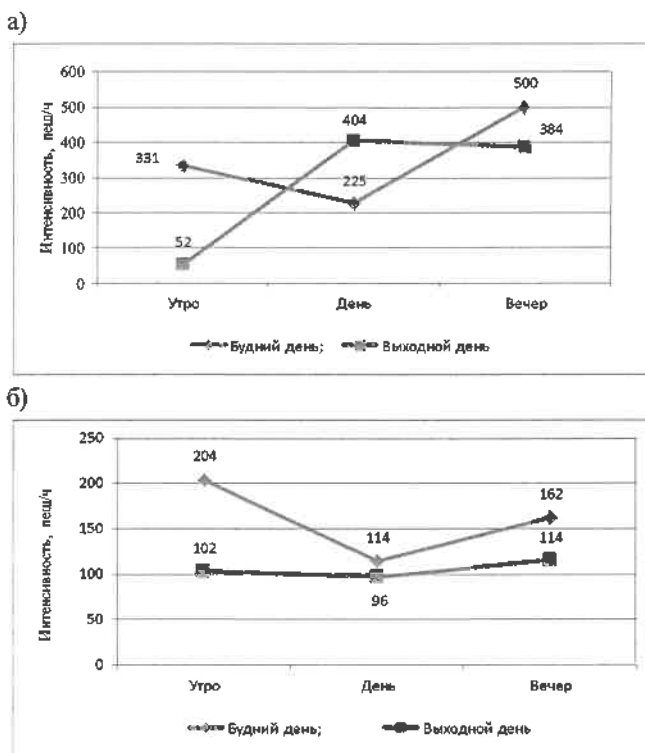


Рисунок 1 – График неравномерности интенсивности пешеходного потока:

а – на регулируемом пешеходном переходе с вызывным устройством, б – на нерегулируемом пешеходном переходе с искусственной неровностью

Одним из способов разработки рекомендаций по оборудованию пешеходных переходов является способ определения коэффициентов безопасности. При этом условием установки искусственной неровности является то, что коэффициент безопасности должен быть менее либо равным 0,7 [2].

PTV VISSIM 6.0 является основной микроскопической программой имитации для моделирования мультимодального движения транспорта из серии программного обеспечения Vision Traffic Suite. Vissim со-

здает оптимальные условия для тестирования различных транспортно-технических сценариев перед их реализацией.

Vissim используется в сфере общественного транспорта, консалтинговыми компаниями и университетами. С помощью VISSIM можно помимо имитации движения транспортных средств по умолчанию проводить также имитации движения пешеходных потоков на основе модели Видемана. Движение транспорта имитируется при различных пограничных условиях с учетом разделения на полосы движения, состава ТС, регулирования с помощью светосигнальных установок и учета интенсивности движения транспортных средств и пешеходов [3].

Результатом имитации является анимация движения транспорта в виде графика в режиме реального времени и последующая выдача всевозможных транспортно-технических параметров, таких как распределение времени в пути и времени ожидания, дифференцированных по группам участников.

При помощи программного продукта PTV VISSIM выполнено моделирование различных вариантов транспортной и пешеходной нагрузки на пешеходных переходах с искусственной неровностью и переходом со светофорным объектом с вызывным устройством в соответствии с методикой, приведенной в работе [3].

В результате моделирования нерегулируемого пешеходного перехода, оборудованного искусственной неровностью, и регулируемого пешеходного перехода, оборудованного светофорным объектом с вызывным устройством с интенсивностью движения транспортных потоков до 500 авт./ч, свыше 500 до 2000 авт./ч и свыше 2000 до 3500 авт./ч и интенсивностью пешеходных потоков от 50 до 3000 пеш./ч определены транспортные задержки (таблица 1). На основании полученных данных определили влияние интенсивности транспортных и пешеходных потоков на величину транспортных задержек.

На основании полученных данных определено влияние транспортных и пешеходных потоков на величину транспортной задержки в виде представленных ниже эмпирических зависимостей. Графики зависимостей транспортной задержки от интенсивности пешеходных потоков для различных диапазонов интенсивностей движения транспорта для нерегулируемого пешеходного перехода, оборудованного искусственной неровностью, и регулируемого пешеходного перехода со светофорным объектом с вызывным устройством представлены на рисунках 2–4.

Таблица 1 – Задержки транспортных потоков

Интенсивность движения пешеходов, пеш./ч	Интенсивность движения транспорта, авт./ч			Интенсивность движения пешеходов, пеш./ч	Интенсивность движения транспорта, авт./ч		
	До 500	свыше 500 до 2000	свыше 2000 до 3500		До 500	свыше 500 до 2000	свыше 2000 до 3500
<i>Пешеходный переход с искусственной неровностью</i>				<i>Пешеходный переход со светофорным объектом с вызывным устройством</i>			
50	2,30	44,29	45,21	50	2,40	4,63	4,57
100	2,37	44,59	45,49	100	2,44	4,77	4,72
500	2,93	46,99	47,73	500	2,76	5,93	5,84
1000	3,63	49,99	50,53	1000	3,16	7,38	7,24
1500	4,33	52,99	53,33	1500	3,56	8,83	8,64
2000	5,03	55,99	56,13	2000	3,96	10,28	10,04
2500	5,73	58,99	58,93	2500	4,36	11,73	11,44
3000	6,43	61,99	61,73	3000	4,76	13,18	12,84

В секундах

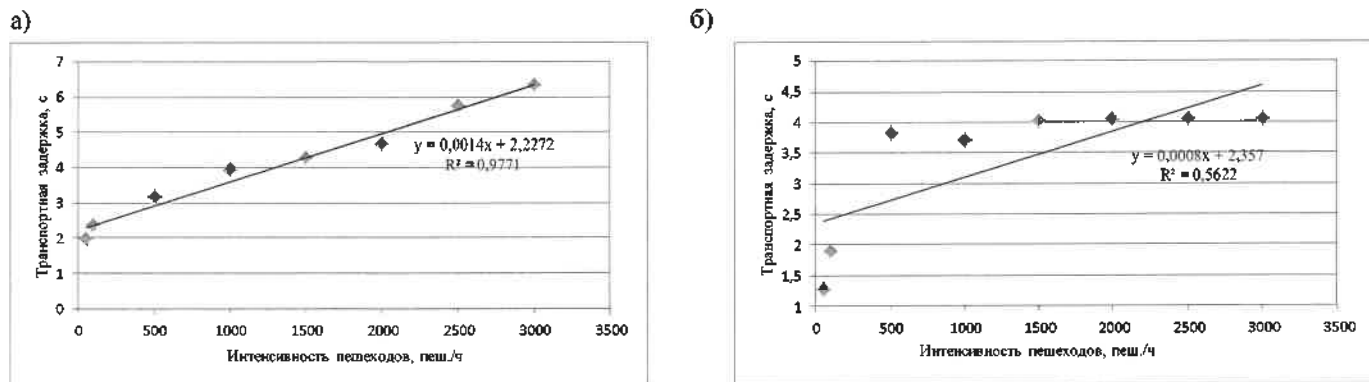


Рисунок 2 – График зависимости транспортной задержки от транспортных и пешеходных потоков при интенсивности транспорта до 500 авт./ч:

а – нерегулируемого пешеходного перехода с искусственной неровностью; б – регулируемого пешеходного перехода с вызывным устройством

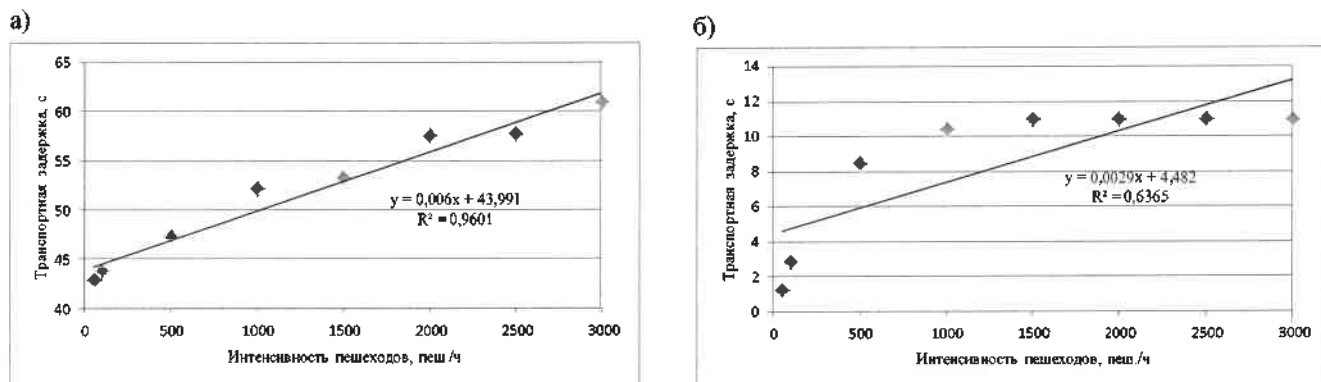


Рисунок 3 – График зависимости транспортной задержки от транспортных и пешеходных потоков при интенсивности транспорта свыше 500 до 2000 авт./ч:

а – нерегулируемого пешеходного перехода с искусственной неровностью; б – регулируемого пешеходного перехода с вызывным устройством

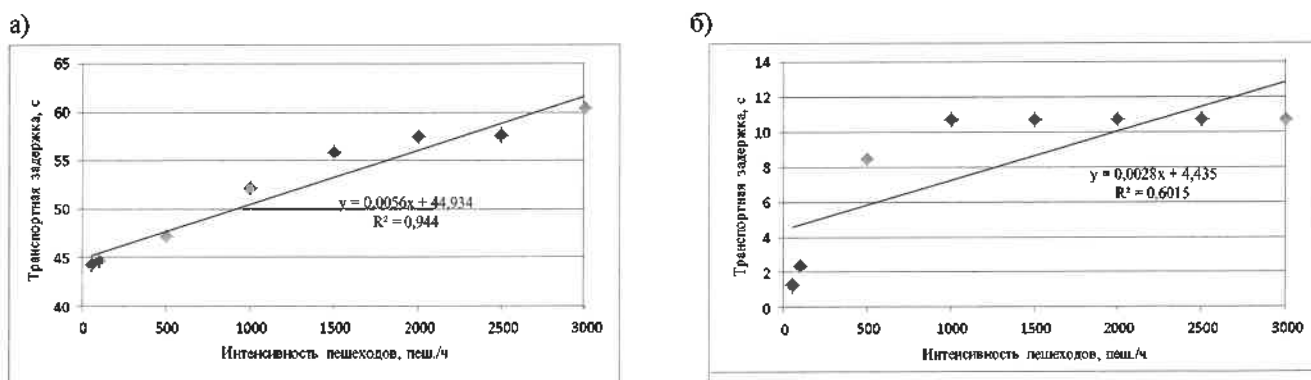


Рисунок 4 – График зависимости транспортной задержки от транспортных и пешеходных потоков при интенсивности транспорта свыше 2000 до 3500 авт./ч:

а – нерегулируемого пешеходного перехода с искусственной неровностью; б – регулируемого пешеходного перехода с вызывным устройством

На рисунке 5 представлены модели, учитывающие влияние транспортной и пешеходной нагрузок на задержки, полученные путем регрессионного анализа.

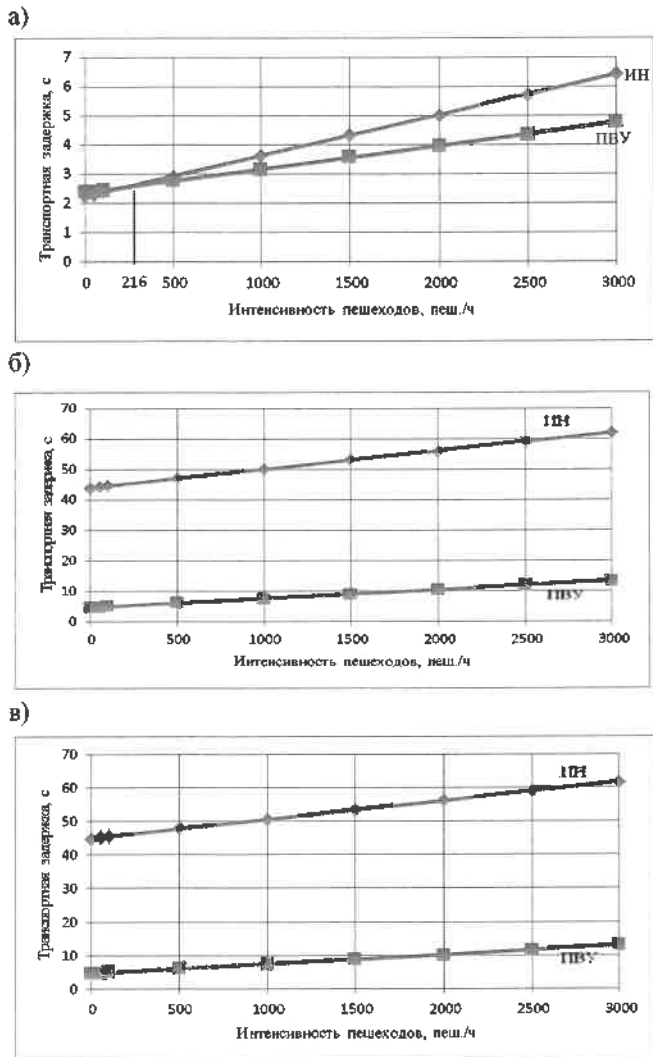


Рисунок 5 – Зависимость транспортных задержек от интенсивности пешеходных потоков:
 а – при интенсивности транспорта до 500 авт./ч,
 б – при интенсивности транспорта свыше 500 до 2000 авт./ч
 в – при интенсивности транспорта свыше 2000 до 3500 авт./ч

Выводы.

1 Для зависимости величины транспортных задержек от интенсивности движения пешеходов для интенсивности движения транспортных средств до 500 авт./ч (рисунок 6) целесообразны следующие выводы.

Так как кривые для искусственной неровности и светофорного объекта с вызывным устройством имеют общую точку, то при интенсивности пешеходных потоков, находящихся в пределах до 216 пеш./ч на трехполосных дорогах необходимо размещать пешеходные переходы, оборудованные искусственной неровностью, потому что при заданных сочетаниях пешеходного и транспортного потоков транспортные задержки при искусственной неровности имеют меньшее значение, чем при оборудовании перехода светофорным объектом с вызывным устройством.

Например, для интенсивности транспорта до 500 авт./ч (рисунок 6) и интенсивности движения пешеходов 100 пеш./ч задержки для искусственной неровности составляют 2,37 с, а для светофорного объекта – 2,44 с. Точка пере-

сечения кривых соответствует значению транспортных задержек равному около 2,5 с.

При интенсивности пешеходных потоков более 216 пеш./ч на трехполосных дорогах пешеходные переходы следует оборудовать светофорным объектом. Это связано с тем, что транспортные задержки после увеличения интенсивности пешеходного потока при оборудовании перехода светофорным объектом имеют меньшие значения по сравнению с задержками при искусственной неровности. Например, значение задержек при интенсивности пешеходов 2500 пеш./ч при искусственной неровности составляют 5,73 с, а при оборудовании светофорным объектом – 4,36 с.

2 Для зависимости величины транспортных задержек от интенсивности движения пешеходов для интенсивности движения транспортных средств от 501 до 2000 авт./ч (рисунок 7) характерен следующий вывод. При заданных интервалах интенсивности транспорта и интенсивности пешеходов, на дорогах с тремя полосами для движения на пешеходных переходах рекомендуется установка светофорного объекта, оборудованного вызывным устройством. Например, значение задержек при интенсивности пешеходов 500 пеш./ч при искусственной неровности составляет 46,99 с, а при оборудовании светофорным объектом – 5,93 с; при интенсивности пешеходов 3000 пеш./ч при искусственной неровности – 61,99 с, а при оборудовании светофорным объектом – 13,18 с;

3 Для зависимости величины транспортных задержек от интенсивности движения пешеходов для интенсивности движения транспортных средств от 2001 до 3500 авт./ч (рисунок 8) характерен вывод, полностью аналогичный предыдущей зависимости.

Например, значение задержек при интенсивности пешеходов 500 пеш./ч при искусственной неровности составляет 47,73 с, а при оборудовании светофорным объектом – 5,84 с; при интенсивности пешеходов 3000 пеш./ч при искусственной неровности – 61,73 с, а при оборудовании светофорным объектом – 12,84 с;

Таким образом, по значениям транспортной и пешеходной интенсивностей по критерию минимизации транспортных задержек, наряду с определением коэффициента безопасности [2, 4], представляется возможным указать способ оборудования пешеходного перехода на улицах с тремя полосами движения.

4 Регулируемый пешеходный переход с вызывным устройством, расположенный на проспекте Победы по результатам измеренных интенсивностей для вечернего часа-пик в будний день отнесён к модели для интенсивности транспорта от 501 до 2000 авт./ч. Подставив в модель значения интенсивности движения пешеходов в вечерний час пик 500 пеш./ч, получаем транспортную задержку, равную 5,93 с. Полученное значение соответствует данным, при которых рекомендуется размещать пешеходный переход с вызывным устройством.

Нерегулируемый пешеходный переход с искусственной неровностью, расположенный на улице Богданова, по результатам измеренных интенсивностей отнесён к модели для интенсивности транспорта до 500 авт./ч. Подставив в модель значения интенсивности движения пешеходов в вечерний час пик 162 пеш./ч, получаем транспортную задержку, равную примерно 2,4 с.

Полученное значение соответствует данным, при которых следует размещать пешеходный переход с искусственной неровностью.

Список литературы

1 Врубель, Ю. А. Исследования в дорожном движении : уч.-метод. пособие к лаб. работам для студентов специальности 1-44.01.02 «Организация дорожного движения» / Ю. А. Врубель. – Минск : БНТУ, 2007. – 178 с.

2 СТБ 1538-2013. Технические средства дорожного движения. Искусственные неровности. Общие технические усло-

вия. – Взамен СТБ 1538-2005; введ. 01.07.2014. – Минск : Госстандарт; БелГИСС, 2014. – 11с.

3 Ходоскин, Д. П. Выбор способа оборудования пешеходных переходов на улицах с двумя полосами движения с помощью программного продукта PTV VISSIM 6.0 / Д. П. Ходоскин // Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики [Электронный ресурс] : сб. науч. тр. кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» (с международным участием) / под ред. Е. Е. Витвицкого. – Омск : СибАДИ, 2017. – С. 238-252.

4 Аудит безопасности дорожного движения : [моногр.] / Д. В. Капский [и др.] ; науч. ред. Д. В. Капский. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 428 с.

Получено 31.01.2019

D. P. Khadoskin. Optimization of the selection of the method of the equipment of pedestrian transitions.

The software product PTV VISSIM 6.0 is used as a tool for modeling transport and pedestrian traffic on pedestrian crossings in streets with three lanes and determining technical means of organizing traffic for their equipment. The article deals with the equipment of a pedestrian crossing with a traffic light object with a calling device or an artificial unevenness.

УДК 681.5

А. Н. ГАРКУША, магистрант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЛУЖЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ИНСПЕКЦИИ

Ежегодно в мире в дорожно-транспортных происшествиях погибают и получают ранения десятки миллионов человек. Дорожно-транспортный травматизм является одной из важнейших проблем общественного здравоохранения и одной из основных причин смертности. Особенно это касается детей и молодых людей в возрасте до 29 лет. Если и дальше продолжать бездействовать, то, по прогнозам специалистов, к 2020 году дорожный травматизм станет основной причиной смертности в странах с низким и средним уровнем дохода.

В Республике Беларусь наблюдается тенденция снижения числа погибших и раненых в ДТП. В то же время относительные показатели аварийности в Беларуси, такие как социальный риск, транспортный риск, по сравнению со странами Европейского союза, остаются на высоком уровне.

Одним из основных факторов успешной работы по повышению безопасности дорожного движения является качественное информационное обеспечение служебной деятельности подразделений Государственной автомобильной инспекции. В статье рассмотрена существующая система информационного обеспечения деятельности подразделений ГАИ, указаны ее недостатки, а также приведены основные направления повышения качества такого обеспечения.

Исследованию понятия «информация» посвятили свои работы многие известные российские ученые. Наиболее подходящим является толкование термина «информация» А. Г. Мамиконовым как некоторой совокупности сведений, определяющих объем знаний о различных фактах и событиях, а также их взаимодействиях [2, с. 16].

Применительно к деятельности силового ведомства нормативное понимание в наибольшей степени отражает сущность информации. В соответствии с положениями ст. 1 Закона Республики Беларусь «Об информации, информатизации и защите информации» «информация» – сведения о лицах, предметах, фактах, событиях, явлениях и процессах независимо от формы их представления.

В широком смысле под информацией можно понимать сведения о лицах, предметах, фактах, событиях, явлениях и процессах. Действительно, так или иначе, подразделения и службы органов внутренних дел работают со сведениями о лицах, предметах, фактах, событиях, явлениях и процессах [6, с. 5].

Учитывая значимость информации в организации и осуществлении деятельности органов внутренних дел, к ней предъявляется ряд требований, среди которых можно выделить следующие: строгое соответствие информации компетенции подразделений ОВД, а также их месту в организационной структуре ОВД; вся поступающая информация должна отражать специфику деятельности, быть связанной с содержанием функционирования органа и обеспечивать выполнение поставленных общих задач и функций, а также соответствующих разовых задач; оптимальность; объективность; своевременность; комплексность, коммуникативность [10, с. 43].

Несмотря на различия в функциональных обязанностях сотрудников конкретных подразделений ОВД, занимающихся управленческой деятельностью или непосредственно предупреждением, раскрытием и расследованием преступлений, охраной общественного порядка, исполнением наказаний, их труд объединяет и отличает главная особен-

ность – наличие таких составляющих, как сбор, обработка, анализ информации, выработка на этой основе различного рода решений в целях выполнения задач, поставленных перед органами внутренних дел. Это предполагает наличие в деятельности органов внутренних дел налаженного информационного обеспечения.

Информационное обеспечение деятельности органов внутренних дел – одно из направлений деятельности органов внутренних дел, состоящее в создании и поддержании в актуальном состоянии системы информации органов внутренних дел, в целях решения задач, возложенных на них законодательными актами Республики Беларусь [11, с. 51].

Основными элементами системы информационного обеспечения органов внутренних дел являются: информационные ресурсы органов внутренних дел, средства информационного взаимодействия, информационная инфраструктура.

В современных условиях технической основой информационного обеспечения деятельности органов внутренних дел является ведомственная сеть передачи данных Министерства внутренних дел Республики Беларусь, представляющая собой комплекс современных информационных и коммуникационных систем на основе объединения информационных, технических и телекоммуникационных возможностей сетей связи и передачи данных [7, с. 74].

Информационная инфраструктура ОВД – система служб и подразделений ОВД, обеспечивающих функционирование и развитие информационных ресурсов ОВД, а также средств информационного взаимодействия. Сюда относятся информационные подразделения, а также подразделения связи и автоматизации МВД Республики Беларусь.

Таким образом, структурное построение информационных подразделений МВД Республики Беларусь основано на принципах территориально распределенной и централизованной топологии и организовано в виде трехуровневой иерархичной модели, соответствующей

ющей административно-территориальному делению республики (т. е. республика – область – район).

Информация, поступающая и используемая органами внутренних дел, в том числе Госавтоинспекцией, классифицируется по множеству различных признаков. Как правило, ее подразделяют на следующие виды: оперативно-розыскную, оперативно-справочную, статистическую или управленческую, научно-техническую и др.

Для своевременного и оперативного удовлетворения служебной потребности в информации создаются различные специальные учеты, предназначенные для накопления и систематизации информации. Использование учетов значительно ускоряет нахождение интересных сведений и дальнейший их анализ, необходимый для организации мероприятий и принятия решения. Каждый учет специфичен, имеет свои объекты и служит для обеспечения необходимыми сведениями правоохранительные функции служб и подразделений органов внутренних дел. Информационную потребность служебной деятельности Госавтоинспекции наиболее полно удовлетворяют оперативные, оперативно-справочные и статистические учеты.

Учеты представляют собой своеобразные информационные системы, охватывающие определенные направления, потоки или части информации, используемые в служебной деятельности Госавтоинспекцией. Отличие информационной системы от системы информации заключается в том, что если система информации представляет собой совокупность различных видов информации, используемой в процессе управления, то информационная система главным образом направлена на удовлетворение заданных в ней информационных потребностей. В этом и заключается важность содержательного аспекта понимания сущности системы информационного обеспечения органов внутренних дел в целом и в Госавтоинспекции в частности [4, с. 83].

Информационные системы, используемые в Госавтоинспекции, призваны обеспечивать сотрудников необходимой систематизированной и актуальной информацией. Функционирующие в настоящее время информационные системы в Госавтоинспекции не всегда отвечают предъявляемым требованиям.

Информационные системы по способу организации обработки информации подразделяются на ручные (картотека), механизированные и автоматизированные и служат для реализации информационных процессов. Автоматизированная информационная система (далее – АИС) состоит из информационного массива (базы данных или фонда документов); технических средств и носителей информации (ЭВМ, различных накопителей информации); программно-языковых средств (операционной системы, СУБД, информационно-поискового языка, машинного языка и т. д.).

Информационное обеспечение любого конкретного направления деятельности заключается в тщательном отборе из всей совокупности информации только тех сведений, которые необходимы и достаточны для эффективной организации работы того или иного субъекта. Эти сведения должны быть предоставлены в нужный момент и в необходимом объеме [9, с. 16].

Таким образом, по функциональному признаку информационное обеспечение подразделяется на информационное обеспечение деятельности руководителя, информационное обеспечение планирования и т. д. Из этого следует, что термин «информационное обеспечение» относится и к функциям управления, и к деятельности отдельных структурных подразделений, а также к конкретным категориям сотрудников.

В связи с этим отдельным блоком следует выделить информационное обеспечение деятельности Госавтоинспекции, под которым следует понимать деятельность Госавтоинспекции по формированию, ведению, использованию и совершенствованию информационных систем. Данная деятельность направлена на организацию обеспечения сотрудников Госавтоинспекции совокупностью сведений в виде систематизированной информации, необходимой для осуществления возложенных на них задач и функций.

Основная цель и идея внедрения системы информационного обеспечения в служебной деятельности Госавтоинспекции, с последующим ее постоянным совершенствованием, заключается в повышении эффективности управления на основе обеспечения каждого конкретного сотрудника Госавтоинспекции именно той качественной информацией, которая необходима для анализа ситуации и принятия эффективного решения в процессе осуществления возложенных на него задач и функций по противодействию совершению правонарушений, охране общественного порядка, собственности и обеспечению общественной безопасности.

По мере развития информационных технологий, повышения уровня оснащённости подразделений Госавтоинспекции средствами вычислительной техники, отработки вариантов доступа к базам данных была организована работа по созданию информационной системы Госавтоинспекции.

В настоящее время информационная система Госавтоинспекции представляет собой совокупность программно-технических средств и учётов, объединённых для информационной поддержки подразделений Госавтоинспекции.

Основной задачей системы является обеспечение подразделений Госавтоинспекции информацией, касающейся дорожно-транспортных происшествий; зарегистрированных транспортных средств; выданных водительских удостоверений на управление транспортными средствами; лиц, лишённых права на управление транспортными средствами; административных правонарушений ПДД и др.

В настоящее время в Госавтоинспекции эксплуатируется множество АИС, обслуживающих различные направления деятельности. В их числе АИС, обеспечивающие получение правовой, справочной, статистической информации и т. д.

Поскольку основные цели 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 осуществляются 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 ДТП только с травмированными в них людьми [5, с. 23].

Но анализ ДТП только 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 учёта ДТП является обеспечение постоянного и последовательного накопления сведений о ДТП, условиях, обстоятельствах, причинах их возникновения и последствиях, в целях осуществления 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 и 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 возмож-

ным условно выделить следующие этапы формирования на территории Республики Беларусь.

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

Этап становления (с 1950 до 1996 года) 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. С каждым днем темпы информатизации общества всё возрастают и возрастают, охватывая все сферы жизнедеятельности страны. Не могут обойти этот процесс и органы внутренних дел. Не секрет, что 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 от Государственной автомобильной инспекции (далее – ГАИ) в частности соответствующей организации и правового реагирования.

Отдельные правовые аспекты, связанные с проблемами использования информационно-коммуникационных технологий в органах государственного управления и информационным обеспечением органов внутренних дел, частично рассматривались также в работах украинских и российских ученых. Но в условиях создания информационного общества в Республике Беларусь необходимость комплексного исследования специфики внедрения информационно-коммуникационных технологий в деятельность ГАИ обусловлено 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 совокупности 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 организовано в виде трехуровневой иерархичной модели (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 своём отношении к аварийности указало на необходимость получения объективных статистических данных для правильной оценки состояния аварийности, дорожно-транспортного травматизма на дорогах Беларуси.

Сегодня много дискуссий и предложений 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 улучшению 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 и принятые решения будут самыми эффективными и способствуют созданию наиболее безопасных дорожных условий.

Основные проблемы учета ДТП:

- в настоящее время организован «двойной» учет ДТП, а именно: первый раз сотрудник территориального подразделения ГАИ вносит сведения в карточку учета ДТП в соответствующую базу данных, после чего сотрудник УГАИ УВД, проверив достоверность 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, которая позволила 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 происшествия в базу данных, что в свою очередь не позволяет оперативно провести анализ наиболее аварийно-опасных мест ДТП;

- отсутствует возможность визуализации запрошенных сведений (выборки) 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 участников происшествий; анализировать места 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, которые выявляют 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 современных условиях. При внедрении такой системы появляется возможность ведения учета ДТП с материальным ущербом, что позволило бы в полной мере выявлять наиболее опасные места налично-дорожной сети с целью разработки соответствующих мероприятий по их устранению.

Вместе с тем разработан алгоритм действий сотрудников ГАИ, которые должны вести учет ДТП, при внедрении данной системы.

На основе результатов данной работы в целях совершенствования практики организации информационного обеспечения Госавтоинспекции по вопросам повышения уровня безопасности дорожного движения нами предлагается осуществить ряд организационных мер по основным направлениям: рассмотреть перспек-

тивы использования информационных технологий в информационном обеспечении Госавтоинспекции для решения проблем повышения эффективности управления в сфере обеспечения безопасности дорожного движения в стране; обосновать необходимость развития новых видов информационных технологий в деятельности Госавтоинспекции и создания эффективной правовой и организационной базы для их внедрения, формирования 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 // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 1. Філасофія. Паліталогія. Сацыялогія. – 2008. – № 2(33).
- 5 Курносоев, Ю. В. Аналитика: методология, технология и организация информационно-аналитической работы / Ю. В. Курносоев, 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. Информатика и оперативно-розыскная деятельность: [моногр.] / А. С. Овчинский. – М., 2002. – С. 6.
- 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., 2005. – 111 с.
- 11 Волков, И. В. Архитектура современной информационно-аналитической системы / И. В. Волков, И. Ю. Галахов. – М.: Директор ИС. – № 3. – 2002.
- 12 Спирли, Э. Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка, реализация: пер. с англ. Т. 1 / Э. Спирли. – М.: Вильямс, 2001.
- 13 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.

Получено 10.03.2019

A.N. Garkusha. Theoretical and applied aspects of information security of service activity of the units of the road police.

Annually in the world, tens of millions of people are killed and injured in road accidents every year. Road traffic injuries are a major public health problem and one of the leading causes of death. This is especially true of children and young people under the age of 29 years. If you continue to remain idle, then, according to experts, by 2020 road injuries will become the main cause of death in low- and middle-income countries.

In recent years, a tendency has been observed in the Republic of Belarus to reduce the number of dead and wounded in road accidents. At the same time, the relative accident rates in Belarus, such as social risk, transport risk, as compared with the countries of the European Union, remain at a high level.

One of the main factors for successful work to improve road safety is the high-quality information support for the performance of the units of the road police. The article discusses the existing system of information support for the activities of the road police units, identifies its shortcomings, and also presents the main directions for improving the quality of such support.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.311

В. Н. ГАЛУШКО, кандидат технических наук, В. А. ПАЦКЕВИЧ, кандидат технических наук, И. С. ЕВДАСЁВ, кандидат технических наук, А. В. ДРОБОВ, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДИСТАНЦИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Рассмотрено применение искусственных нейронных сетей в программном пакете Matlab для прогноза потребления электрической энергии дистанции электроснабжения Белорусской железной дороги. Представлен перечень основных задач, решаемых нейрокompьютерами в современных энергетических системах.

Нейронная сеть принимает решения при множестве заданных условий. Искусственные нейронные сети, подобно биологическим, являются вычислительной системой с огромным числом параллельно функционирующих простых процессоров с множеством связей. Несмотря на то, что при построении таких сетей обычно делается ряд допущений и значительных упрощений, отличающих их от биологических аналогов, искусственные нейронные сети демонстрируют удивительное число свойств, присущих мозгу, – это обучение на основе опыта, обобщение, извлечение существенных данных из избыточной информации.

Обученная сеть может быть устойчивой к некоторым отклонениям входных данных, что позволяет ей правильно «видеть» образ, содержащий различные помехи и искажения.

Сегодня существует большое число различных конфигураций нейронных сетей с различными принципами функционирования, которые ориентированы на решение самых разных задач. В качестве примера рассмотрим многослойную полносвязанную нейронную сеть прямого распространения, которая широко используется для поиска закономерностей и классификации образов. Обычно обучение нейронной сети осуществляется на некоторой выборке [1]. По мере процесса обучения, который происходит по некоторому алгоритму, сеть должна все лучше и правильнее реагировать на входные сигналы. Выделяют три парадигмы обучения: с учителем, самообучение и смешанная. В первом способе известны правильные ответы к каждому входному примеру, а веса подстраиваются так, чтобы минимизировать ошибку. Обучение без учителя позволяет распределить образцы по категориям за счет раскрытия внутренней структуры и природы данных. При смешанном обучении комбинируются два вышеизложенных подхода.

Существует большое число алгоритмов обучения, ориентированных на решение разных задач [2]. Среди них выделяется алгоритм обратного распространения ошибки, который является одним из наиболее успешных современных алгоритмов. Его основная идея заключается в том, что изменение весов синапсов происходит с учетом локального градиента функции ошибки. Разница между реальными и правильными ответами нейронной сети, определяемыми на выходном слое, распространяется в обратном направлении – навстречу потоку сигналов. В итоге каждый нейрон способен определить вклад каждого своего веса в суммарную

ошибку сети. Простейшее правило обучения соответствует методу наискорейшего спуска, то есть изменения синоптических весов пропорционально их вкладу в общую ошибку.

В последнее время предпринимаются активные попытки объединения искусственных нейронных сетей и экспертных систем. В такой системе искусственная нейронная сеть может реагировать на большинство относительно простых случаев, а все остальные передаются для рассмотрения экспертной системе. В результате сложные случаи принимаются на более высоком уровне, при этом, возможно, со сбором дополнительных данных или даже с привлечением экспертов.

Области применения нейронных сетей весьма разнообразны – это распознавание текста и речи, семантический поиск, экспертные системы и системы поддержки принятия решений, предсказание курсов акций, системы безопасности, анализ текстов.

Способности нейронной сети к прогнозированию напрямую следуют из ее способности к обобщению и выделению скрытых зависимостей между входными и выходными данными. После обучения сеть способна предсказать будущее значение некоей последовательности на основе нескольких предыдущих значений и/или каких-то существующих в настоящий момент факторов.

Преимущества нейронных сетей перед традиционными вычислительными системами:

- 1 Решение задач при неизвестных закономерностях.
- 2 Устойчивость к шумам во входных данных.
- 3 Приспособление к изменениям окружающей среды.
- 4 Потенциальное сверхвысокое быстродействие.

5 Отказоустойчивость при аппаратной реализации нейронной сети. Нейронные сети потенциально отказоустойчивы, и при неблагоприятных условиях их производительность падает незначительно. Например, если поврежден какой-то нейрон или его связи, извлечение информации затрудняется.

Нейросетевые технологии в оптимизации энергосистем. Проблемы повышения надежности и эффективности функционирования энергетических систем, уменьшение потерь электроэнергии являются основными проблемами современной энергетики.

Разработанные до настоящего времени модели и методы оптимизации неполностью отражают реальные условия функционирования электрических сетей. Поэтому создание модели, приближенной к реальным условиям функционирования энергосистемы, сводится

к задаче планирования и управления режимами, в которой некоторые параметры целевой функции и ограничений являются случайными величинами. Критерий оптимизации развития энергетических систем основан на минимизации затрат, связанных с развитием системы электроснабжения.

Общим критерием оптимальности управления может служить суммарный ущерб, обусловленный недоотпуском электроэнергии и ухудшением параметров режима в аварийном и послеаварийном режимах.

Применение нейронных сетей в электроэнергетике позволяет повысить эффективность процесса производства и распределения электроэнергии, управлять безопасностью и режимами функционирования энергосистем. Ниже представлен перечень основных задач, решаемых нейропрограммами в современных энергетических системах: предсказание нагрузки; прогнозирование температуры окружающей среды с целью прогнозирования нагрузки и температуры нагрева; управление потоками электроэнергии в сетях; контроль максимальной мощности; регулирование напряжения; диагностика энергосистем с целью определения неисправностей; мониторинг безопасности энергосистем; обеспечение защиты трансформаторов; обеспечение устойчивости, оценка динамического состояния и диагностика синхронных генераторов; управление турбогенераторами; управление сетью синхронных генераторов.

Ранее некоторые из этих задач решались статистическими и численными методами, с помощью имитацион-

ного моделирования. Но развитие технологии нейросетей позволило расширить круг решаемых задач по оценке состояния энергосистемы.

Изменение объемов железнодорожных перевозок, схем электроснабжения и мощности подключенного электрооборудования потребителей железнодорожной отрасли связано с повышением точности прогнозирования потребления электрической энергии системами электроснабжения с целью снижения потерь, повышения эффективности используемого оборудования и рационального выбора схем электроснабжения.

Нейронная сеть для прогнозирования Барановичской дистанции электроснабжения Белорусской железной дороги. С целью прогнозирования потребления электроэнергии в программном пакете *Matlab* была создана интеллектуальная нейронная сеть (ИНС), которая будет выполнять эту задачу. В каждой задаче прогнозирования набор исходных факторов составляется индивидуально. В нашем исследовании использовались следующие данные: предшествующие наблюдения нагрузки по счетчикам электроэнергии; температура окружающей среды, так как электропотребление растет в холодные дни, когда включаются электронагревательные устройства и в жаркие дни, когда включаются кондиционеры; количество праздничных дней в месяце (долгота дня значимо не влияла на результаты).

Пример исходных данных для создания обучения ИНС представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Пример исходных данных для создания обучения ИНС

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
T_{cp}	-7,37	-0,91	5,4	8,69	14	16	21	18,9	13,24	6,2	0,87	-2,61
$N_{тр}$	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L_n	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
K_b	11	8	11	11	12	9	10	10	8	8	12	11

В качестве входных данных были приняты следующие величины: T_{cp} – средняя температура за месяц; $N_{тр}$ – число трансформаторов; L_n – длина линии; K_b – количество выходных и праздничных дней в месяце.

В качестве целевых данных было принято потребление электроэнергии трансформаторными подстан-

циями. Например, целевые данные для ТП-302 за год приведены в таблице 2 на основании отчета о научно-технической работе по расчету величины технологического расхода электрической энергии на ее транспортировку по электрическим сетям (договор № 198/9875).

Таблица 2 – Пример целевых данных

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
W , кВт·ч	12715	11500	10328	8937	6927	8140	5673	8316	8560	5887	7148	8507

Пример создания ИНС в рабочем окне *Matlab* с помощью редактора *New* представлено на рисунке 1.

В ИНС выделяют три слоя: 1-й слой имеет 100 нейронов, 2-й слой – 1 нейрон, 3-й слой – 1 нейрон (рисунок 1). Функцию обучения выбираем *trainlm* (метод Левенберга-Маркара), функцию выполнения используем *mse* (среднеквадратичная ошибка), функцию настройки для режима адаптации – *learnqdm* (обучающая функция градиентного спуска с учетом моментов). Тип сети выбираем *feed-forward backprop* (сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки). Функции активации каждого слоя выбираем различные: для первого слоя – *logsig* (логистическая функция активации), для второго – *purelin*

(линейная функция активации), для третьего – *tansing* (функция активации гиперболический тангенс).

С помощью вкладки *Weights* (Весы) корректируются веса нейронов относительно исходных данных. Функцией *Train* (Обучение) задаются параметры обучения. Процесс обучения проводится несколько раз до достижения заданной точности результатов, так как с каждым разом ИНС все более точно моделирует выходные данные. Полученные результаты моделирования и ошибки выводятся в рабочую область *Matlab*. После того как было проведено обучение ИНС, ее можно использовать в практических целях. Пример результатов обучения ИНС приведены в таблице 3.



Рисунок 1 – Пример создания ИНС в рабочем окне Matlab

Таблица 3 – Пример результатов обучения ИНС

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
W, кВт·ч	12714	11773	10328	8937	6927	7023	5673	8917	8560	5887	7148	8507

Годовое потребление электроэнергии трансформаторной подстанции Барановичской дистанции электропитания Белорусской железной дороги по счетчикам электроэнергии составило 102 638 кВт·ч, а прогнозное значение, полученное с помощью ИНС, – 102 395 кВт·ч. Погрешность моделирования с помощью искусственных нейронных сетей составила менее 0,3 %, что является вполне точным результатом для целей прогнозирования потребления электрической энергии.

Полученная нейронная сеть может быть легко адаптирована к изменениям в энергосистеме любой дистанции электропитания Белорусской железной дороги и дает достаточно точный прогноз при условии достоверности входных данных. Дальнейшим развитием данного направления является повышение точности прогнози-

рования. Для этого существуют следующие основные пути: более качественная предварительная подготовка входных данных; использование других методов обучения ИНС; использование ИНС в сочетании с экспертным анализом полученных данных.

Список литературы

- 1 Каменев, А. С. Нейромоделирование как инструмент интеллектуализации энергоинформационных сетей / А. С. Каменев, С. Ю. Королев, В. Н. Сокотушенко ; под ред. В. В. Бушуева. – М. : ИЦ «Энергия», 2012. – 124 с.
- 2 Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы : пер. с польск. / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М. : Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.

Получено 01.02.2019

V. N. Galushko, V. A. Patskevich, I. S. Evdasev, A. V. Drobov. Forecasting the electric energy consumption of distance electrical supply with the help of artificial neural networks.

The use of artificial neural networks in the Matlab software package for predicting the electrical energy consumption of the power supply of the Belarusian railways is considered. A list of the main tasks solved by neurocomputers in modern energy systems is presented.

УДК 691.327

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

СИСТЕМА НОМОГРАММ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗНАЧАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ЦЕМЕНТА В БЕТОНЕ

По результатам многолетних исследований карбонизации бетона, как сразу после изготовления, так и эксплуатируемых различные сроки в разных атмосферных условиях железобетонных элементов, получены регрессионные зависимости изначального содержания цемента от величины карбонатной составляющей бетона. С учетом результатов исследования карбонизации в поверхностных слоях бетона предложены диаграммы и номограммы для определения изначального содержания цемента в бетоне железобетонных элементов и конструкций, эксплуатируемых в различных атмосферных условиях.

Введение. Количество цемента определяет не только прочность бетона, но и качество его защитных свойств по отношению к стальной арматуре и продолжительность их действия, т. е. долговечность железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК), составляющих подавляющее большинство конструктивных элементов зданий и сооружений. И если при изготовлении бетона контроль его состава не вызывает затруднений, то в бетоне (затвердевшем камне) очень сложно оценить количество использованного цемента. Это подтверждает отсутствие на сегодняшний день методик, позволяющих качественно и несложно оценивать изначальное содержание цемента в бетоне.

Основная часть. На основании результатов исследования карбонизации бетонов различных составов сразу после изготовления с применением тепловлажностной обработки (ТВО) [1, 2] и изменения во времени параметров карбонизации по сечению бетонов различных классов по прочности, эксплуатировавшихся в разных атмосферных средах [3, 4], выявлена линейная зависимость начальной карбонизации бетона (показателя K_{C0}) от количества использованного цемента в поверхностном слое бетона и получены регрессионные зависимости изменения во времени карбонатной составляющей (показателя K_C) от расхода цемента.

В общем виде зависимость карбонизации от расхода цемента выглядит следующим образом:

$$K_C(l, t) = \gamma_1 + (\gamma_2 + \gamma_3 \sqrt{t}) e^{\left(14,2 - \left(\frac{t+100}{5,05}\right)^{0,85}\right)}, \quad (1)$$

где K_C – карбонатная составляющая, %; l – сечение бетона, мм; t – период времени, лет; γ_1 – γ_3 – коэффициенты, значения которых для различных условий эксплуатации приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов γ_1 – γ_3 составов бетона с $\Pi = 200 \dots 600 \text{ кг/м}^3$ для различных эксплуатационных условий

Расход цемента, кг/м^3	γ_1	γ_2	γ_3					
			Условия эксплуатации					
			СХ О	СХ У	ОПЗ О	ОПЗ У	А О	А У
200	2,37	0,487	0,629	1,170	0,321	0,889	0,693	0,977
300	3,06	0,603	0,557	1,090	0,249	0,806	0,620	0,895
400	3,83	0,715	0,485	0,955	0,175	0,712	0,547	0,801
500	4,67	0,844	0,413	0,893	0,101	0,609	0,474	0,699
600	5,57	0,987	0,341	0,780	0,031	0,499	0,401	0,586

Примечание – СХ, ОПЗ, А – условия, соответственно, сельскохозяйственных зданий; общественных зданий и промышленных – с неагрессивной эксплуатационной средой; открытой атмосферы; О, У – области обычной и ускоренной карбонизации.

Путем математической обработки получена зависимость изменения показателей γ_1 – γ_3 от расхода цемента:

$$K_C(l, t) = (0,0080\Pi + 0,6747) + \left((808,97\Pi - 186,36) + \gamma_3 \sqrt{t} \right) e^{\left(14,2 - \left(\frac{t+100}{5,05}\right)^{0,85}\right)}, \quad (2)$$

где Π – расход цемента, кг/м^3 , γ_3 – коэффициент (таблица 2).

Таблица 2 – Значения коэффициента γ_3

Условия эксплуатации	Коэффициент « γ_3 »
СХ О	$-0,0007\Pi + 0,7730$
СХ У	$-0,001\Pi + 1,3791$
ОПЗ О	$-0,0007\Pi + 0,4672$
ОПЗ У	$-0,0010\Pi + 1,0964$
А О	$-0,0007\Pi + 0,8390$
А У	$-0,0010\Pi + 1,1854$

Это позволило получить регрессионные зависимости изменения во времени карбонатной составляющей от количества использованного цемента $K_C = f(l, t, \Pi)$ для различных эксплуатационных условий, представляющие собой поверхности 2-го рода (рисунок 1).

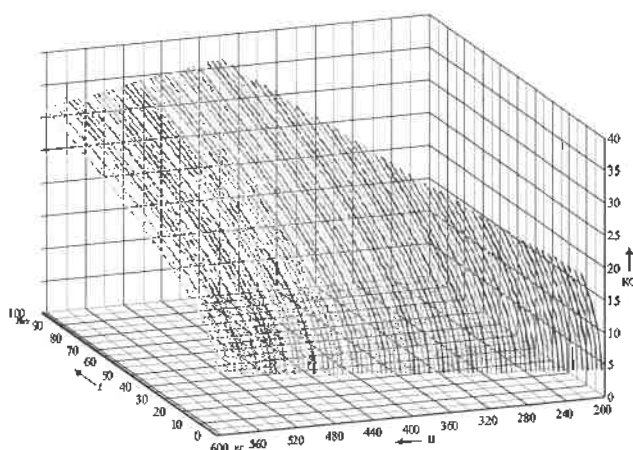


Рисунок 1 – Расчетно-экспериментальная зависимость $K_C = f(l, t, \Pi)$ для условий открытой атмосферы области ускоренной карбонизации

Полученные зависимости дают возможность оценивать карбонизацию во времени по сечению бетона и прогнозировать ее изменения в зависимости от количества использованного цемента и, как следствие, определять количество использованного цемента по изменению во времени показателя K_C . Однако с учетом сложности их практического использования для оценки изначального содержания цемента необходимо исследование предложенных зависимостей $K_C = f(l, t, \Pi)$ для дискретных значений количества цемента в линейном виде [5].

На рисунке 2 приведены в графическом выражении регрессионные зависимости t – $K_C(\Pi)$ для дискретных

значений количества использованного цемента $\Pi = 200, 300, 400, 500$ и 600 кг/м^3 .

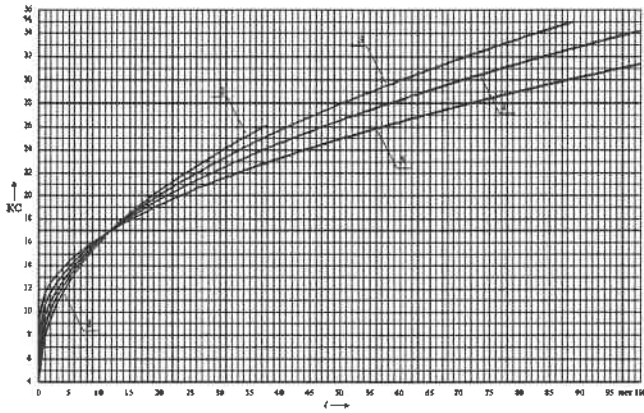


Рисунок 2 – Регрессионные зависимости $t - KC (\Pi)$ для эксплуатационных условий открытой атмосферы области ускоренной карбонизации: 1 – 200; 2 – 300; 3 – 400; 4 – 500; 5 – 600 кг/м^3

Представленные зависимости носят одинаковый характер. Для всех эксплуатационных условий изменение карбонатной составляющей во времени происходит от начального значения до равновесной (узловой) точки (KC_p). Так, для условий обычной карбонизации $KC_p \approx 11,5$ лет, ускоренной карбонизации – $KC_p \approx 17,0$ лет.

Для нахождения изначального содержания с интервалом 5 кг/м^3 , определяемым точностью дозирования вяжущего в заводских условиях, диаграммы $t - KC (\Pi)$ для каждого типа эксплуатационных условий разбиты на два интервала: с момента изготовления до момента уравнивания скоростей карбонизации и от него до 100 лет и на диапазоны количества цемента 200–300, 300–400, 400–500 и 500–600 кг/м^3 с шагом 10 кг/м^3 .

В качестве примера на рисунках 3 и 4 приведены регрессионные зависимости $t - KC (\Pi)$ для эксплуатационных условий открытой атмосферы, области ускоренной карбонизации диапазона $\Pi = 500 \dots 600 \text{ кг/м}^3$.

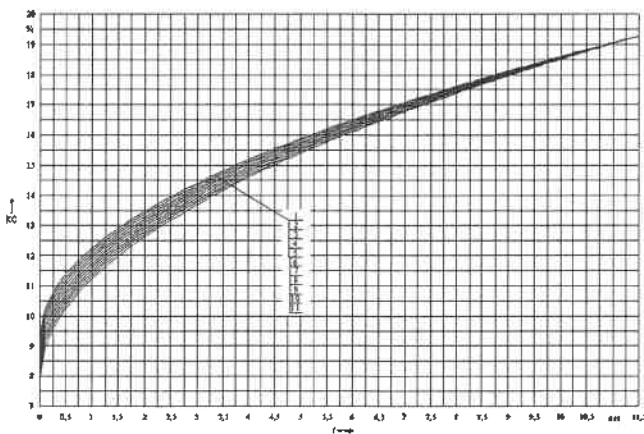


Рисунок 3 – Диаграмма определения изначального содержания цемента для эксплуатационных условий открытой атмосферы области ускоренной карбонизации: 1 – 600; 2 – 590; 3 – 580; 4 – 570; 5 – 560; 6 – 550; 7 – 540; 8 – 530; 9 – 520; 10 – 510; 11 – 500 кг/м^3

Необходимо отметить, что несмотря на то, что практическое значение имеют оба интервала, реально востребованы, конечно же, в первую очередь, могут быть построенные до равновесной точки. Это объясняется тем, что определение изначального содержания цемента осо-

бенно актуально в первые годы эксплуатации объектов для оценки не только качества изготовления бетона, но и несущей способности ЖБЭ.

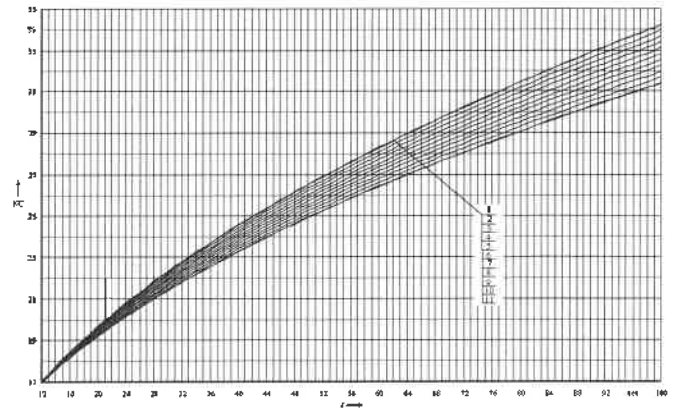


Рисунок 4 – Диаграмма определения изначального содержания цемента для эксплуатационных условий открытой атмосферы области ускоренной карбонизации: 1 – 500; 2 – 510; 3 – 520; 4 – 530; 5 – 540; 6 – 550; 7 – 560; 8 – 570; 9 – 580; 10 – 590; 11 – 600 кг/м^3

Поэтому для повышения оперативности и удобства использования для каждого типа эксплуатационных условий построены номограммы, позволяющие определить изначальное содержание цемента с точностью до 5 кг/м^3 с момента изготовления бетона до момента уравнивания скоростей карбонизации.

В качестве примера на рисунке 5 приведены номограммы определения изначального содержания цемента в бетоне для возраста эксплуатации до 17 лет, эксплуатационных условий открытой атмосферы, области обычной карбонизации в интервалах 200–300 и 500–600 кг/м^3 .

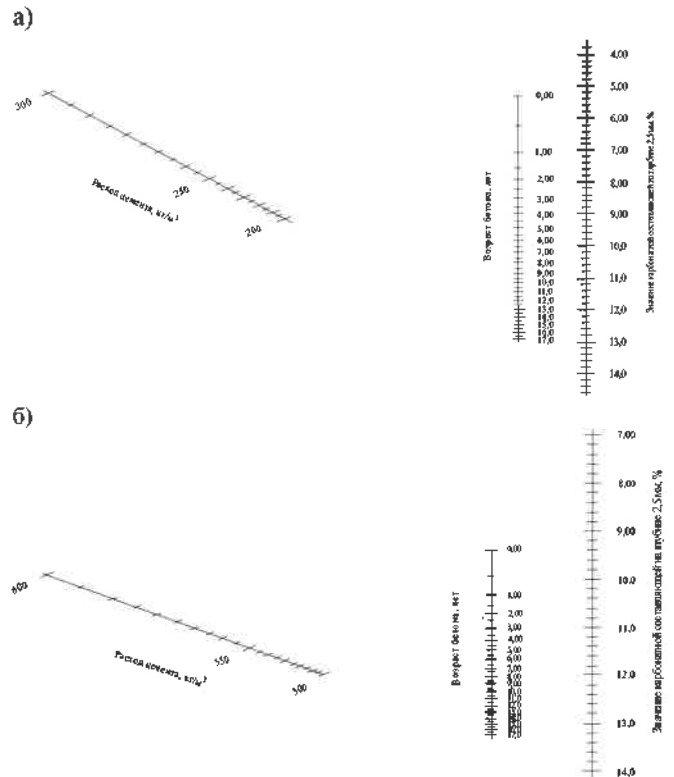


Рисунок 5 – Номограмма для определения количества изначального содержания цемента в бетоне в диапазоне: а – 200–300 кг/м^3 для условий открытой атмосферы, области ускоренной карбонизации; б – 500–600 кг/м^3 для условий открытой атмосферы, области ускоренной карбонизации

Выводы. 1 На основании исследования начальной карбонизации по сечению бетона сразу после изготовления с применением ТВО и изменения карбонизации во времени в зоне расположения стальной арматуры от количества использованного цемента получены регрессионные зависимости развития карбонизации во времени по сечению бетона от количества использованного цемента для различных эксплуатационных условий при расходе цемента 200–600 кг/м³.

2 С учетом полученных регрессионных зависимостей, а также результатов исследования карбонизации в поверхностных слоях бетона предложены диаграммы и номограммы для определения изначального содержания цемента в бетоне ЖБЭ и ЖБК, эксплуатируемых в различных атмосферных условиях. Они позволяют оценивать карбонизацию во времени по сечению бетона и прогнозировать ее изменения в зависимости от количества использованного цемента; от фактического значения показателя карбонатной составляющей (полученного на момент обследования бетонного либо железобетонного элемента) уточнять условия эксплуатации. Их можно применять для оценки причин: изменения прочностных характеристик бетона; защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре; создания аварийных ситуаций и др.

Получено 14.01.2019

A. A. Vasilyev. The system of monograms for assessment of initial content of cement in concrete.

By results of long-term researches of a carbonization of concrete as right after manufacture, and operated various terms in different atmospheric conditions of reinforced concrete elements, regression dependences of initial content of cement on the size of a carbonaceous component of concrete are received. Taking into account results of a research of a carbonization in the surface layers of concrete, charts and nomograms for determination of initial content of cement in concrete of the reinforced concrete elements and designs operated in various atmospheric conditions are offered.

1 Васильев, А. А. Исследование карбонизации по сечению бетона после тепловлажностной обработки / А. А. Васильев, Д. Н. Шевченко // Строительная наука и техника. – 2010. – № 5. – С. 60–64.

2 Васильев, А. А. Расчетно-экспериментальная модель карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 263 с.

3 Васильев, А. А. Оценка поврежденности железобетонных элементов с учетом карбонизации бетона / А. А. Васильев // Будівельні конструкції : Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Вип. 78 : в 2 кн. Кн. 2. – Київ : ДП НДІБК, 2013. – С. 338–347.

4 Васильев, А. А. Совершенствование оценки и прогнозирования технического состояния железобетонных элементов и конструкций, эксплуатирующихся в различных атмосферных условиях / А. А. Васильев // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр. – Минск, 2017. – Вып. 9 – С. 148–167.

5 Васильев, А. А. Оценка изначального содержания цемента в бетоне / А. А. Васильев // «EUROPEAN RESEARCH» сб. ст. XVIII междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : МЦНС «Наука и просвещение», 2018. – С. 77–81.

УДК 502.3

С. Н. КОЛДАЕВА, кандидат технических наук, В. С. ДЕЦУК, кандидат химических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОЧИСТКА ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ ОТ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРИМЕСЕЙ МЕТОДОМ ПАРЦИАЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИИ

Представлено обоснование возможности использования метода парциальной конденсации высокомолекулярных примесей из газовой смеси, отводимой от участка трафаретной печати виниловых обоев в качестве альтернативы методу дожига органической фракции смеси. Определены теплофизические параметры газовой смеси после частичного подмешивания в поток, удаляемой от участков сушки, воздуха из помещения цеха. Установлен перечень компонентов, которые могут быть сконденсированы в водо-воздушном конденсаторе. Определена достижимая глубина очистки выброса.

Основанием для проведения исследований послужила необходимость доочистки выбросов, образующихся при производстве виниловых обоев на участке трафаретной печати филиала «Гомельобои» ОАО «ЦБК-Консалт». Применявшаяся ранее система очистки методом дожига по отдельным компонентам выброса не обеспечивала снижения концентраций до ПДК. Кроме того, по ряду компонентов требовалось дополнительное снижение концентраций, поскольку территория УП «Гомельобои» примыкает к жилой зоне плотной застройки Новобелицкого района г. Гомеля, и летучие компоненты с характерным запахом доставляли неудобства жителям близлежащих территорий.

Низкие концентрации органических примесей в удаляемой газовой смеси обуславливал высокий расход природного газа в системе дожига – до 70 м³/мес. Поскольку теплота дожига не использовалась в технологическом процессе, процедура дожига являлась предельно энергозатратной. Сжигание больших объемов природного газа повышало концентрацию оксидов азота и диоксида углерода в удаляемой газовой смеси.

Наблюдаемая в воздуховодах системы вытяжной вентиляции от обоепечатных машин № 9, 10 участка трафаретной печати самопроизвольная конденсация углеводородов определила направление первого этапа исследований. Как известно, самопроизвольная конденсация может быть применена для обработки систем, содержащих пары веществ при температурах, достаточных близких к их точке росы при атмосферном давлении.

Цель исследований – определение возможности снижения концентрации высокомолекулярных примесей до ПДК либо до порога чувствительности методом конденсации при охлаждении газовой смеси в водо-воздушном теплообменнике.

В качестве исходных данных был принят предоставленный предприятием перечень выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ (ЗВ). Указанный перечень содержит 19 наименований ЗВ, представленных как результатами замеров, так и расчетными данными. Для ряда компонентов сведения (в том числе расчетные) предоставлены не по концентрации, мг/м³, а по расходу мг/с либо т/год. Поскольку конечный результат очистки определяется концентрацией загрязняющих веществ в выбросе, потребовалось определение адекватной методики оценки стартовой концентрации по имеющемуся расходу.

Процесс парциальной конденсации компонента газовой смеси представляет собой охлаждение смеси до температуры «точки росы», при которой парциальное давление компонента станет равным давлению его насыщенного пара. Дальнейший отвод теплоты сопровождается конденсацией рассматриваемого компонента, снижением его концентрации в газовой смеси и соответствующим снижением парциального давления, приводящим к смещению «точки росы» в область более низких температур. Таким образом, даже при постоянном атмосферном давлении нельзя выделить определенную температуру конденсации компонента смеси. Можно определить температурный диапазон, при котором возможна конденсация от исходной до требуемой концентрации. В присутствии нескольких компонентов расчет улавливания осуществляется по компоненту, имеющему наиболее низкий температурный диапазон.

Для определения режимов возможной конденсации компонентов смеси все загрязняющие вещества фракционировали по температурным диапазонам конденсации. В соответствии с техническими возможностями охлаждения газовой смеси компоненты фракционировали по трем температурным диапазонам: при $t_{\text{конд}} \geq 15 \text{ }^\circ\text{C}$, в интервале температур $5 \text{ }^\circ\text{C} \leq t_{\text{конд}} \leq 15 \text{ }^\circ\text{C}$ и при $t_{\text{конд}} \leq 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Охлаждение до температур конденсации компонентов, относящихся к 1-й группе, может быть обеспечено в водо-воздушном теплообменнике с использованием сетевой водопроводной воды. Для охлаждения компонентов 2-й группы потребуется предварительное охлаждение сетевой воды до температур 2–4 °С. Компоненты 3-й группы могут быть охлаждены до температуры конденсации низкотемпературными хладагентами.

Анализ справочных и литературных данных показал, что в обрабатываемой газо-воздушной смеси вещества, конденсирующиеся в интервале температур $5 \text{ }^\circ\text{C} \leq t \leq 15 \text{ }^\circ\text{C}$, отсутствуют. Установленные диапазоны конденсации высокомолекулярных компонентов, конденсирующихся при $t \geq 15 \text{ }^\circ\text{C}$ при атмосферном давлении, позволяют предположить возможность конденсации последних при тех парциальных давлениях, которые они имеют в составе газовой смеси. Анализ физико-химических характеристик веществ, конденсирующихся при $t \leq 5 \text{ }^\circ\text{C}$, показывает, что все летучие компоненты смеси при атмосферном давлении имеют диапазон конденса-

ции в области отрицательных температур, причем аммиак, диоксид азота и окись углерода – в области криогенных температур.

Для проведения теплотехнических расчетов требовалось определить начальные концентрации загрязняющих веществ, которые не были определены в ходе инвентаризации выбросов, а также конечные концентрации, до которых требовалось провести конденсацию. Начальные концентрации необходимо было определить с учетом процесса подмешивания в систему вытяжной вентиляции воздуха из помещения цеха. В качестве конечной концентрации использовали либо ПДК загрязняющих веществ, либо их пороги чувствительности, если последние оказывались ниже ПДК.

Расчет изменения параметров паровоздушной смеси в процессе смешения потоков. Конструктивное исполнение воздуховодов таково, что паровоздушная смесь от участков сушки, удаляемая вытяжным вентилятором, частично захватывает воздух из помещения цеха. При этом происходит частичное разбавление паровоздушной смеси и снижение концентрации в ней загрязняющих веществ. Расчет степени снижения концентрации ЗВ вследствие разбавления паровоздушной смеси проводили с учетом следующих допущений (оправданных для большинства технических задач):

- воздуховоды расположены горизонтально, тем самым изменением потенциальной энергией можно пренебречь;

- скорости перемещения газа относительно малы, т. е. изменением кинетической энергией также пренебрегаем.

Тогда согласно первому началу термодинамики для адиабатного потока (теплоизолированная труба) при вышеперечисленных условиях с учетом уравнений ма-

териального и теплового баланса для температуры газозвушной смеси на выходе из цеха получаем

$$T = \frac{c_{p1}G_1T_1 + c_{p2}G_2T_2}{c_{p1}G_1 + c_{p2}G_2} = \frac{c_{p1}g_1T_1 + c_{p2}g_2T_2}{c_{p1}g_1 + c_{p2}g_2}. \quad (1)$$

В случае смешения двух потоков одного газа (процентное соотношение примесей позволяет для теплотехнических расчетов рассматривать паровоздушную смесь как воздух) формула для температуры смеси упрощается:

$$T = \frac{G_1T_1 + G_2T_2}{G_1 + G_2} = g_1T_1 + g_2T_2. \quad (2)$$

Из формулы (2) и условия нормирования массовых долей получаем

$$(273 + 160) = (200 + 273)g_1 + (20 + 273)g_2; \\ g_1 + g_2 = 1.$$

Учитывая, что в смешивающихся потоках содержится преимущественно воздух (массовые доли примесей не превышают 0,3 %), получаем $g_2 = 0,20$, т. е. вытяжной воздух с примесями из туннеля разбавляется чистым воздухом из помещения цеха в соотношении 4:1. При этом концентрации примесей в удаляемой смеси пропорционально понижаются.

Результаты расчетов и справочные данные для загрязняющих веществ, конденсирующихся при $t \geq 15$ °С приведены в таблице 1. Серым цветом выделены вещества, содержание которых в устье выброса превышает ПДК. Для компонентов, обладающих одорирующим эффектом, в таблице 1 приведены пороги чувствительности.

Таблица 1 – Концентрации и пороги чувствительности загрязняющих веществ, конденсирующихся при $t \geq 15$ °С

Загрязняющее вещество	ПДК _{м.р.} , мг/м ³	Порог чувствительности, мг/м ³	Концентрация от источника выделения ЗВ до очистки (ОПМ), мг/м ³		Концентрация расчетная после смешения, мг/м ³
			средняя	максимальная	
Этилацетат (винилацетат, уксусной кислоты виниловый эфир)	0,1	0,0004* (0,12 ppm)	Меньше предела чувствительности методики		
Гидрохлорид (водород хлорид, соляная кислота)	0,2	0,015	3,3	3,4	2,43
Пропан-2-ол (изопропиловый спирт)	0,6	0,054* (22 ppm)	14,7	16,3	11,22
Бутан-1-ол (бутиловый спирт)	0,1	0,001	Меньше предела чувствительности методики		
2-(Диметиламино)этанол (N,N-диметилэтаноламин)	0,25	2,5	0,76	0,9	0,61
(Хлорметил)оксиран (1-хлор-2,3-эпоксипропан, эпихлоргидрин)	0,2	625	0,05		0,024
2-Этилгексанол (изооктиловый спирт)	0,15	0,265* (50 ppm)		0,9	0,61
Диизононилфталат (ДИНФ)	1		1900,90		1520,7
n-парафин фракции C10-C13	1		1082,79		866,2
Диоктилфталат (1,2-бензилдикарбоновой кислоты диоктиловый спирт)	0,5	2,0–2,3	0,03		0,016
Дибутилфталат (фталевой кислоты дибутиловый спирт)	0,5	0,26	0,03		0,016

* Расчетный от ppm.

Определение теплофизических параметров паровоздушной смеси. Как было сказано ранее, температу-

ра конденсации является функцией давления, в случае парциальной конденсации компонентов газовой смеси –

функцией парциальных давлений соответствующих компонентов.

Поскольку химическая концентрация, кг/м^3 , фактически представляет собой плотность компонента смеси, парциальное давление последнего может быть выражено из уравнения Менделеева – Клапейрона

$$P_i = \rho_i \frac{RT}{\mu_i}, \quad (3)$$

где P_i – парциальное давление i -го компонента смеси; ρ_i и μ_i – соответственно плотность и молярная масса i -го компонента;

R – универсальная газовая постоянная;

T – абсолютная температура.

Расчетные значения парциальных давлений интересующих нас компонентов при температурах 200 и 160 °С (после смешивания потоков) сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Зависимость парциальных давлений загрязняющих веществ (ЗВ) от температуры

Загрязняющее вещество	Молярная масса, $\times 10^{-3}$ кг/м^3	Концентрация ЗВ, мг/м^3		Парциальное давление, мм рт. ст.				
		расчетная от расхода	после смешивания потоков	начальное		после смешивания потоков		
				Температура, °С				
				0	160	200	0	160
Пропанол-2	60	14,2	11,4	0,004	0,006	0,007	0,003	0,005
Диизоноилфталат	418	1900,9	1520,7	0,077	0,123	0,134	0,062	0,098
<i>n</i> -парафин фракции $C_{10}-C_{13}$	170*	1082,8	866,2	0,108	0,172	0,188	0,087	0,138
2-Этилгексанол	250	0,76	0,6	0,00005	0,00008	0,00009	0,00004	0,00007

* Средняя.

Известные эмпирические зависимости температуры конденсации от давления имеют сходный вид для углеводородов разных классов. Их характерной особенностью является резкое нелинейное падение температуры

конденсации в области низких давлений. Для удобства количественного анализа эти зависимости изображают в полулогарифмических координатах, где они представляют собой линейные функции (рисунок 1).

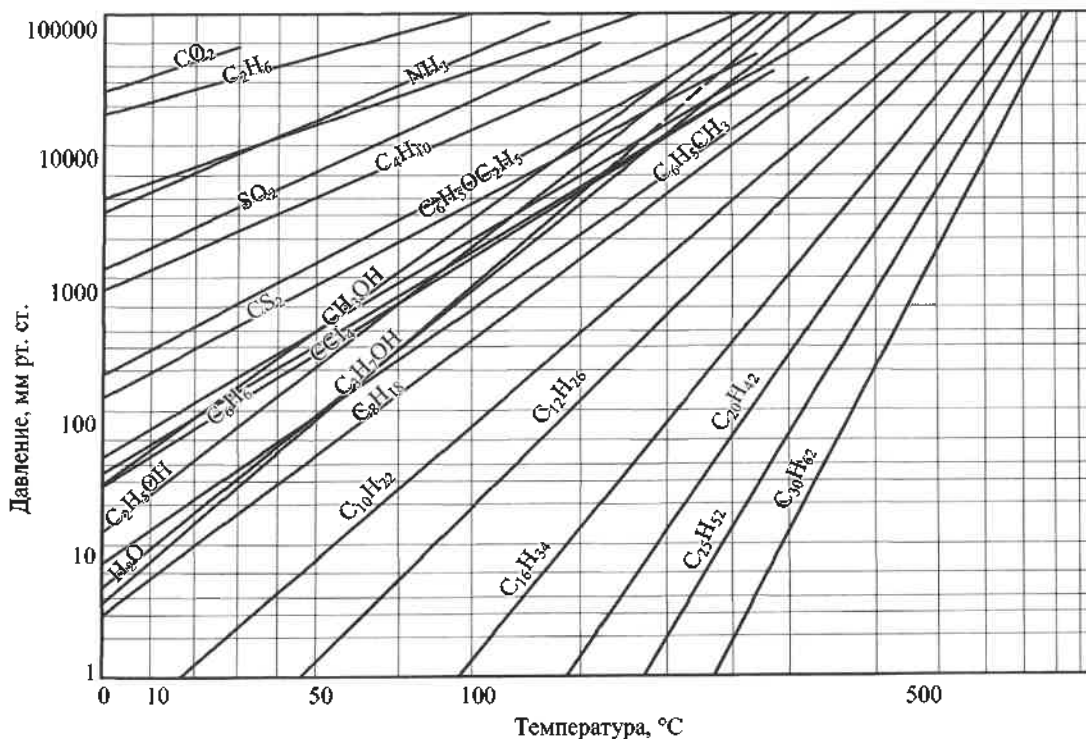


Рисунок 1 – Зависимость температуры конденсации от давления для различных углеводородов

Исследовали поведение функций $T_{k,m} = f(P)$ для компонентов, содержащихся в газозудной смеси. Как видно из графиков, для изопропилового спирта (C_3H_7OH) и 2-этилгексанола ($C_8H_{17}OH$) при давлении паров ниже 3 мм рт. ст. температура конденсации лежит в области отрицательных температур, т. е. сконденсировать эти компоненты в водо-воздушном теплообменнике не представляется возможным. Для *n*-парафинов фракции

$C_{10}-C_{13}$ при давлении паров, равном 1 мм рт. ст. температура конденсации находится в пределах 15–55 °С, для диизоноилфталата ($C_{26}H_{42}O_4$) – в пределах 180–240 °С. Чтобы определить температуры конденсации указанных компонентов при парциальных давлениях, соответствующих их концентрациям в паровозудной смеси, необходимо провести экстраполяцию графиков, представленных на рисунке 1, в область более низких давле-

ний. В результате экстраполяции получены следующие результаты.

1 Для парафинов фракции $C_{10} - C_{13}$ при стартовой (после смешения) концентрации, равной $866,23 \text{ мг/м}^3$ (соответственно $P = 0,138 \text{ мм рт. ст.}$) конденсация возможна в области отрицательных температур.

2 Для диизоноилфталата температурный диапазон конденсации компонента до установленных экспертной требуемых концентраций составляет $90-150 \text{ }^\circ\text{C}$ и может быть обеспечен водяным охлаждением.

При охлаждении газо-воздушной смеси от $160 \text{ }^\circ\text{C}$ до $90 \text{ }^\circ\text{C}$ давление насыщенных паров диизоноилфталата снижается до $0,0013 \text{ мм рт. ст.}$, что соответствует концентрации 24 мг/м^3 , т. е. расход в устье выброса должен составить 113 мг/с .

Конструкция конденсатора, установленного в системе ГОУ, обеспечила охлаждение отходящей газо-воздушной смеси до $46 \text{ }^\circ\text{C}$, т. е. еще более глубокую очистку выброса. Однако мониторинг работы газоочистной установки (ГОУ) показал, что теплообменник-конденсатор не обеспечивает заявленной глубины очистки газовой смеси. Вследствие высокой скорости газовой смеси конденсация ДИНФ сопровождается незначительным осаждением конденсата в теплообменнике наряду с образованием мелкодис-

перной аэрозоли, которая выносится в атмосферу. Для улавливания аэрозоли ДИНФ система газоочистки должна быть дополнительно оснащена коалесцентным фильтром.

В результате исследований установлено, что при охлаждении газо-воздушной смеси от 160 до $90 \text{ }^\circ\text{C}$ давление насыщенных паров диизоноилфталата снижается до $0,0013 \text{ мм рт. ст.}$, что соответствует концентрации 24 мг/м^3 и расходу в устье выброса 113 мг/с . Для улавливания образовавшейся в результате конденсации аэрозоли ДИНФ система газоочистки должна дополнительно содержать коалесцентный фильтр.

Список литературы

- 1 Цветков, Ф. Ф. Задачник по тепломассообмену / Ф. Ф. Цветков, Р. В. Керимов, В. И. Величко. – 2-е изд., исправ. и доп. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008. – 196 с.
- 2 Справочник химика / под ред. Б. П. Никольского [и др.]. – Л.: Химия. – 1971. – Т. 2. – 1168 с.
- 3 Филатова, Е. Ю. Расчет теплообменника для парциальной конденсации многокомпонентной паровой смеси / Е. Ю. Филатова, Е. Н. Туголуков, О. В. Ведишева // Вестник ТГУ. – 2006. – Т. 11. – Вып. 32. – С. 310–313.

Получено 14.05.2019

S. N. Koldaeva, V. S. Detsuk. Purification of the gas-air mixture from high-molecular impurities by the method of partial condensation.

The substantiation of the possibility of using the method of partial condensation of high-molecular impurities from the gas-air mixture discharged from the screen printing department of the Gomeloboi Unitary Enterprise as an alternative to the afterburning of the organic fraction of the mixture is presented. The thermophysical parameters of the gas-air mixture after partial mixing into the stream, which is removed from the drying areas, and the air from the workshop room are determined. A list of components that can be condensed in a water / air condenser is installed. The achievable depth of clearance cleaning has been determined.

УДК 539.3

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, Российская Федерация

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КРИТИЧЕСКОЙ СИЛЫ СЖАТОГО СТЕРЖНЯ, ПОГРУЖЕННОГО В УПРУГОЕ ОСНОВАНИЕ

Предлагается разработанная методика расчета зависимостей критического значения сжимающей силы для стержня, частично опертого на упругое основание Винклера, от жесткостных свойств стержня и основания, длины опертого участка при различных граничных условиях стержня.

Проектирование и строительство современных зданий и сооружений, мостовых переходов во многом зависит от правильного определения качества грунта, выбора оптимальных конструкций, их размеров, а также материалов, из которых они изготовлены.

В различных областях строительства широко распространены конструкции, заглубленные в грунт. Они подвергаются воздействию как вертикальных, так и горизонтальных нагрузок.

Обоснование научного исследования. На несущую способность оснований горизонтально нагруженных свайных фундаментов большое влияние оказывают 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 совместной работы конструкции и основания, что может привести к разрушению недостаточно правильно рассчитанных конструкций и в дальнейшем – большим финансовым затратам для устранения последствий катастроф.

Утром 14 августа 2018 года произошла техногенная катастрофа в Италии на расположенном в черте Генуи путепроводе «Мост Моранди» скоростной трассы А10 Генуя – Савона (рисунок 1). Рухнула одна из двух центральных опор виадука, а вместе с ней – 200-метровый пролёт, на котором в этот момент находилось более 30 легковых автомобилей и три грузовика. По предварительным данным погибло 43 человека, 4 из них – дети. Обрушение виадука в Генуе представлено на рисунке 1. Министр транспорта Италии считает, что к катастрофе могли привести недостатки в обслуживании моста. Износ объекта – наиболее вероятная причина катастрофы. Мост служил больше 50 лет и подвергался большой транспортной нагрузке, так как автострада ведет в Милан. Можно ли было предотвратить трагедию – сложный вопрос. К сожалению, подобные обрушения происходят нередко и в разных странах. Часто виной всему становятся погодные условия, но иногда причина в ошибках при расчетах и строительстве, а также в обветшалости конструкций.

В связи с этим необходимо совершенствовать существующие методики расчетов конструкций и объек-

тов, а также разрабатывать новые с учетом предыдущих недостатков.



Рисунок 1 – Катастрофа. Мост в Генуе. 2018 г.

Как показал практический анализ возникающих катастроф, важную роль в расчетах играет 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 вышесказанного предлагается методика расчёта частично погруженного стержня в упругие основания с целью ее дальнейшей апробации, сравнения численных результатов с экспериментальными данными и последующего применения в расчетной практике.

Постановка задачи. Расчетная схема стержня, моделирующая частично погруженную сваю, состоящая из двух участков, с указанием осей x_i и y_i ($i = 1, 2$) и длины участков L_1 и L_2 , изображена на рисунке 2.

Стержень длиной L с изгибной жесткостью EI (E – модуль упругости материала; I – минимальный момент инерции сечения) частично оперт на упругое основание Винклера с коэффициентом жесткости $k = \text{const}$ и нагружен осевой сжимающей силой N . Наличие упругого основания эквивалентно действию распределенной нагрузки.

$$q(x) = -ky(x),$$

где $y = y(x)$ – поперечное перемещение оси стержня в сечении x .

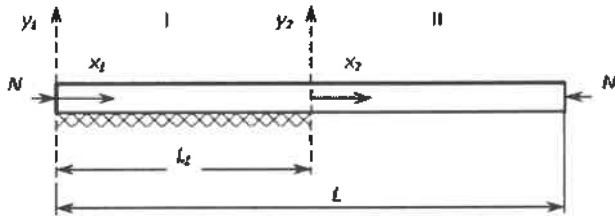


Рисунок 2 – Расчетная схема сжатого стержня, частично опертого на упругое основание

Ставится задача определения критического значения $N_{кр}$ сжимающей силы при определенных условиях закрепления концов стержня $x_1 = 0, x_2 = L_2$.

Уравнения прогибов стержня по участкам $i = 1, 2$ в безразмерных переменных и параметрах

$$\xi_1 = \frac{x_i}{L}; \quad w_i = \frac{y_i}{L}; \quad \bar{N}^2 = \frac{NL^2}{4EI};$$

$$\alpha^4 = \frac{kL^4}{4EI}; \quad \nu = \frac{L_1}{L} \quad (i = 1, 2) \quad \text{имеют вид [4–8]}$$

$$w_1^{IV} + 4\bar{N}^2 w_1'' + 4\alpha^4 w_1 = 0. \quad (1)$$

$$w_2^{IV} + 4\bar{N}^2 w_2'' = 0. \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2) интегрируются независимо, постоянные интегрирования определяются из граничных условий и из условий сопряжения участков.

Напряженно-деформированное состояние 1-го участка ($0 \leq \xi_1 \leq \nu$).

Решение уравнения (1) ищем подстановкой Эйлера:

$$w_1 = Ae^{n\xi_1}, \quad (3)$$

где A, n – константы, подлежащие определению.

Характеристическое уравнение для дифференциального уравнения (1) получим, подставляя представление (3) в уравнение (1):

$$n^4 + 4\bar{N}^2 n^2 + 4\alpha^4 = 0. \quad (4)$$

Подстановкой $n^2 = m$ биквадратное уравнение (4) приводится к квадратному

$$m^2 + 4\bar{N}^2 m + 4\alpha^4 = 0, \quad (5)$$

корни которого можно представить двойкой в зависимости от соотношения величин \bar{N} и α :

$$m_{1,2} = -2\bar{N}^2 \pm 2\sqrt{\bar{N}^2 - \alpha^4}, \quad \text{если } \bar{N} > \alpha. \quad (6)$$

$$m_{1,2} = -2\bar{N}^2 \pm 2i\sqrt{\alpha^4 - \bar{N}^4}, \quad \text{если } \bar{N} < \alpha. \quad (7)$$

Заметим, что если ввести параметр $N_0 = 2\sqrt{kEI}$, имеющий размерность силы и потому названный «условной силой», то соотношения между \bar{N} и α ($\bar{N} > \alpha, \bar{N} = \alpha, \bar{N} < \alpha$) могут быть заменены аналогичными соотношениями между размерными величинами N и N_0 ($N > N_0, N = N_0, N < N_0$), так как

$$\bar{N} = \sqrt{\frac{NL^2}{4EI}} \quad \text{и} \quad \alpha = \sqrt{\frac{N_0 L^2}{4EI}}.$$

Корни $m_{1,2}$ вида (6) используются, если $\bar{N} > \alpha$.

При этом корни характеристического уравнения (4) будут чисто мнимыми:

$$m_{1,2} = \pm ic, \quad m_{3,4} = \pm id, \quad (8)$$

где $c = \sqrt{\bar{N}^2 + \alpha^2} + \sqrt{\bar{N}^2 - \alpha^2}, \quad d = \sqrt{\bar{N}^2 + \alpha^2} - \sqrt{\bar{N}^2 - \alpha^2}$.

Функция прогибов (3) при этом принимает вид

$$w_1 = A_1 \cos c\xi_1 + A_2 \sin c\xi_1 + A_3 \cos d\xi_1 + A_4 \sin d\xi_1. \quad (9)$$

Корни $m_{1,2}$ вида (7) используются, если $\bar{N} < \alpha$. В этом случае корни уравнения (4) становятся комплексными:

$$m_{1,2,3,4} = \pm a \pm ib, \quad (10)$$

где $a = \sqrt{L^2 - \bar{N}^2}, \quad b = \sqrt{\alpha^2 + \bar{N}^2}$.

Функция прогибов (3) принимает вид

$$w_1 = A_1 \operatorname{ch} a\xi_1 \cos b\xi_1 + A_2 \operatorname{sh} a\xi_1 \cos b\xi_1 + A_3 \operatorname{ch} a\xi_1 \sin b\xi_1 + A_4 \operatorname{sh} a\xi_1 \sin b\xi_1. \quad (11)$$

И, наконец, при $\bar{N} = \alpha$ получаем из (6) или (7) двукратные корни уравнения (4):

$$m_{1,2} = ib, \quad m_{3,4} = -ib, \quad (12)$$

и функцию прогибов вида

$$w_1 = (A_1 + A_2 \xi_1) \cos b\xi_1 + (A_3 + A_4 \xi_1) \sin b\xi_1. \quad (13)$$

Постоянные интегрирования $A_i (i=1+4)$ дифференциального уравнения (1) удобно выразить через начальные параметры $w_{01} = w_1(0), w'_{01} = w'_1(0), w''_{01} = w''_1(0), w'''_{01} = w'''_1(0)$. Процедуру преобразования коэффициентов функций (9), (11), (13) покажем на примере функции (9) ($\bar{N} > \alpha$).

Дифференцируя функцию (9) трижды по ξ_1 , получим безразмерные функции углов поворота поперечного сечения $w'_1(\xi_1)$, изгибающего момента $w''_1(\xi_1)$, поперечной силы $w'''_1(\xi_1)$:

$$\begin{aligned} w'_1 &= c(-A_1 \sin c\xi_1 + A_2 \cos c\xi_1) + d(-A_3 \sin d\xi_1 + A_4 \cos d\xi_1); \\ w''_1 &= c^2(-A_1 \cos c\xi_1 - A_2 \sin c\xi_1) + d^2(-A_3 \cos d\xi_1 - A_4 \sin d\xi_1); \\ w'''_1 &= c^3(A_1 \sin c\xi_1 - A_2 \cos c\xi_1) + d^3(A_3 \sin d\xi_1 - A_4 \cos d\xi_1). \end{aligned} \quad (14)$$

Введем вектор состояния \bar{w}_1 в произвольном сечении ξ_1 :

$$\bar{w}_1 = \{ w_1(\xi_1) \quad w'_1(\xi_1) \quad w''_1(\xi_1) \quad w'''_1(\xi_1) \}^T,$$

вектор постоянных интегрирования

$$\bar{A} = \{ A_1 \quad A_2 \quad A_3 \quad A_4 \}^T$$

и функциональную матрицу $M(\xi_1)$, полученную при дифференцировании функции (9),

$$M_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} \cos c\xi_1 & \sin c\xi_1 & \cos d\xi_1 & \sin d\xi_1 \\ -c \sin c\xi_1 & c \cos c\xi_1 & -d \sin d\xi_1 & d \cos d\xi_1 \\ -c^2 \cos c\xi_1 & -c^2 \sin c\xi_1 & -d^2 \cos d\xi_1 & -d^2 \sin d\xi_1 \\ c^3 \sin c\xi_1 & -c^3 \cos c\xi_1 & d^3 \sin d\xi_1 & -d^3 \cos d\xi_1 \end{pmatrix}.$$

Теперь систему уравнений (9), (14) можно представить матричным уравнением

$$\bar{w}_1 = M\bar{A}. \quad (15)$$

Вычисляя значения функций (9) и (14) в начале координат 1-го участка $\xi_1 = 0$, получим матричное уравнение, связывающее начальные параметры 1-го участка с постоянными интегрированиями A_i :

$$\bar{w}_{01} = L\bar{A}, \quad \bar{A} = L^{-1}\bar{w}_{01}, \quad (16)$$

где $\bar{w}_{01} = \{ w_{01} \quad w'_{01} \quad w''_{01} \quad w'''_{01} \}$ – вектор начальных параметров 1-го участка.

$$L_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & c & 0 & d \\ -c^2 & 0 & -d^2 & 0 \\ 0 & -c^3 & 0 & -d^3 \end{pmatrix}; \quad L_{4 \times 4}^{-1} = \frac{1}{cd(d^2 - c^2)} \begin{pmatrix} cd^3 & 0 & cd & 0 \\ 0 & d^3 & 0 & d \\ -c^3 d & 0 & -cd & 0 \\ 0 & -c^3 & 0 & c \end{pmatrix}$$

Подставляя вектор \bar{a} из (16) в уравнение (15), получим матричное уравнение

$$\bar{w}_1 = \Phi_1(\xi_1) \bar{w}_{01}, \quad (17)$$

где матрица $\Phi_1 = ML^{-1}$ характеризует влияние начальных параметров на состояние произвольного сечения ξ_1 1-го участка. Элементами матрицы

$\Phi_1 = \{\phi_{ij}\}$ ($i, j = 1, 2, 3, 4$) являются функции

$$\phi_{11} = \frac{d^2 \cos c\xi_1 - c^2 \cos d\xi_1}{d^2 - c^2}; \quad \phi_{12} = \frac{d^3 \sin \xi_1 - c^3 \sin d\xi_1}{cd(d^2 - c^2)};$$

$$\phi_{13} = \frac{\cos c\xi_1 - \cos d\xi_1}{d^2 - c^2}; \quad \phi_{14} = \frac{d \sin c\xi_1 - c \sin d\xi_1}{cd(d^2 - c^2)};$$

$$\phi_{21} = -(cd)^2 \phi_{14}; \quad \phi_{22} = \phi_{11}; \quad \phi_{23} = \frac{d \sin d\xi_1 - c \sin c\xi_1}{d^2 - c^2};$$

$$\phi_{24} = \phi_{13};$$

$$\phi_{31} = -(cd)^2 \phi_{13}; \quad \phi_{32} = \phi_{21}; \quad \phi_{33} = \frac{d^2 \cos d\xi_1 - c^2 \cos c\xi_1}{d^2 - c^2};$$

$$\phi_{34} = \phi_{13};$$

$$\phi_{41} = -(cd)^2 \phi_{23}; \quad \phi_{42} = \phi_{31}; \quad \phi_{43} = \frac{c^3 \sin c\xi_1 - d^3 \sin d\xi_1}{d^2 - c^2};$$

$$\phi_{44} = \phi_{33}.$$

Применяя аналогичную процедуру к функциям (11) и (13), получим соответственно матричные уравнения

$$\bar{w}_1 = \chi_1(\xi_1) \bar{w}_{01}, \quad (18)$$

$$\bar{w}_1 = \psi_1(\xi_1) \bar{w}_{01}. \quad (19)$$

Таким образом, напряженно-деформированное состояние 1-го участка описывается одним из уравнений (17)–(19).

В конце 1-го участка при $\xi_1 = v$ векторы состояния принимают значения $\bar{w}_1(v) = \Phi_1(v) \bar{w}_{01}$, либо $\bar{w}_1(v) = \chi_1(v) \bar{w}_{01}$, либо $\bar{w}_1 = \psi_1(\xi_1) \bar{w}_{01}$.

Напряженно-деформированное состояние 2-го участка ($0 \leq \xi_2 \leq 1 - v$) имеет следующее решение:

$$w_2 = Ae^{n\xi_2}.$$

Тогда (2), получим характеристическое уравнение

$$n^4 + 4\bar{N}^2 n^2 = 0,$$

которое имеет четыре корня: двукратный корень $n_{1,2} = 0$ и чисто мнимые корни $n_{3,4} = \pm 2i\bar{N}$. Тогда общее решение уравнения (2) принимает вид

$$w_2 = A_1 \sin 2\bar{N}\xi_2 + A_2 \cos 2\bar{N}\xi_2 + A_3 \xi_2 + A_4.$$

Заменяя константы A_i ($i = 1 \dots 4$) начальными параметрами 2-го участка $w_{20} = w_2(0)$, $w'_{20} = w'_2(0)$, $w''_{20} = w''_2(0)$, $w'''_{20} = w'''_2(0)$, выразим вектор состояния $\bar{w}_2(\xi_2)$ в произвольном сечении ξ_2 через вектор начальных параметров этого участка \bar{w}_{20}

$$\bar{w}_2 = K(\xi_2) \bar{w}_{20}, \quad (20)$$

где $\bar{w}_2 = \{w_2(\xi_2) \quad w'_2(\xi_2) \quad w''_2(\xi_2) \quad w'''_2(\xi_2)\}$,

где $\bar{w}_{20} = \{w_{20} \quad w'_{20} \quad w''_{20} \quad w'''_{20}\}$;

$K_{4 \times 4}(\xi_2) = \{\alpha_{ij}\}$ – матрица влияния 2-го участка с элементами

$$\alpha_{11} = 1; \quad \alpha_{12} = \xi_2; \quad \alpha_{13} = \frac{\sin^2 \bar{N}\xi_2}{2\bar{N}^2}; \quad \alpha_{14} = \frac{\alpha_{12} - \alpha_{23}}{4\bar{N}^2};$$

$$\alpha_{21} = 0; \quad \alpha_{22} = 1; \quad \alpha_{23} = \frac{\sin 2\bar{N}\xi_2}{2\bar{N}}; \quad \alpha_{24} = \alpha_{13};$$

$$\alpha_{31} = 0; \quad \alpha_{32} = 0; \quad \alpha_{33} = \cos 2\bar{N}\xi_2; \quad \alpha_{34} = \alpha_{23};$$

$$\alpha_{41} = 0; \quad \alpha_{42} = 0; \quad \alpha_{43} = -2\bar{N} \sin 2\bar{N}\xi_2; \quad \alpha_{44} = \alpha_{33}.$$

Условием сопряжения участков стержня служит равенство векторов состояния в сечении, являющемся одновременно концевым 1-го участка и начальным – 2-го, то есть

$$\bar{w}_1(v) = \bar{w}_2(0). \quad (21)$$

Состояние в начальном сечении 2-го участка определяется вектором (20) при $\xi_2 = 0$. Учитывая, что матрица $K(0)$ единичная, из (20) следует, что

$$\bar{w}_2(0) = \bar{w}_{20}.$$

Подставляя (21) в уравнения (17)–(19), получим связь между начальными параметрами участков для соответствующих вариантов представления корней характеристического уравнения (4):

$$\bar{w}_{20} = \Phi_1(v) \bar{w}_{01}, \quad \bar{N} > \alpha;$$

$$\bar{w}_{20} = \chi_1(v) \bar{w}_{01}, \quad \bar{N} < \alpha; \quad (22)$$

$$\bar{w}_{20} = \psi_1(v) \bar{w}_{01}, \quad \bar{N} = \alpha.$$

Уравнения связи начальных параметров (22) позволяют выразить состояние произвольного сечения любого участка через единичный набор начальных параметров 1-го участка:

– в случае $\bar{N} > \alpha$ ($N > N_0$)

$$\bar{w}_1(\xi_1) = \Phi_1(\xi_1) \bar{w}_{01}; \quad (23)$$

$$\bar{w}_2(\xi_2) = K(\xi_2) \Phi_1(v) \bar{w}_{01} = \Phi_2(\xi_2) \bar{w}_{01}; \quad \Phi_2(\xi_2) = \{\phi_{ij}\};$$

– в случае $\bar{N} < \alpha$ ($N < N_0$)

$$\bar{w}_1(\xi_1) = \chi_1(\xi_1) \bar{w}_{01}; \quad (24)$$

$$\bar{w}_2(\xi_2) = K(\xi_2) \chi_1(v) \bar{w}_{01} = \chi_2(\xi_2) \bar{w}_{01}; \quad \chi_2(\xi_2) = \{\chi_{ij}\};$$

– в случае $\bar{N} = \alpha$ ($N = N_0$)

$$\bar{w}_1(\xi_1) = \psi_1(\xi_1) \bar{w}_{01}; \quad (25)$$

$$\bar{w}_2(\xi_2) = K(\xi_2) \psi_1(v) \bar{w}_{01} = \psi_2(\xi_2) \bar{w}_{01}; \quad \psi_2(\xi_2) = \{\psi_{ij}\}.$$

Для дальнейших построений необходимо определиться с условиями закрепления концов стержня.

Критическая сила сжатого стержня с шарнирным закреплением концов. Граничные условия в данном случае имеют вид

$$\begin{aligned} \xi_1 = 0; & \quad w_{10} = w''_{10} = 0; \\ \xi_2 = 1 - v; & \quad w_2(1 - v) = w'_2(1 - v) = 0. \end{aligned} \quad (26)$$

Для определения критической силы вначале принимаем условие, согласно которому сжимающая стержень сила N равна «условной силе» N_0 . Тогда для 1-го участка получим вариант (12), (13), (19), а для стержня в целом – вариант (25). Причем при $\bar{N} = \alpha$ из соотно-

шения (10) следует $\bar{N} = \frac{b}{\sqrt{2}}$. Запишем второе уравнение

(25) для сечения $\xi_2 = 1 - \nu$ в развернутом виде с учетом граничных условий (26)

$$\begin{pmatrix} 0 \\ w_2'(1-\nu) \\ 0 \\ w_2''(1-\nu) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11}(1-\nu, \nu) & r_{12}(1-\nu, \nu) & r_{13}(1-\nu, \nu) & r_{14}(1-\nu, \nu) \\ r_{21}(1-\nu, \nu) & r_{22}(1-\nu, \nu) & r_{23}(1-\nu, \nu) & r_{24}(1-\nu, \nu) \\ r_{31}(1-\nu, \nu) & r_{32}(1-\nu, \nu) & r_{33}(1-\nu, \nu) & r_{34}(1-\nu, \nu) \\ r_{41}(1-\nu, \nu) & r_{42}(1-\nu, \nu) & r_{43}(1-\nu, \nu) & r_{44}(1-\nu, \nu) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ w_0' \\ 0 \\ w_0'' \end{pmatrix},$$

откуда получаем систему однородных алгебраических уравнений относительно двух неизвестных начальных параметров w_0' и w_0''

$$\begin{cases} r_{12}(1-\nu, \nu)w_0' + r_{14}(1-\nu, \nu)w_0'' = 0 \\ r_{32}(1-\nu, \nu)w_0' + r_{34}(1-\nu, \nu)w_0'' = 0. \end{cases} \quad (27)$$

Приравняв определитель матрицы, составленной из коэффициентов системы (27), нулю, получим трансцендентное уравнение, минимальный положительный корень которого является критической силой заданного стержня при относительной длине части, контактирующей с упругим основанием, равной ν :

$$r_{12}(1-\nu, \nu)r_{34}(1-\nu, \nu) - r_{14}(1-\nu, \nu)r_{32}(1-\nu, \nu) = 0. \quad (28)$$

Решение уравнения (28) при заданном ν дает ряд значений параметра b_n ($n=1, 2, 3, \dots$), каждому значению b_n соответствует безразмерный параметр \bar{N}_n (или α_n):

$$\bar{N}_n = \alpha_n = \frac{b_n}{\sqrt{2}}, \quad (29)$$

выражая жесткость основания k через «условную силу» N_0 , получим

$$\alpha_n = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{N_0}{N_{крn}}}, \quad (30)$$

где $N_{крn} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$ – критическая сила такого же, но свободного стержня.

Исключая из (29) и (30) α_n и учитывая исходное предположение, что критическая сила стержня равна «условной силе», получим

$$N_{кр} = N_0 = \frac{2b_1^2}{\pi^2} N_{крn}. \quad (31)$$

Последнее равенство следует трактовать следующим образом: если «условная сила» N_0 стержня с характеристиками E, I, L , поддерживаемого частично на относительной длине ν упругим основанием с коэффициентом жесткости k , закрепленного шарнирно по концам, равна следующей величине:

$$N_0 = \frac{2b_1^2(\nu)}{\pi^2} N_{крn},$$

то и критическая сила такого стержня будет такой же,

$$N_{кр} = \frac{2b_1^2(\nu)}{\pi^2} N_{крn}.$$

При иных параметрах стержня и основания, дающих «условную силу»,

$$N_0 \neq \frac{2b_1^2(\nu)}{\pi^2} N_{крn},$$

расчет критической силы производится по вариантам либо (8), (9), (23), либо (10), (11), (24), в зависимости от того, в какую сторону N_0 отклоняется от числа

$$\frac{2b_1^2(\nu)}{\pi^2} N_{крn}.$$

Вывод. Разработанная методика расчета критической силы сжатого стержня, частично опертого на упругое основание Винклера, отличается от известных методик [1–5] тем, что оценивает величину «условной силы» в долях известной критической силы такого же, но свободного (без основания) стержня. Это позволяет, определив коэффициент $\frac{2b_1^2(\nu)}{\pi^2} N_{крn}$, характеризующий

данную систему «стержень – основание», обоснованно выбрать одну из трех функций прогибов (форм потери устойчивости) и далее искать критическую силу на базе этих функций.

Кроме того, использование начальных параметров в разработанной методике позволяет эффективно применять ее для стержней и (или) оснований, состоящих из произвольного числа кусочно-непрерывных участков.

Список литературы

- 1 Поддубный, А. А. Теоретическое и экспериментальное определение перемещений трехслойной балки при неполном контакте с упругим основанием / А. А. Поддубный, А. В. Яровая // Мир транспорта и технологических машин. – 2015. – № 3(50). – С. 256–262.
- 2 Яровая, А. В. Деформирование упругой трехслойной балки, частично опертой на упругое основание, под действием равномерно распределенной нагрузки / А. В. Яровая, А. А. Поддубный // Теоретическая и прикладная механика. – 2016. – № 31. – С. 242–246.
- 3 Kraav, T. Buckling of beams and columns on elastic foundation / T. Kraav, J. Lellep // Proc. 2nd Intern. conf. on Optimization and Analysis of Structures : Tartu, Estonia, 2013. – P. 52–58.
- 4 Aristizabal-Ochoa, J. D. Stability of slender columns on an elastic foundations with generalised end conditions / J. D. Aristizabal-Ochoa // Ingenieria e Investigacion. – Vol. 33, No. 3. – 2013. – P. 34–40.
- 5 Shatri, V. Analysis of buckling of piles fully embedded in ground according to finite element method / V. Shatri, L. Bozo, B. Shefkiu, B. Shatri // Intern. J. of Current Engineering and Technology. – Vol. 4, No. 1. – 2014. – P. 201–205.

Получено 05.05.2019

A. A. Poddubny, V. A. Gordon. Method of calculating the critical force of a compressed rod immersed in an elastic base.

The developed method of calculating the dependence of the critical value of the compressive force for the rod, partially supported on the elastic base of the Winkler, on the stiffness properties of the rod and the base, the length of the feathered section under different boundary conditions of the rod.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТРАНСПОРТА

УДК 006.015.8: 625.1

Ю. И. КУЛАЖЕНКО, доктор физико-математических наук, В. С. ЗАЙЧИК, кандидат технических наук, А. А. КЕБИКОВ, кандидат технических наук, Е. М. АЛЬХОВСКАЯ, научный сотрудник отдела сертификации, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО РАЗРАБОТКЕ И ПОСТАНОВКЕ НА ПРОИЗВОДСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Выполнен анализ действующих технических нормативных правовых актов в области разработки и постановки на производство железнодорожного подвижного состава, определены основные этапы его создания. Установлены основные требования к железнодорожному подвижному составу.

Разработка и постановка железнодорожной продукции на производство, организация проведения испытаний и ввод в эксплуатацию железнодорожного подвижного состава должны соответствовать требованиям межгосударственных стандартов [1–3].

Стандарт [1] устанавливает порядок разработки и постановки на производство нового (модернизированного, модифицированного, усовершенствованного) железнодорожного подвижного состава, в том числе:

- локомотивов (тепловозов, электровозов);
- дизель- и электропоездов;
- моторвагонного подвижного состава;
- пассажирских и грузовых вагонов;
- специального железнодорожного подвижного состава (самоходного и несамоходного);
- составных частей.

При разработке и постановке на производство железнодорожного подвижного состава и его составных частей можно выделить следующие этапы работ:

- создание исходных требований для разработки;
- опытно-конструкторские работы;
- постановка на производство;
- модернизация.

Разработка и постановка на производство железнодорожного подвижного состава осуществляются по следующим моделям:

- при финансировании по государственным заказам;
- при наличии конкретного заказчика (организаций, обществ, коммерческих структур);
- без конкретного заказчика при коммерческом риске инициатора разработки.

Для всех трех моделей начальным этапом работ являются разработка технических требований и формирование исходных данных для разработки технического задания на опытно-конструкторские работы. Для снижения вероятности ошибок в процессе дальнейших работ техническая информация должна быть изложена в техническом задании, которое согласовывается с владельцем инфраструктуры. Работы по созданию железнодорожного подвижного состава от начала этапа «разработка технических требований» и до окончания этапа «постановка на производство» приведены на рисунке 1. Конкретные этапы разработки устанавливаются в техническом задании в соответствии с [4].



Рисунок 1 – Основные этапы создания подвижного состава

Этап разработки эскизного проекта выполняет разработчик в соответствии с требованиями технического задания с целью установления принципиальных решений по железнодорожному подвижному составу, дающих общее представление о принципе работы и устройстве железнодорожного подвижного состава, выполнении заданных в техническом задании требований к эксплуатационным характеристикам.

Этап разработки технического проекта выполняет разработчик на основании утвержденного эскизного проекта. Разработку рабочей конструкторской документации для изготовления опытного образца железнодорожного подвижного состава выполняет разработчик (предприятие-изготовитель).

Приемочные испытания опытного образца железнодорожного подвижного состава проводят с целью решения вопроса о целесообразности постановки продукции на производство и возможности дальнейшего ее использования по назначению. Организует приемочные испытания разработчик, несущий ответственность за их проведение и содержание. Результаты приемочных испытаний рассматривает приемочная комиссия. По результатам приемочных испытаний и рассмотрения представленных материалов составляется акт приемочной комиссии.

Подконтрольная эксплуатация организуется по решению приемочной комиссии после приемки железнодорожного подвижного состава и представляет собой эксплуатацию железнодорожного подвижного состава в реальных условиях, за ходом которой наблюдает штатный персонал, специально проинструктированный для этой цели.

Железнодорожный подвижной состав, изготовленный в процессе освоения производства (установочную серию), подвергают квалификационным испытаниям, включающим:

- проверку разработанного технологического процесса, который должен обеспечивать стабильное изготовление продукции;
- проверку наличия соответствующей конструкторской документации;
- подтверждение готовности производства изготовителя к выпуску железнодорожного подвижного состава в заданном объеме.

Положительные результаты квалификационных испытаний оформляют актом квалификационной комиссии.

Железнодорожный подвижной состав и его составные части вводятся в обращение при их соответствии техническим регламентам [5, 6], распространяющимся на данную продукцию. Подтверждение соответствия продукции проводится при положительном решении приемочной комиссии в форме сертификации или декларирования.

Основные положения по проведению испытаний и приемки железнодорожного подвижного состава серийного производства, выпускаемого предприятиями независимо от их формы собственности (далее – изготовители) и предназначенного для поставки или непосредственной продажи потребителю (заказчику), установлены ГОСТ 15.309–98 [2]. Положения [2] обязательны при разработке стандартов, технических условий и других документов, содержащих требования к контролю,

испытаниям и приемке железнодорожного подвижного состава.

Изготовленный железнодорожный подвижной состав до его отгрузки, передачи или продажи заказчику подлежит приемке с целью удостоверения его годности для использования в соответствии с требованиями, установленными в стандартах и (или) технических условиях, договорах, контрактах.

Для контроля качества и приемки изготовленного железнодорожного подвижного состава установлены приемо-сдаточные и периодические испытания.

В совокупности эти испытания должны обеспечивать достоверную проверку всех свойств выпускаемой продукции, подлежащих контролю на соответствие требованиям стандартов, и представлять собой элементы приемки продукции у изготовителя. Испытания проводят в соответствии с требованиями стандартов на продукцию, правил приемки и методов испытаний. При отсутствии подобных стандартов или при отсутствии в них необходимых требований дополнительные требования к испытаниям включают в технические условия.

Для оценки эффективности и целесообразности внесения предлагаемых изменений в конструкцию выпускаемой продукции или в технологию ее изготовления проводят испытания по категории типовых испытаний. В целях подтверждения железнодорожного подвижного состава нормативным требованиям [5, 6] проводят сертификационные испытания или используют результаты испытаний других категорий в порядке, установленном в [5, 6].

Категории испытаний по составу могут включать в себя один или несколько видов или групп испытаний (механические, электрические, климатические) и видов контроля (визуальный, измерительный) и проводиться в один или несколько этапов. В случае выделения испытания в самостоятельную категорию, правила использования результатов испытаний при принятии решений о приемке продукции должны быть отражены в программах и методиках этих испытаний.

Применяемые при испытаниях и контроле средства измерений и контроля должны быть поверены, а испытательное оборудование аттестовано в установленном порядке.

Результаты испытаний единиц продукции считают положительными, а продукцию – выдержавшей испытания, если она испытана в объеме и последовательности, которые установлены для данной категории испытаний в стандартах на продукцию, а результаты подтверждают соответствие испытываемых единиц продукции заданным требованиям. Если по результатам испытаний будет установлено несоответствие продукции хотя бы одному требованию, установленному в стандартах на продукцию для проводимой категории испытаний, то результаты испытаний единиц продукции считают отрицательными, а продукцию – не выдержавшей испытания.

Результаты испытаний единиц продукции по каждой категории должны быть документально оформлены, в том числе и результаты поэтапных испытаний (при проведении категории испытаний в несколько этапов, если таковые предусмотрены в нормативных документах на продукцию).

Основные положения постановки на серийное производство железнодорожного подвижного состава, выпуск которого будет осуществляться по рабочей технической документации иностранных фирм, устанавливает ГОСТ 15.311-90 [3]. Продукция, намечаемая к постановке на производство, должна удовлетворять запросам потребителей, соответствовать требованиям, обеспечивающим безопасность для жизни и здоровья населения и охрану окружающей среды и, при необходимости, быть пригодной к совместному применению с отечественной продукцией.

Техническая документация, по которой будет изготавливаться железнодорожный подвижной состав, должна иметь признак, отличающий ее от документации, разработанной в стране: двойное обозначение документа (фирмы и предприятия-изготовителя) или специальный штамп "По лицензии" или "По контракту". В составе технической документации на продукцию должен быть нормативно-технический документ (стандарт предприятия или технические условия).

Корректная организация работ по разработке и постановке на производство оборудования позволяет эксплуатировать на железной дороге современный и безопасный железнодорожный подвижной состав. Основные требования, которым он должен отвечать:

- безопасность;
- надежность;
- эксплуатационная готовность;
- охрана здоровья;
- защита окружающей среды;
- техническая совместимость с инфраструктурой железнодорожного транспорта.

Эти требования должны быть дополнены специальными требованиями к подвижному составу и его техническому обслуживанию.

В целях совершенствования работ по разработке, постановке на производство, допуску на инфраструктуру

и вводу в эксплуатацию железнодорожного подвижного состава на Белорусской железной дороге был утвержден и введен в действие с 20.08.2018 стандарт организации СТП БЧ 50.383-2018 «Железнодорожный подвижной состав. Порядок организации работ по разработке, постановке на производство, допуску на инфраструктуру и вводу в эксплуатацию», который отвечает правовым требованиям законодательства Республики Беларусь в области транспортной деятельности, правовому статусу Белорусской железной дороги и ее структурных подразделений, положениям нормативно-правовых документов, действующих на железнодорожном транспорте в Республике Беларусь.

Список литературы

1 ГОСТ 15.902-2014. Система разработки и постановки продукции на производство. Железнодорожный подвижной состав. Порядок разработки и постановки на производство : межгос. стандарт : введ.01.03.2015.

2 ГОСТ 15.309-98. Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения : межгос. стандарт : введ.01.01.2000.

3 ГОСТ 15.311-90. Система разработки и постановки продукции на производство. Постановка на производство продукции по технической документации иностранных фирм : межгос. стандарт : введ. 01.07.1991.

4 ГОСТ 2.103-2013. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки: межгос. стандарт: введ. 01.07.2015.

5 ТР ТС 001/2011. О безопасности железнодорожного подвижного состава : Техн. регламент Таможенного союза [утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 № 710].

6 ТР ТС 002/2011. О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта : Техн. регламент Таможенного союза [утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 № 710].

Получено 11.03.2019

Y. I. Kulazhenko, V. S. Zaichyk, A. A. Kebikov, E. M. Alkhouskaya. Organization of works on development and production railway rolling stock.

The analysis of the existing technical regulations in the field of development and production of railway rolling stock, the main steps of its development are defined. The basic requirements to the railway rolling stock are fixed.

УДК 629.42.053

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛЯТОРА СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ГОРОЧНОГО ТЕПЛОВОЗА

Разработана методика определения областей устойчивости замкнутой системы автоматического регулирования скорости горючего тепловоза путем D -разбиения по двум параметрам. Обоснована возможность выбора параметров регулятора скорости во взаимосвязи с областью устойчивости автоматической системы регулирования.

Комплексная система автоматического управления сортировочным процессом на станции (КСАУ СП) предусматривает использование нескольких систем и устройств, обеспечивающих высокий уровень автоматизации операций расформирования и формирования составов [1]. Одна из них – система автоматического управления горючим тепловозом (САУ ГТ) предназначена для регулирования скорости надвига и роспуска составов на сортировочных горках с высокой точностью. Алгоритм функционирования САУ ГТ предусматривает дискретное цифровое управление дизелем локомотива в сочетании с пропорционально-интегральным законом управления тяговым синхронным генератором СГ. Позиционное управление дизелем в системе САУ ГТ обеспечивает регулирование скорости движения локомотива с погрешностью, составляющей 8–12 % от заданной скорости надвига и роспуска составов, при необходимости выполнения требования по этому показателю на уровне 5 % [2]. Точное поддержание заданной скорости движения v_r обеспечивается замкнутым контуром автоматического регулирования тока нагрузки тягового синхронного генератора СГ. Наличие обратной связи по v_r обуславливает исследование устойчивости этого контура регулирования.

Область устойчивости в плоскости двух параметров была впервые построена И. А. Вышнеградским при исследовании замкнутой системы автоматического регулирования (САР) третьего порядка. Применение критерия устойчивости Гурвица считается целесообразным, если характеристическое уравнение замкнутой системы имеет невысокий порядок, т. е. $n < 4$ [3]. В противном случае вычисления могут оказаться слишком сложными. При указанном порядке характеристического уравнения необходимое и достаточное условие устойчивости, связанное с положительностью всех определителей Гурвица, равнозначное условию, когда все коэффициенты характеристического уравнения и предпоследний определитель $\Delta_{n-1} = \Delta_n / a_n > 0$.

Область устойчивости на плоскости двух параметров может располагаться только внутри области, где все коэффициенты характеристического уравнения положительны. Из всех границ последней только две, определяемые равенствами $a_0 = 0$; $a_n = 0$, могут быть одновременно границами области устойчивости. Приведенные уравнения характеризуют аperiодические границы устойчивости.

Критерием Михайлова можно пользоваться при любом порядке характеристического уравнения. Если система находится на границе устойчивости, то годограф

Михайлова $D(j\omega)$ проходит через начало координат, что может быть отображено уравнением

$$D(j\omega) = u(\omega) + jv(\omega) = 0. \quad (1)$$

Уравнение (1) имеет место при частоте, соответствующей прохождению характеристической кривой $D(j\omega)$ через начало координат, если вещественная $u(\omega)$ и мнимая $jv(\omega)$ части приравнены к нулю. Существование уравнения (1) свидетельствует о наличии в характеристическом уравнении замкнутой системы по крайней мере либо одного нулевого вещественного корня, либо пары сопряженных мнимых корней.

Рассмотренные критерии позволяют судить об устойчивости САР при заданных значениях ее параметров. Однако при проектировании САУ ГТ возникает задача, когда несколько параметров САР тягового генератора СГ целесообразно изменять в определенных пределах, чтобы обеспечить не только устойчивость системы, но и заданные ее качественные показатели.

Полагаем, что в коэффициенты характеристического уравнения входят два параметра – A и B , влияние которых на устойчивость должно быть оценено построением области устойчивости. В этом случае уравнение (1) может быть записано в виде

$$D(j\omega, A, B) = u(\omega, A, B) + jv(\omega, A, B) = 0, \quad (2)$$

$$\text{где } u(\omega, A, B) = 0; v(\omega, A, B) = 0. \quad (3)$$

Уравнения (3) позволяют разбить плоскость параметров A и B на ряд областей с определенным распределением корней характеристического уравнения и выделить среди них область устойчивости.

Для построения областей устойчивости возможно применение методики D -разбиения плоскости параметров, разработанной Ю. И. Неймарком [3]. Допустим, частота ω_1 и параметры A_1 и B_1 удовлетворяют уравнениям (3) и, следовательно, соответствуют прохождению характеристической кривой через начало координат. Если частота изменилась и стала равной ω_2 , то для соблюдения условий (3) необходимо, чтобы и параметры приняли новые значения: A_2 и B_2 . Таким образом, изменяя частоту ω от $-\infty$ до $+\infty$ при удовлетворении уравнений (3), можно получить диапазон изменения значений параметров A и B , соответствующий границе устойчивости.

Решая уравнения (3) относительно A и B , получим выражения

$$A = f_1(\omega); B = f_2(\omega), \quad (4)$$

по которым можно построить кривую D -разбиения в плоскости двух параметров, где по одной из осей координат откладывается значение параметра A , а по другой – значение параметра B .

Если решение уравнений (3) удалось получить в виде (4), то процесс построения кривой достаточно прост. Задавая различные значения частоте ω и вычисляя параметры A и B по формулам (4), на плоскости двух параметров осуществляют построение точек с координатами (A ; B).

Иначе говоря, построение кривой D -разбиения связано с исключением частоты из уравнений (4) и получением выражения, устанавливающего связь между параметрами A и B .

Если между параметрами A и B и действительной u и мнимой v частями уравнения (2) существует линейная зависимость, то выражения типа (4), необходимые для построения кривой D -разбиения, могут быть записаны в виде

$$\left. \begin{aligned} u(\omega, A, B) &= AP_1(\omega) + BQ_1(\omega) + R_1(\omega) = 0; \\ v(\omega, A, B) &= AP_2(\omega) + BQ_2(\omega) + R_2(\omega) = 0. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

После решения (5) относительно A и B получим

$$A = \frac{Q_1 R_2 - Q_2 R_1}{P_1 Q_2 - Q_1 P_2} = \frac{\Delta a}{\Delta}; \quad B = \frac{P_2 R_1 - R_2 P_1}{P_1 Q_2 - Q_1 P_2} = \frac{\Delta b}{\Delta}, \quad (6)$$

где

$$\Delta a = \begin{vmatrix} -R_1 & Q_1 \\ -R_2 & Q_2 \end{vmatrix}; \quad \Delta b = \begin{vmatrix} P_1 & -R_1 \\ P_2 & -R_2 \end{vmatrix}; \quad \Delta = \begin{vmatrix} P_1 & Q_1 \\ P_2 & Q_2 \end{vmatrix}. \quad (7)$$

Уравнения (6) и (7) позволяют построить кривую D -разбиения.

Так как функции $P_2(\omega)$, $Q_2(\omega)$ и $R_2(\omega)$ являются нечетными функциями от ω , а $P_1(\omega)$, $Q_1(\omega)$ и $R_1(\omega)$ – четными, то в числителе и знаменателе выражений (6) и (7) частоту ω можно вынести за скобки.

В связи с этим при $\omega = 0$ параметры A и B принимают неопределенное значение $0/0$. Этот случай соответствует особой прямой.

Уравнение второй особой прямой может быть легко получено из системы уравнений (5)

$$AP_1(0) + BQ_1(0) + R_1(0) = 0. \quad (8)$$

Уравнение (8) соответствует свободному члену в характеристическом уравнении, равному нулю, т. е. $a_n = 0$. Особая прямая для случая $\omega = 0$ соответствует переходу одного корня через мнимую ось в начале координат.

Из структурной схемы САУ ГТ видно, что в системе автоматического регулирования генератора использован замкнутый контур регулирования тока возбуждения тягового генератора с коэффициентом усиления регулятора K_5 и постоянной времени T_2 , реализующий пропорционально-интегральный закон управления [2].

Прежде чем исследовать влияние коэффициентов K_5 и T_2 на качество регулирования, необходимо выяснить диапазон изменения этих параметров, при которых си-

стема управления скоростью локомотива остается устойчивой.

Используя дифференциальные уравнения и передаточные функции элементов контура регулирования тока тягового генератора [2], целесообразно решать поставленную задачу методом D -разбиения по параметрам K_5 и T_2 . Преимущество этого метода перед другими заключается в возможности выбрать величины этих параметров при уже заданных значениях остальных параметров системы [3].

Характеристическое уравнение третьего порядка контура регулирования СГ получено при следующих допущениях: не учитывается постоянная времени тяговых электродвигателей ТЭД, ввиду ее незначительности по сравнению с постоянной времени локомотива с составом T_c ; передаточная функция состава представлена апериодическим звеном первого порядка с коэффициентом усиления K_c [4].

$$T_2 T_c T_{об} s^3 + T_2 T_{об} s^2 + T_2 T_c s + T_2 s + K_5 T_2 K_{об} K_r K_c s + K_{об} K_r K_c = 0, \quad (9)$$

где $T_{об}$ и $K_{об}$ – постоянная времени и коэффициент усиления обмотки возбуждения генератора СГ; K_r – коэффициент усиления генератора СГ; s – оператор преобразования Лапласа.

Обозначив исследуемые параметры T_2 и K_5 соответственно, через λ_1 и λ_2 и осуществив подстановку $s = j\omega$, уравнение (4) может быть записано в виде двух уравнений

$$-\lambda_1 T_c T_{об} \omega^3 + \lambda_1 \omega + \lambda_1 \lambda_2 K_{об} K_r K_c \omega = 0; \quad (10)$$

$$-\lambda_1 T_{об} \omega^2 - \lambda_1 T_c \omega^2 + K_{об} K_r K_c = 0. \quad (11)$$

При сокращении уравнения (10) на $\lambda_1 \omega$ и анализе оставшегося выражения

$$-T_c T_{об} \omega^2 + 1 + \lambda_2 K_{об} K_r K_c = 0 \quad (12)$$

видно, что при $\omega = 0$ имеет место особая прямая

$$\lambda_2 = -\frac{1}{K_{об} K_r K_c}. \quad (13)$$

Из уравнения (11) следует, что

$$\lambda_1 = -\frac{\omega^2 (T_{об} + T_c)}{K_{об} K_r K_c}, \quad (14)$$

из которого при $\omega = \infty$ получим уравнение второй особой прямой

$$\lambda_1 = 0. \quad (15)$$

Полученные уравнения (12)–(15) дают возможность определить область устойчивости в координатах λ_1 и λ_2 при различных значениях T_c и K_c .

Существенно уменьшить объем расчетов позволяет характеристика зависимости коэффициента усиления локомотива с составом K_c от постоянной времени T_c $K_c = f(T_c)$, имеющая вид экспоненциальной кривой [4]. При использовании этой характеристики и численных

значений параметров контура регулирования ($T_{\text{об}} = 1,2$ с, $K_{\text{об}} = 2,06$, $K_r = 8,75$) осуществлены расчеты λ_1 и λ_2 с изменением T_c от 160 до 10 с при соответствующем изменении K_c от 0,06 до 0,75 с дискретностью $\Delta T_c = 20$ с.

В выражениях (12)–(14) аргумент ω представлен его квадратом ω^2 , вследствие чего часть кривой D -разбиения при изменении ω от $-\infty$ до нуля совпадает с другой ее частью при изменении ω от нуля до $+\infty$. Результаты вычислений сведены в таблицу 1, на основании которой построен график границы устойчивости, показанный на рисунке 1.

Таблица 1 – Результаты расчета

$T_c, \text{с}$	160		80		10	
ω	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2
$+\infty$	0	∞	0	∞	0	∞
500	$2,67 \cdot 10^{-8}$	$4,42 \cdot 10^7$	$8,86 \cdot 10^{-8}$	$1,31 \cdot 10^{-7}$	$4,82 \cdot 10^{-6}$	$2,25 \cdot 10^2$
100	$6,71 \cdot 10^{-7}$	$1,77 \cdot 10^6$	$2,21 \cdot 10^{-6}$	$5,29 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$8,94 \cdot 10^1$
10	$6,70 \cdot 10^{-5}$	$1,77 \cdot 10^4$	$2,21 \cdot 10^{-4}$	$5,29 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	89,40
1	$6,71 \cdot 10^{-3}$	176,80	$2,21 \cdot 10^{-2}$	52,85	1,20	0,82
0,5	$2,59 \cdot 10^{-2}$	43,53	$8,86 \cdot 10^{-2}$	12,77	4,83	0,15
0,1	$6,70 \cdot 10^{-1}$	0,85	2,21	$1,73 \cdot 10^{-2}$	180,50	-0,061
0,01	66,95	-0,90	221,6	-0,54	$1,2 \cdot 10^4$	-0,069
0,001	66,99	-0,91	22167	-0,55	$1,2 \cdot 10^6$	-0,070
0	∞	-0,92	∞	-0,55	∞	-0,070

Для повышения наглядности оси координат λ_1 и λ_2 представлены в логарифмическом масштабе. Из анализа рисунка следует, что кривая D -разбиения асимптотически сближается с особыми прямыми.

Соблюдая правила штриховки, нужно особую прямую $\lambda_1 = 0$ заштриховать однократно справа, а особую прямую $\lambda_2 = -0,92$ – однократно сверху. Границы D -разбиения отмечаются двойной штриховкой, направленной внутрь области устойчивости. Образовавшаяся замкнутая зона, приведенная на рисунке 1, является областью устойчивости.

Характер изменения D -образования в первом квадранте показывает, что область устойчивости системы практически не зависит от изменения величины параметра T_c , различие проявляется лишь в четвертом квадранте. Увеличение коэффициента λ_2 вызывает необходимость уменьшения коэффициента λ_1 и при расчетном значении λ_2 , равном 1,25, величина λ_1 не должна превышать 0,16 с.

Получено 20.01.2019

V. V. Burchankou. Determination of controller parameters speed hump locomotive.

The method of determination of stability areas of the closed system of automatic control of the speed of a diesel locomotive by D -partitioning on two parameters is developed. The possibility of choosing the parameters of the speed controller in connection with the stability of the automatic control system is substantiated.

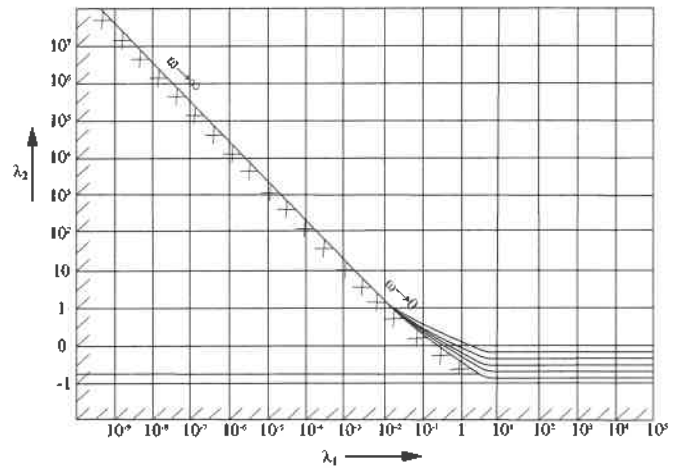


Рисунок 1 – График границы устойчивости САУ СГ

Заключение. Приведенная расчетная зависимость D -образования позволяет эффективно решать задачу выбора параметров регулятора K_5 и T_2 в условиях обеспечения устойчивой работы САУ ГТ и переменных значений K_c и T_c , характерных для процесса расформирования составов, с уменьшением T_c от максимального значения в начале роспуска до минимального, равного постоянной времени локомотива.

Список литературы

- 1 Гапанович, В. А. Системы безопасности в управлении технологическим процессом сортировочных станций / В. А. Гапанович, А. Н. Шабельников // Автоматика, связь, информатика. – 2014. – № 11. – С. 2–5.
- 2 Бурченков, В. В. Совершенствование характеристик системы автоматического регулирования скорости горочного тепловоза / В. В. Бурченков // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2018. – № 1 (36) – С. 13–16.
- 3 Воронов, А. А. Основы теории автоматического регулирования и управления / А.А. Воронов, В. К. Титов, Б. Н. Виноградов. – М.: Высш. шк. 1977. – 519 с.
- 4 Бурченков, В. В. Система автоматического управления горочным тепловозом с электрической передачей: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.07 / В. В. Бурченков, ВНИИЖТ. – М., 1985. – 24 с.

УДК 629.4:004.94

П. А. САХАРОВ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ В ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДАХ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЧЕРЕЗ ПЕРЕЛОМЫ ПРОФИЛЯ ПУТИ В РЕЖИМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ

Исследованы продольные силы в межвагонных соединениях поезда, движущегося через переломы продольного профиля пути в режиме электрического торможения. Оценено влияние расположения порожних вагонов в составе и переломов профиля пути на величину максимальных сил в автосцепках вагонов. Представлены зависимости изменения сил в межвагонных связях при различных вариантах действия тормозной силы.

С развитием железнодорожного транспорта общей тенденцией является увеличение массы грузовых составов и скоростей движения поездов. Совершенствование конструкции локомотивов и автосцепных устройств вагонов, увеличение мощности тягового подвижного состава позволяют формировать составы большой массы и длины. Ведение тяжеловесных и длинносоставных поездов связано с рядом сложностей, и одной из них является обеспечение устойчивости движения. При нестационарных режимах движения в межвагонных соединениях поезда возникают колебания, приводящие к росту продольных сил, которые могут стать причиной схода вагонов с рельсов. Наиболее опасными являются случаи движения через переломы продольного профиля пути в режиме торможения. На Белорусской железной дороге по причине схода подвижного состава с рельсов при электродинамическом торможении его использование ограничено. Это приводит к увеличению расходов, связанных с износом тормозных колодок, колесных пар вагонов, возникающих вследствие необходимости использования пневматических тормозов поезда при движении на затяжных спусках. Упускается возможность экономии электроэнергии путем ее рекуперации электроподвижным составом. Поэтому необходимо исследовать устойчивость движения поездов при электрическом торможении локомотивом.

Изучение вопросов движения поезда получило новый виток развития в связи с внедрением компьютерных технологий, позволяющих рассчитывать сложные дифференциальные уравнения математических моделей поезда. Появляются и совершенствуются специализированные программы моделирования поездов, увеличивается число учитываемых моделями факторов. Некоторые программные комплексы учитывают в расчетах статистическую информацию, полученную на практике, при экспериментальных исследованиях. Так, в работе [1] акцентируется внимание на необходимости исследования эмпирическими методами устойчивости подвижного состава против схода от вкатывания гребней колес на рельсы. Высказывается мнение, что следует учитывать значительный опыт на базе многочисленных экспериментальных исследований воздействия подвижного состава на путь не по отдельности, а в их вероятностном сочетании. Приводятся статистические данные по результатам экспертных технических заключений о причинах крушений и аварий. Анализ этих данных показывает, что подавляющее большинство сходов подвижного состава происходило при движении по переходным и кривым

кривым. Результаты проведенных экспертиз свидетельствуют, что максимальные продольные силы в поезде при этом находились в пределах 200–400 кН.

Торможение поезда в кривых участках пути рассмотрено в работе [2]. На основании результатов расчетов авторами сделан вывод, что при торможении состава на криволинейных участках пути имеют место явления, которые невозможно исследовать с помощью модели поезда в виде одномерной цепочки твердых тел, соединенных нелинейными связями. Для такого случая предлагается использовать пространственную модель колебаний поезда, представленную в работе. Анализ результатов моделирования показал важность соблюдения норм установки автосцепных устройств, обеспечивающих необходимый угол их свободного поворота, для обеспечения безопасности движения в режиме торможения.

Влияние длины поезда и скорости его движения на продольную динамику при использовании пневматических тормозов рассмотрено в работе [3]. Полученные на основе моделирования движения поезда в программе MATLAB результаты свидетельствуют о резком увеличении продольных сил в межвагонных соединениях поезда при увеличении его длины и снижении скорости движения.

Наиболее сложным является управление движением тяжеловесных и длинносоставных грузовых поездов. Исследование продольной нагруженности наливных поездов массой свыше 10 тыс. тонн при торможении позволило сформулировать вывод о необходимости оснащения поезда системой синхронного торможения с резервной системой по тормозной волне [4]. При формировании таких поездов установка локомотивов должна производиться в голове и на расстоянии 1/3 длины от хвоста поезда. Как показали исследования [5], максимальные продольные силы зависят от режима работы воздухораспределителей. Так, при переводе их с грузевого режима на средний усилия в межвагонных соединениях уменьшаются на 7 % при экстренном, на 11 % при полном служебном и на 30 % при регулировочном торможении. Для уменьшения продольных сил в автосцепках вагонов тяжеловесных и длинносоставных поездов их рекомендуется оснащать поглощающими аппаратами с нежесткими силовыми характеристиками [6].

Эффективность применения перспективных фрикционных поглощающих аппаратов для снижения продольных сил при переходных режимах движения поезда рассмотрена в работе [7]. Результаты исследований показали, что при торможении поездов различной массы

вероятность возникновения критических сил и параметрического отказа у перспективных поглощающих аппаратов ниже, чем у серийных. Применение высокоэнергоемких полимерных и эластомерных поглощающих аппаратов приводит к снижению продольных нагрузок по сравнению с фрикционными амортизаторами, дает возможность уменьшить повреждения вагонов и грузов в эксплуатации, а также избежать сходов с рельсов вагонов и крушений поездов [8].

Рост продольных сил в межвагонных соединениях поезда наблюдается при наличии порожних вагонов в составе и расположении их в первой половине длины поезда. Неоднородность состава по массе может привести к увеличению максимальных сил при электрическом торможении локомотивом до 20 % [9]. К наибольшему росту приводит формирование составов с расположением порожних вагонов группами в голове и центральной части поезда. В данном случае возникают также наибольшие боковые и рамные силы, что является наиболее неблагоприятным с точки зрения устойчивости вагонов против выжимания [10]. При торможении наливных поездов, не однородных по типу вагонов-цистерн (4- и 8-осных), продольные силы снижаются в зависимости от уровня недолива на 17–35 % при расположении 8-осных цистерн в голове состава [11].

Исследование динамики поезда с помощью компьютерного моделирования нашло отражение в новой технологии TDEAS (train dynamics and energy analyser/train simulator), разработанной в Китае. Программа производит расчет продольной динамики поездов большой массы и длины с учетом энергетических параметров их систем [12]. Энергия поезда представляется в виде восьми составляющих, учет которых позволяет не только рассчитать возникающие в межвагонных соединениях силы, но и оценить возможность регенерации энергии при рекуперативном торможении. Результаты исследований показали возможность возврата электрической энергии при рекуперации до 40 %.

При сравнительной оценке результатов моделирования продольной динамики поезда специализированными симуляторами LTD (longitudinal train dynamics) различных производителей установлено, что во всех случаях наблюдается хорошая сходимость результатов, касающихся скорости движения поездов, сил тяги и сопротивления движению, влияния уклонов профиля пути. Основные различия выявлены в характеристиках поглощающих аппаратов межвагонных соединений, их нагрузочных характеристиках, значениях максимальных продольных сил [13].

Целью исследований является определение продольных динамических сил в межвагонных соединениях грузовых поездов при движении в режиме электродинамического торможения через переломы продольного профиля пути.

На основании математического описания движения поезда, приведенного в [9], построена компьютерная модель в программном комплексе MSC.ADAMS (рисунок 1). Модель предназначена для исследования продольной динамики поезда, состоящего из соединенных упругими связями без зазоров вагонов, представляющих собой абсолютно твердые тела, движущиеся прямолинейно без вертикальных колебаний и угловых перемещений.

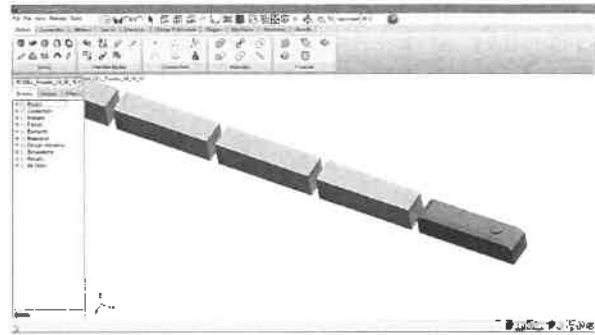


Рисунок 1 – Компьютерная модель поезда

Электрическое торможение применяют при движении по спускам (особенно затяжным) для поддержания скорости движения. Согласно источнику [14], на спусках крутизной менее 18 ‰ в грузовых поездах перевод электровагона на режим электрического торможения разрешается производить без применения автотормозов состава. По данной причине для исследований принят участок пути со спуском –17 ‰, схема которого представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема участка пути

Согласно проведенным исследованиям [15], при анализе движения поезда через переломы продольного профиля пути в режиме торможения необходимо рассмотреть динамические процессы, происходящих в упругих элементах поезда при движении через переломы на холстом ходу. При этом изменение продольных сил по длине поезда зависит главным образом от разности уклонов смежных элементов профиля, которые для рассматриваемого случая составляют 17 ‰. На рисунке 3 приведено пять различных схем формирования состава из 100 однотипных вагонов длиной по осям автосцепок 13,92 м каждый, рассмотренных при моделировании. Во всех случаях масса состава одинаковая, равная 7000 т.

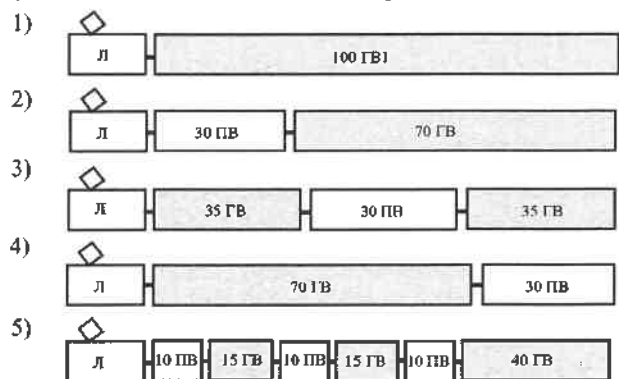


Рисунок 3 – Схемы формирования составов:
Л – локомотив; ГВ1 – грузный вагон массой 70 т; ГВ – грузный вагон массой 89,7 т; ПВ – порожний вагон массой 24 т

Рассмотрено движение поезда в режиме выбега через перелом продольного профиля пути с разностью уклонов 17 ‰ с начальной скоростью 80 км/ч. Расположение грузных и порожних вагонов и их массы соответствуют схемам, приведенным на рисунке 3. Коэффици-

циенты жесткости и демпфирования межвагонных связей во всех случаях одинаковы и равны соответственно $c = 1,1 \cdot 10^7$ Н/м, $K = 2 \cdot 10^6$ Н·с/м. Полученные при моделировании графики распределения максимальных сил по длине поезда представлены на рисунке 4.

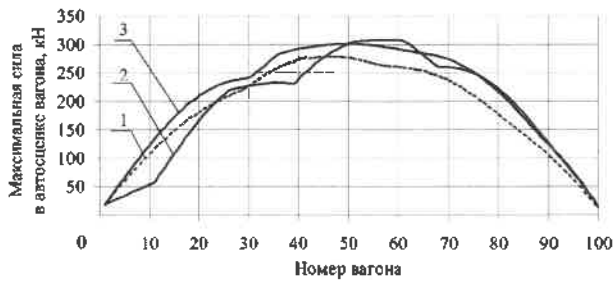


Рисунок 4 – Распределение максимальных сил в поезде при движении на холостом ходу для схем формирования составов: 1 – № 1; 2 – № 5; 3 – № 3

На основании данных графиков можно заключить, что для составов большой протяженности и массы при движении через перелом профиля с разностью уклонов 17 ‰ в режиме выбега максимальные продольные силы могут превышать 300 кН. Наибольшие силы возникают в случаях расположения порожних вагонов в центре поезда или группами в голове и центре (схемы 3 и 5).

Для оценки влияния профиля пути на продольные силы поезда в момент перехода в режим торможения следует изучить влияние неоднородности составов по массе на эти силы. С этой целью рассмотрено изменение максимальных сил, возникающих в автоцепках поезда после начала действия тормозной силы локомотива 300 кН при движении по прямому горизонтальному участку пути и через перелом продольного профиля. Графики представлены на рисунках 5 и 6.

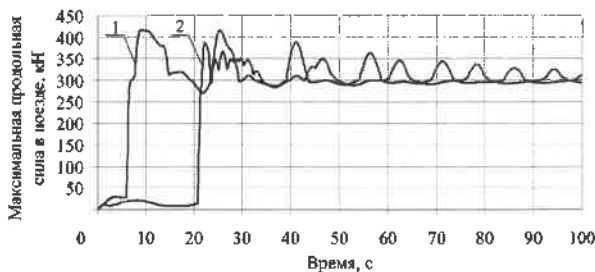


Рисунок 5 – Изменение максимальных сил в движущемся по площадке поезде для схем формирования составов: 1 – № 2; 2 – № 5

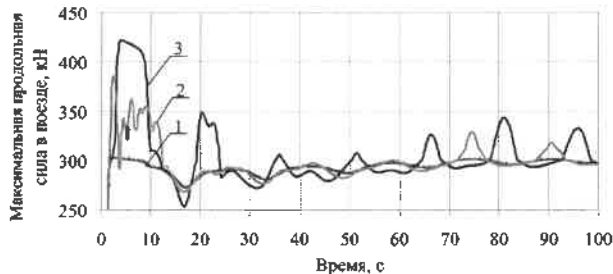


Рисунок 6 – Изменение максимальных сил в движущемся через перелом профиля поезде для схем формирования составов: 1 – № 1; 2 – № 5; 3 – № 2

Наибольшие силы превысили силы торможения на 39 и 28 % при формировании поездов по схемам 2 и 5 соответственно, что соответствует приведенной в [9–11] информации. Сравнение представленных графиков показывает, что характер изменения продольных сил в поез-

дах при движении по площадке сохраняется и для случая движения через перелом. В последнем случае к силам продольных упругих колебаний в межвагонных соединениях, вызванных действием тормозной силы, добавляется влияние перелома профиля пути.

С помощью компьютерной модели исследовано изменение продольных сил в автоцепках поезда при движении с площадки на спуск –17 ‰ в режиме электрического торможения. На рисунке 7 представлены зависимости сил в 50-м межвагонном соединении неоднородного поезда для случаев различного положения локомотива на участке в момент начала действия тормозной силы.

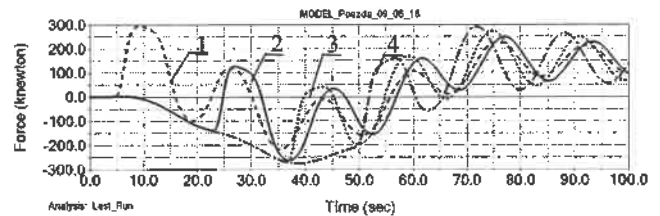


Рисунок 7 – Силы в 50-м межвагонном соединении поезда, сформированного по схеме 5 при времени начала торможения: 1 – 3 с; 2 – 21 с; 3 – 35 с; 4 – 48 с

Согласно рисунку в период движения поезда с площадки на спуск в режиме торможения локомотивом (пока части поезда находятся на элементах разной крутизны) в его межвагонных соединениях возникают упругие продольные колебания. При этом в одних и тех же межвагонных соединениях со временем происходит чередование сил сжатия и растяжения, что может оказывать негативное воздействие на движение при наличии больших зазоров в автоцепных устройствах.

Для снижения максимальных продольных сил сжатия при торможении движущегося на спуск поезда следует тормозную силу увеличивать плавно с той же скоростью, с которой изменяется сила воздействия со стороны профиля. Для случаев формирования составов 2 и 5 исследовано изменение продольных сил по длине поезда для вариантов резкого изменения тормозной силы и ее плавного увеличения, пропорционального влиянию профиля пути. На рисунках 8–10 представлены результаты расчетов.

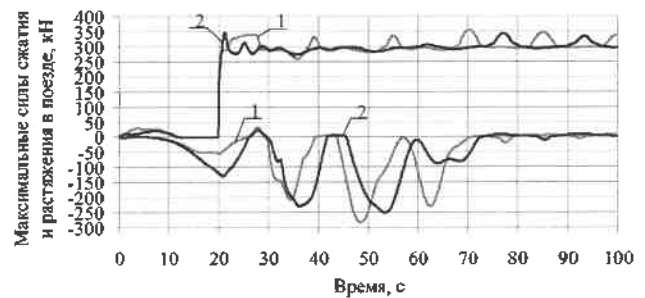


Рисунок 8 – Изменение максимальных сил в поезде при резком росте тормозной силы для схем формирования составов: 1 – № 2; 2 – № 5

Анализ полученных результатов показал, что при плавном увеличении тормозной силы со скоростью, равной скорости роста сил растяжения от действия перелома профиля пути, максимальные сжимающие и растягивающие усилия в межвагонных связях значительно уменьшаются. Силы сжатия в этом случае не превышают тормозных сил независимо от расположения порожних вагонов. Также можно отметить сниже-

ние амплитуды упругих продольных колебаний в поезде (см. рисунок 10).

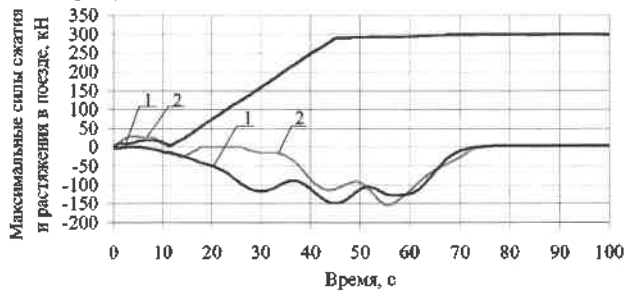


Рисунок 9 – Изменение максимальных сил в поезде при тормозной силе, изменяющейся пропорционально влиянию профиля, для схем формирования составов: 1 – № 5; 2 – № 2

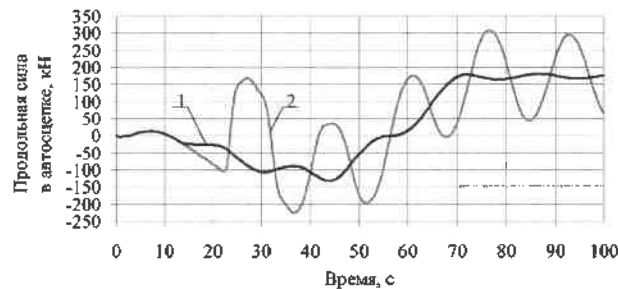


Рисунок 10 – Изменение сил в 50-м межвагонном соединении поезда при движении через перелом профиля при торможении: 1 – плавное; 2 – резкое

Проведенные исследования показали, что при движении поезда на спуск через перелом продольного профиля пути в режиме электрического торможения локомотивом возникающие продольные силы в составе зависят от расположения порожних вагонов в составе, момента начала действия тормозной силы и скорости ее нарастания. Определено, что изменение тормозной силы с той же скоростью, с которой меняются силы воздействия на поезд со стороны профиля пути, приводит к уменьшению упругих колебаний и вероятности возникновения чередующихся сил сжатия и растяжения в межвагонных соединениях, снижению максимальных сил до величины приложенной силы торможения.

Полученные результаты следует учитывать при ведении поездов через переломы продольного профиля пути при регулировании скорости с помощью электродинамического тормоза локомотива.

Список литературы

- 1 Татуревич, А. А. Теоретические исследования устойчивости подвижного состава против схода от вкатывания гребня колеса на рельс / А. А. Татуревич // Вісник Дніпропетр. нац. ун-та заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2003. – № 2. – С. 133–137.
- 2 Ковтун, Е. Н. Динамические характеристики грузовых вагонов при торможении поезда на криволинейных участках

пути / Е. Н. Ковтун, О. М. Маркова, В. В. Малый // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 3. – С. 69–74.

- 3 Serajian, R. Influence of train length on in-train longitudinal forces during brake application / R. Serajian, S. Mohammadi, A. Nasr // Vehicle System Dynamics. – 2019. – Vol. 57, No. 2. – P. 192–206.

- 4 Блохин, Е. П. Исследование продольной нагруженности длинносоставных грузовых поездов при торможении / Е. П. Блохин, Л. В. Урсуляк, Я. Н. Романюк // Вісник Дніпропетр. нац. ун-та заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – № 38. – С. 7–16.

- 5 Кангожин, Б. Р. Исследование продольных усилий при торможении грузовых длинносоставных поездов на участке пути прямолинейного профиля / Б. Р. Кангожин, М. Ж. Туркбаев, А. М. Смагулова // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2009. – № 1. – С. 20–24.

- 6 Бубнов, В. Ю. Уменьшение продольных усилий в автоцепках вагонов при движении тяжеловесных и длинносоставных грузовых поездов : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. Ю. Бубнов ; Петербургский гос. ун-т путей сообщения. – Санкт-Петербург, 2006. – 24 с.

- 7 Исследование продольной нагруженности грузовых вагонов, оснащенных фрикционными поглощающими аппаратами нового исполнения, при переходных режимах движения поезда / А. С. Васильев [и др.] // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – № 1. – С. 12–17.

- 8 Болдырев, А. П. Эффективность применения высокоэнергоемких поглощающих аппаратов на грузовых вагонах / А. П. Болдырев, А. М. Гуров // Транспорт Российской Федерации. – Санкт-Петербург, 2014. – № 3. – С. 43–45.

- 9 Шимановский, А. О. Моделирование продольной динамики поезда в среде программного комплекса MSC.ADAMS / А. О. Шимановский, П. А. Сахаров, А. В. Коваленко // Актуальные вопросы машиноведения. – 2018. – № 7. – С. 75–78.

- 10 Адильханов, Е. Г. Динамика грузовых вагонов при торможении / Е. Г. Адильханов, Ш. А. Секерова // Мир транспорта. – 2011. – Т. 9. – № 3. – С. 62–69.

- 11 Романюк, Я. Н. Оценка продольной нагруженности наливных грузовых неоднородных поездов при различных режимах торможения / Я. Н. Романюк // Вісник Дніпропетр. нац. ун-та заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2012. – № 3. – С. 219–224.

- 12 Qing, W. Longitudinal dynamics and energy analysis for heavy haul trains / W. Qing, L. Shihui, C. Colin // Journal of Modern Transportation. – 2014. – Vol. 22, No. 3. – P. 127–136.

- 13 International benchmarking of longitudinal train dynamics simulators: results / W. Qing [and other] // Vehicle System Dynamics. – 2018. – Vol. 56, No. 3. – P. 343–365.

- 14 Правила технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава : [утв. советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества от 6–7 мая 2014 г., № 60]. – 180 с.

- 15 Сахаров, П. А. Исследование продольных сил в грузовых поездах при движении по переломам продольного профиля пути / П. А. Сахаров // Механика. Исследования и инновации. – 2018. – № 11. – С. 209–219.

Получено 18.04.2019

P. A. Sakharov. Investigation of the longitudinal forces in freight trains in the movement through the gradient changes of the profile path in the electric braking mode.

Longitudinal forces in inter-car connections of the train moving through the gradient changes of the profile path in the mode of electric braking are investigated. The influence of the location of empty cars in the composition and the gradient changes of the profile path on the value of the maximum forces in the couplings of cars is estimated. The dependences of changes in the forces in the inter-car connections at different variants of the braking force are presented.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 006.015.8: 625.1

Ю. И. КУЛАЖЕНКО, доктор физико-математических наук, В. С. ЗАЙЧИК, кандидат технических наук, А. А. КЕБИКОВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ К ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПРОДУКЦИИ

Приведены основные положения по установлению требований безопасности к железнодорожной продукции, применение которых на добровольной основе обеспечивает выполнение требований технических регламентов Евразийского экономического союза.

В соответствии с требованиями технических регламентов Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС) ТР ТС 001/2011 «О безопасности железнодорожного подвижного состава» [1] и ТР ТС 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» [2] подтверждение соответствия железнодорожной продукции может осуществляться в форме сертификации либо декларирования. При этом одной из основополагающих процедур подтверждения соответствия являются испытания, в ходе которых осуществляется проверка соответствия продукции требованиям безопасности, указанным соответствующими техническими регламентами. Испытания проводятся в строгом соответствии с программами, в которые включаются показатели безопасности, установленные приложениями к техническим регламентам.

Существующий подход предусматривает, что технические регламенты ЕАЭС устанавливают только общие показатели безопасности (массив показателей T), а конкретные значения показателей безопасности (массивы показателей G_1-G_N) детализируются в поддерживающих стандартах (ГОСТ, СТБ, ГОСТ Р, СТ РК и др.), принятых в государствах – членах ЕАЭС. Возможные отношения между указанными массивами показателей безопасности представлены на рисунке 1.

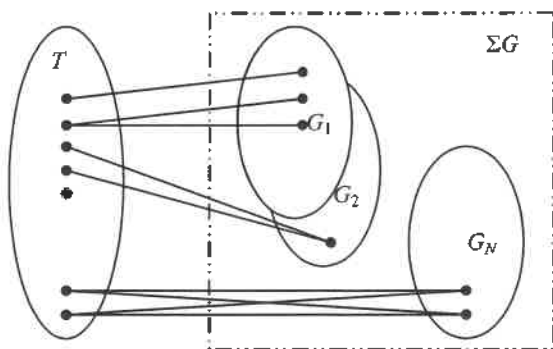


Рисунок 1 – Отношения $T : \Sigma G$ между общими (T) и конкретными (G) показателями безопасности

Степень сложности отношений между различными уровнями показателей безопасности напрямую зависит от сложности сертифицируемой продукции. Например, программа испытаний для башмаков тормозных колодок железнодорожного подвижного состава содержит всего четыре отношения между [1] и ГОСТ 34075–2017 [3]. Для электропоезда переменного тока испытаниям подлежат свыше 250 общих показателей безопасности T , а с учетом применения нескольких поддерживающих

стандартов количество отношений ($T : \Sigma G$) в таком случае составляет несколько сотен. Варианты возможных отношений между общими (T) и конкретными (G) показателями безопасности на примере вагонной колесной пары представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты отношений ($T : \Sigma G$)

Отношение ($T : \Sigma G$)	Общий показатель (T)	Конкретный показатель (G)
1 : 1 – один показатель технического регламента обеспечивается выполнением требований одного пункта стандартов	[1], ст. 4, п. 99	ГОСТ 2.601-2013 [4], п. 4.13
1 : ∞ – один показатель технического регламента обеспечивается выполнением требований нескольких пунктов стандартов	[1], ст. 4, п. 16	ГОСТ 4835-2013 [5], п. 4.7.1, 4.7.2
∞ : 1 – несколько пунктов технического регламента обеспечивается выполнением требований одного пункта стандартов	[1], ст. 4, п. 4, 5а, 5в, 7	[5], п. 4.3.1
∞ : ∞ – несколько пунктов технического регламента обеспечиваются выполнением требований нескольких одинаковых пунктов стандартов	[1], ст. 4, п. 4, 5в, 7	[5], п. 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, 4.3.6
1 : 0 – пункт технического регламента обеспечивается выполнением требований, содержащихся в самом пункте. Ни один пункт стандартов не сопоставлен пункту технического регламента, либо ни один пункт стандартов не применяется к пункту технического регламента	[1], ст. 4, п. 14а	Нет пунктов стандартов

Таким образом, одной из главных проблем, возникающих в процессе подтверждения соответствия продукции для железнодорожного транспорта, является задача сопоставления требований технических нормативных правовых актов разного уровня. При сертификации ошибки на данном этапе практически исключены в связи с тем, что программа испытаний составляется экспертом-аудитором, имеющим значительный опыт по работе с железнодорожной продукцией. В случае декларирования неверные отношения между общими и конкретными показателями безопасности, установленные заявителем на регистрацию декларации, могут при-

вести к отказу в регистрации декларации со стороны органа по сертификации.

Для снижения количества ошибок при проведении работ по подтверждению соответствия, а также для создания железнодорожной продукции, отвечающей всем установленным требованиям безопасности, необходимо осуществлять предварительный анализ имеющейся информации уже на стадии проектирования. Особенно важен такой подход для технически сложной продукции, такой как магистральные электропоезда, тепловозы, пассажирские и грузовые вагоны, специальный самоходный и несамоходный подвижной состав, железнодорожный путь, стрелочные переводы, автоматизированные системы оперативного управления технологическими процессами и др.

На этапе предварительного анализа должны проводиться:

- подробное рассмотрение имеющейся технической и конструкторской документации, а также инновационных решений, которые планируются к внедрению;
- анализ существующей системы производства продукции для установления возможностей реализации планируемых технических решений и разработки рекомендаций по устранению выявленных недостатков;
- разработка предварительного перечня показателей безопасности для продукции;
- составление перечня составных частей, подлежащих обязательному подтверждению соответствия (сертификации или декларированию) требованиям технических регламентов;
- предварительное составление программы испытаний с указанием требований стандартов (в том числе национальных) и иных документов, выполнение которых на добровольной основе обеспечивает выполнение требований безопасности, установленных техническими регламентами;

Таблица 2 – Фрагмент базовой таблицы для проекта системы микропроцессорной централизации

Общий показатель безопасности в соответствии с [2]	Документ и пункт, определяющие конкретный показатель безопасности	Наименование конкретного показателя безопасности	Значение конкретного показателя безопасности	Способ оценки соответствия
Ст. 4, п. 4: объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта и продукция по прочности, устойчивости и техническому состоянию должны обеспечивать движение поездов с наибольшими скоростями в пределах допустимых значений	ГОСТ 34012–2016 [6], п. 4.2, А.2.2	Требования надежности	Средняя наработка на отказ по п. А.2.2 [6]; коэффициент готовности не менее 0,98	Расчеты показателей надежности, экспертиза расчетов
	[6], п. 4.7.1	Работоспособность при воздействии механических нагрузок по группе МС.1	Работоспособность при воздействии вибрации в диапазоне от 1 до 55 Гц: – при вертикальном ускорении 2 м/с ² ; – горизонтальном ускорении 2 м/с ²	Испытания, экспертиза протоколов испытаний
	[6], п. 4.7.2	Работоспособность при воздействии климатических факторов по группе К1	Работоспособность в диапазоне температур от +1 до +40 °С, относительная влажность не менее 80 % Работоспособность в диапазоне предельных температур от минус 5 до плюс 50 °С, относительная влажность не менее 80 %	
	[6], п. 4.8.1	Работоспособность при воздействии электромагнитных помех по ГОСТ 33436.4-1 [7]	Функциональная работоспособность	

– определение показателей безопасности, которые не могут быть соблюдены в силу новизны разрабатываемой продукции, и предварительная разработка доказательств безопасности по таким показателям.

Так, например, предварительный анализ документации на разработку проекта системы микропроцессорной централизации потребовал создания четырех базовых таблиц с показателями безопасности как для системы в целом, так и для отдельных подсистем, входящих в ее состав. Фрагменты таких таблиц представлены ниже (таблицы 2, 3). Полные базовые таблицы включают в себя от 9 до 47 конкретных показателей безопасности. Дальнейший анализ позволил разработать и вычленил критические показатели, а также создать итоговые таблицы по схеме, приведенной на рисунке 2.

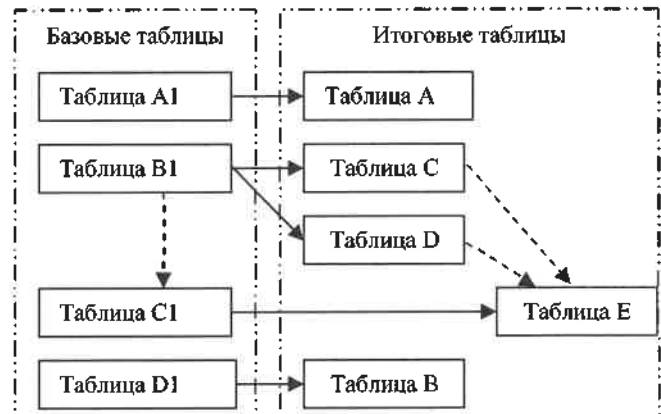


Рисунок 2 – Схема взаимосвязи базовых и итоговых таблиц

Полученные в результате предварительного анализа таблицы А–Е полностью адаптированы по показателям безопасности под конкретную систему. При этом количество показателей безопасности в данных таблицах изменилось в большую сторону по отношению к базовым.

Таблица 3 – Фрагмент базовой таблицы для резервуара воздушного тягового подвижного состава

Общий показатель безопасности в соответствии с [2]	Документ и пункт, определяющие конкретный показатель безопасности	Наименование конкретного показателя безопасности	Значение конкретного показателя безопасности	Способ оценки соответствия
Статья 4, пункт 7. Выбранные проектировщиком (разработчиком) конструкции железнодорожного подвижного состава и его составных частей должны быть безопасны в течение назначенного срока службы и (или) ресурса, назначенного срока хранения, а также выдерживать воздействия и нагрузки, которым они могут подвергаться в процессе эксплуатации	СТ РК 1454–2005 [8], п. 4, 5.1	Геометрические размеры	[8], п. 4	Испытания
	[8], п. 5.3	Качество резьбы	Чистая, без заусенцев	
	[8], п. 5.3	Наличие ниток с сорванной или неполной резьбой	Не допускается длиной свыше 10 % общей длины резьбы по винтовой линии	
	[8], п. 5.4.1	Конусность цилиндрической части днища	Установлено технической документацией	
	[8], п. 5.4.1	Наличие на цилиндрической части днища продольных рисок	Допускаются глубиной в пределах минусового допуска на толщину листа	
	[8], п. 5.4.1	Гофр цилиндрической части днища	Допускается при высоте волны не более: – 0,5 мм – для резервуаров диаметром до 400 мм; – 1 мм – для резервуаров диаметром свыше 400 мм	
	[8], п. 5.4.1	Гофр сферической поверхности	Допускаются отдельные плавные гофры высотой до 2 мм	
[8], п. 5.5	Форма обечайки	Цилиндрическая		

Итоги предварительного анализа могут быть использованы как в качестве элемента технического задания на дальнейшую разработку и совершенствование системы, так и для подготовки документов по оценке соответствия сложной железнодорожной продукции.

Аналогичный подход может быть применен и для технически более простой продукции, например, резервуаров воздушных для тягового подвижного состава (см. таблицу 3) на стадии проведения работ по подтверждению соответствия. В таком случае, как правило, создается одна базовая таблица, которая по результатам анализа может быть использована в качестве основы для программы испытаний.

Изложенный подход может быть применен для установления конкретных требований безопасности для всей номенклатуры продукции железнодорожного транспорта.

Список литературы

1 О безопасности железнодорожного подвижного состава. Технический регламент (ТР ТС 001/2011) : [утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 № 710 : с изм. и доп.]. – М., 2011. – 66 с.
2 О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта. Технический регламент (ТР ТС 003/2011) : [утв.

решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 № 710 : с изм. и доп.]. – М., 2011. – 67 с.

3 ГОСТ 34075–2017. Башмаки и чеки тормозных колодок железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия. – Минск : Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2017. – 26 с.

4 ГОСТ 2.601–2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы. – Минск : Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2013. – 32 с.

5 ГОСТ 4835–2013. Колесные пары железнодорожных вагонов. Технические условия. – Минск : Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2013. – 31 с.

6 ГОСТ 34012–2016. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики. Общие технические требования. – Минск : Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. – 45 с.

7 ГОСТ 33436.4–1–2015. Совместимость технических средств электромагнитная. Системы и оборудование железнодорожного транспорта. Ч. 4–1. Устройства и аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики. Требования и методы испытаний. – Минск : Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2015. – 14 с.

8 СТ РК 1454–2005. Резервуары воздушные для тягового подвижного состава. Основные требования к конструкции. – Астана : Ком. по техн. регулированию и метрологии М-ва индустрии и торговли Респ. Казахстан, 2005. – 16 с.

Получено 09.01.2019

Yu. I. Kulazhanka, V. S. Zaichyk, A. A. Kebikov. Definition of safety requirements to railway products.

The main provisions on the establishment of safety requirements for railway products, the use of which on a voluntary basis ensures compliance with the requirements of the technical regulations of the Eurasian Economic Union, are given.

УДК 656.222.4

А. А. ЕРОФЕЕВ, кандидат технических наук, В. Г. КОЗЛОВ, старший научный сотрудник, О. А. ТЕРЕЩЕНКО, старший преподаватель, Ю. С. СИДОРОВИЧ, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ

Развитие цифровой экономики страны требует сопутствующих научно-практических изменений в технологии планирования и организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте, в частности в системе планирования движения поездов. Существующая технология планирования движения поездов является весьма трудоемкой и основывается на автоматизированной разработке нормативного графика движения поездов с учетом множества технических и технологических параметров. При этом применяемая методика прокладки ниток поездов на графике движения не учитывает различие в энергетических затратах организации движения поездов разных категорий при различных схемах пропуска их по железнодорожному участку. Для решения проблемы авторами выработаны интеллектуальные подходы, позволяющие повысить энергоэффективность и, как следствие, общую эффективность разработанного графика движения поездов.

График движения поездов как общесистемный нормативный документ является планом эксплуатационной работы всех подразделений Белорусской железной дороги. Он обеспечивает: удовлетворение потребностей в перевозках пассажиров и грузов; безопасность движения поездов; эффективное использование пропускной и провозной способности участков и перерабатывающей способности станций; рациональное использование подвижного состава; соблюдение установленной продолжительности непрерывной работы локомотивных бригад; возможность производства работ по текущему содержанию и ремонту пути, сооружений, устройств СЦБ, связи и электроснабжения. Разработка графика движения поездов в настоящее время является одним из безусловных стандартов организации поездной работы и осуществляется как правило с применением автоматизированной системы построения графика движения поездов (АС «Графист»), которая включает в себя комплекс взаимосвязанных информационно-управляющих подсистем. При этом в нормативном графике движения поездов не учитываются отличия в энергетических затратах для различных вариантов пропуска поездов по участку.

Для ликвидации указанного недостатка на Белорусской железной дороге с привлечением ученых и специалистов БелГУТа активно ведется разработка автоматизированной системы построения и оценки энергоэффективных графиков движения поездов (АС ЭГДП). Реализация проекта осуществляется с учетом существующих информационных систем и интегрирована в единый комплекс АС «Графист» (рисунок 1). Основными целями создания АС ЭГДП являются:

- совершенствование процессов организации поездной работы на Белорусской железной дороге за счет создания и использования автоматизированной системы построения энергоэффективных графиков движения поездов и моделирования пропуска поездов на направлениях;

- информационная поддержка принятия обоснованных управленческих решений при выполнении основных задач по повышению эффективности поездной работы и конкурентоспособности Белорусской железной дороги на рынке транспортных услуг, увеличение объемов и качества перевозок, сокращение издержек.

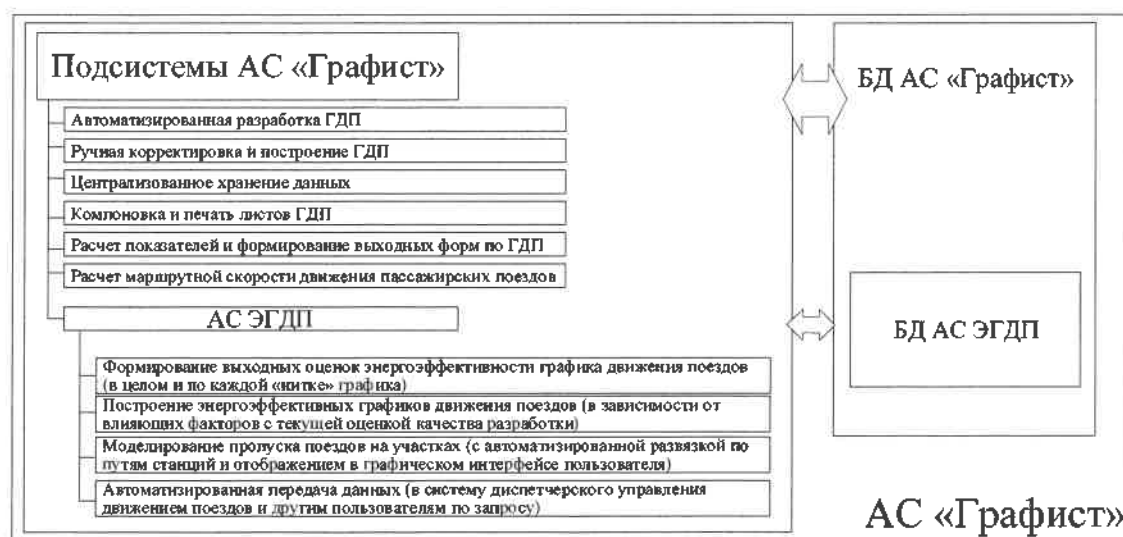


Рисунок 1 – Функциональная структура АС ЭГДП

АС ЭГДП предназначена:

- для формирования выходных оценок энергоэффективности графика движения поездов в целом и по каждой «нитке» графика;
- построения энергоэффективных графиков движения поездов в зависимости от влияющих факторов с текущей оценкой качества разработки;
- моделирования пропуска поездов на направлениях с автоматизированной развязкой по путям станций и отображением в графическом интерфейсе пользователя;
- автоматизированной передачи данных в систему диспетчерского управления движением поездов и другим пользователям по запросу.

Композиция АС ЭГДП содержит четыре подсистемы:

- 1 Формирование выходных оценок энергоэффективности графика движения поездов в целом и по каждой «нитке» графика.
- 2 Построение энергоэффективных графиков движения поездов в зависимости от влияющих факторов с текущей оценкой качества разработки.
- 3 Моделирование пропуска поездов на участках с автоматизированной развязкой по путям станций и отображением в графическом интерфейсе пользователя.
- 4 Автоматизированная передача данных в систему диспетчерского управления движением поездов.

Подсистема «Формирование выходных оценок энергоэффективности графика движения поездов» обеспечивает:

- расчеты показателей энергоэффективности разработанного ГДП: в сравнении с другим (эталонным или разработанным ранее) ГДП, для выделенной нитки графика, для выделенной категории поездов;
- расчет энергоэффективности для фрагмента нитки разработанного ГДП при изменении параметров ее прокладки только на одном или нескольких перегонах, расположенных последовательно, в сравнении с первоначальным результатом;
- отображение выходной информации в графическом интерфейсе пользователя.

Энергоэффективность графика движения поездов оценивается: для графика движения поездов, отдельных категорий поездов и отдельных ниток графика.

Энергоэффективность для графика движения поездов и отдельных категорий поездов определяется суммированием результатов расчета энергоэффективности для отдельных ниток, принадлежащих объекту анализа.

Энергоэффективность графика движения поездов учитывается по установленным элементам затрат:

- расход топлива на разгон и замедление поездов;
- затраты поездочасов в движении и на стоянку.

Затраты учитываются отдельно по видам тяги, категориям поездов, сериям локомотивов в голове поезда, массе поездов.

Элементы учитываемых затрат на одну нитку графика движения поезда по участку:

- а) поездочасы в движении:

$$\mathcal{E}_{пч}^{дв} = \frac{L_{уч} e_{пкм}}{\sum t_{пер}}, \quad (1)$$

где $L_{уч}$ – длина поездочастка, км; $e_{пкм}$ – расходная ставка поездочасо-километра, руб.; $\sum t_{пер}$ – сумма перегонов

ных времен следования поезда по участку без учета времени на стоянки, ч;

- б) поездочасы стоянок:

$$\mathcal{E}_{пч}^{ст} = c_{пч} \sum t_{ст}, \quad (2)$$

где $c_{пч}$ – расходная ставка поездочаса простоя поезда, руб.; $\sum t_{ст}$ – сумма времен стоянок поезда на участке следования, ч;

в) энергетические затраты, связанные с разгоном и замедлением поездов:

$$\mathcal{E}_{эл} = k_p e_p c_t, \quad (3)$$

где k_p – число разгонов на участке следования поезда; e_p – дополнительные затраты условного топлива (электроэнергии), приходящиеся на один разгон/замедление поезда, кг; c_t – стоимость 1 кг условного топлива (в т.ч. в пересчете на электроэнергию), руб.

Затраты, приходящиеся на одну нитку поезда,

$$\mathcal{E}_н = \mathcal{E}_{пч}^{дв} + \mathcal{E}_{пч}^{ст} + \mathcal{E}_{эл} = \frac{L_{уч} e_{пкм}}{\sum t_{пер}} + c_{пч} \sum t_{ст} + k_p e_p c_t. \quad (4)$$

Затраты, приходящиеся на группу ниток или график движения поездов в целом,

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{гдп} &= \sum_{i=1}^{N_n} \mathcal{E}_н = \sum_{i=1}^{N_n} (\mathcal{E}_{пч}^{дв} + \mathcal{E}_{пч}^{ст} + \mathcal{E}_{эл}) = \\ &= \sum_{i=1}^{N_n} \left(\frac{L_{уч} e_{пкм}}{\sum t_{пер}} + c_{пч} \sum t_{ст} + k_p e_p c_t \right), \end{aligned} \quad (5)$$

где N_n – число поездов в группе (на графике).

Коэффициент энергоэффективности:
– нитки графика движения поездов –

$$\mathcal{E}_{эф}^н = \frac{\mathcal{E}_н^э}{\mathcal{E}_н}, \quad (6)$$

– графика движения поездов (группы поездов) –

$$\mathcal{E}_{эф}^{гдп} = \frac{\sum_{i=1}^{N_n} \mathcal{E}_{ни}^э}{\sum_{i=1}^{N_n} \mathcal{E}_{ни}}, \quad (7)$$

где $\mathcal{E}_н^э$ – затраты, приходящиеся на пропуск поезда по эталонной нитке (без остановок на участке, по энергоэффективным временам), руб.

Для оценки совокупности n ниток, по показателю энергоэффективности $\mathcal{E}_{эф}$ вычисляется его математическое ожидание M и среднее квадратическое отклонение S_0 , взвешенные по продолжительности времени хода поезда по нитке:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{эф}^i T_i}{\sum_{i=1}^n T_i}, \quad (8)$$

где $\mathcal{E}_{\phi i}$ – коэффициент энергоэффективности i -й нитки графика; T_i – время хода поезда по i -й нитке графика (разница между моментом времени прибытия и отправления поезда), ч,

$$S_0 = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\mathcal{E}_{\phi i} - M)^2} \quad (9)$$

Энергоэффективность ГДП оценивается разделением ниток на три категории:

I (энергоэффективные нитки) – все нитки для которых

$$\mathcal{E}_{\phi i} \geq (M - 0,5S_0); \quad (10)$$

II (условно энергоэффективные нитки, требующие дополнительной проверки) – все нитки для которых

$$(M - 0,5S_0) > \mathcal{E}_{\phi i} \geq (M - 1,5S_0); \quad (11)$$

III (энергетически неэффективные нитки, требующие дополнительной проверки) – все нитки для которых:

$$(M - 1,5S_0) > \mathcal{E}_{\phi i}. \quad (12)$$

Гистограмма распределения вероятности отклонения коэффициента энергоэффективности от среднеграфикового значения приведена на рисунке 2.

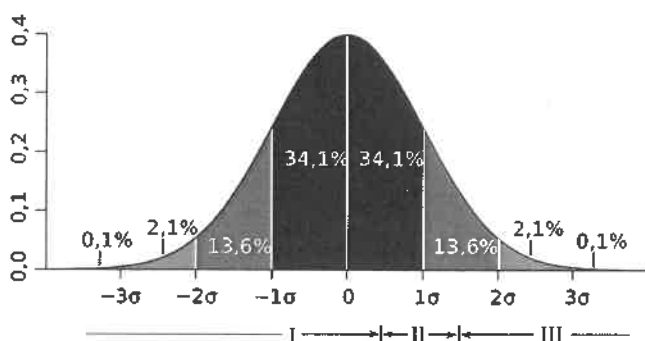


Рисунок 2 – Гистограмма распределения вероятности отклонения коэффициента энергоэффективности нитки графика от среднего значения

Таким образом, для разработанного графика движения поездов (для средних условий) оценка общего количества энергоэффективных ниток составляет около 67 %, условно энергоэффективных ниток (требующих эвристического анализа) – 24 %, энергетически неэффективных ниток (также требующих эвристического анализа) – 9 %.

Подсистема «Построение энергоэффективных графиков движения поездов» расширяет существующие возможности создания и оценки графиков движения поездов.

Построение энергоэффективных графиков движения поездов осуществляется с использованием:

- инструментария текущей версии АС «Графист»;
- разработанного специализированного инструментария, позволяющего осуществлять информационную поддержку принятия решений в процессе разработки энергоэффективного графика движения поездов.

Инструментарий информационной поддержки принятия решений обеспечивает:

- максимальное использование условий профиля пути;
- учет продолжительности стоянок поездов на промежуточных станциях участков;
- учет энергоэффективности применяемых режимов движения поезда;
- отображение выходной информации в графическом интерфейсе пользователя.

Подсистема «Моделирование пропуска поездов на участках» обеспечивает:

- автоматизированное создание предварительных пониточных моделей пропуска поездов на графике на основе алгоритмов автоматической прокладки;
- автоматизированную развязку поездов по путям станции с указанием ограничивающих условий;
- отображение результатов моделирования в графическом интерфейсе пользователя.

В процессе моделирования пропуска поездов подсистема учитывает:

- количество путей на перегоне;
- количество и полезную длину приемоотправочных путей на станции и их специализацию;
- категорирование поездов и их технические характеристики;
- установленный приоритет пропуска для заданных категорий поездов;
- эталонные времена хода по категориям поездов;
- действующие ограничения скорости движения поездов.

Подсистема «Автоматизированная передача данных» обеспечивает автоматизированное копирование в настраиваемом режиме разработанных ГДП (нормативных и вариантных) в виде графика и расписания в специальные директории с ограниченным удаленным доступом.

Автоматизация процесса двустороннего обмена данными между АС ЭГДП и автоматизированной системой «Актуальное расписание движения поездов» (АС АРДП) реализовано согласно схеме, представленной на рисунке 3.

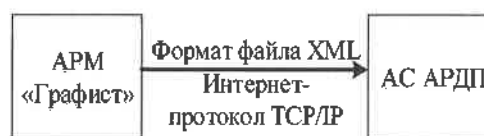


Рисунок 3 – Процесс передачи файла нормативного графика движения поездов между АС ЭГДП и АС АРДП

Протоколы информационного обмена между АС ЭГДП и АС АРДП разработаны и реализованы совместно с Конструкторско-техническим центром Белорусской железной дороги.

Таким образом, разработанные и представленные в статье научно-практические подходы позволяют создавать более качественные графики движения поездов, актуализировать их и обеспечивать в процессе разработки всестороннюю численную оценку энергоэффективности.

Список литературы

1 Бадажков, М. А. Энергоэффективность существующего графика движения поездов, решения по оптимизации / М. А. Бадажков // Транспортная инфраструктура сибирского региона. – 2017. – № 1. – С. 134–138.

2 Автоматизированная система сменно-суточного планирования поездной и грузовой работы Белорусской железной дороги / В. Г. Кузнецов [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2015. – № 2(30). – С. 53–56.

3 Кузнецов, В. Г. Комплексный подход к информационным технологиям оперативного управления поездной работой на Белорусской железной дороге / В. Г. Кузнецов, А. А. Ерофеев, М. В. Федорцов // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ-2013): Вторая науч.-техн. конф., 21–22 окт. 2013, Москва. – М. : ОАО «НИИАС», 2013. – С. 80–82.

4 Миронов, А. Ю. Перевозочному процессу – инновационные технологии / А. Ю. Миронов // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 5. – С. 26–30.

5 Терещенко, О. А. Методика оценки энергоэффективности графика движения поездов / О. А. Терещенко, Ю. С. Сидорович // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2017. – № 2. – С. 103–105.

6 Шапкин, П. Н. Твердый подекадный график движения поездов как одно из решений проблемы адаптации графика к колебаниям вагонопотоков / П. Н. Шапкин, Е. М. Кожанов // Вестник ВНИИЖТ. – 2007. – № 3. – С. 30–33.

7 Шаронов, Е. А. Организация грузового движения по расписанию / Е. А. Шаронов // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 10. – С. 74–77.

8 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / П. С. Грунтов [и др.]. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.

9 Schittenhelm, B. Planning with Timetable Supplements in Railway Timetables Proc. / B. Schittenhelm // Annual Transport Conference, Esbjerg, 26 aug. 2011 abstr. / Aalborg University. – Esbjerg, 2011. – P. 47–61.

Получено 27.05.2019

A. A. Erofeev, V. G. Kozlov, O. A. Tereshchenko, Yu. S. Sidorovich. Scientific and practical approaches to the development of energy efficient train schedule.

The development of the country's digital economy requires accompanying scientific and practical changes in the technology of planning and organizing a transportation process in railway transport including a train planning system. The existing technology of planning a movement of trains is very time consuming and its based on the automated development of regulatory train schedules taking into account many technical and technological parameters. At the same time the applied method of laying train tracks on the schedule does not take into account a difference in the energy costs of organizing a movement of different categories of trains with different schemes for passing them through the railway section. To solve the problem the authors developed intelligent approaches that improve energy efficiency and as a result the overall efficiency of the developed train schedule.

УДК 656.135

И. Г. ЛЕБЕДЬ, кандидат технических наук, Т. Г. АНУФРИЕВА, старший преподаватель, С. П. ТКАЧЕНКО, аспирант, Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК МЕЛКОПАРТИОННЫХ ГРУЗОВ

Проведен анализ научных методов организации перевозок грузов мелкими партиями. Отмечены преимущества и недостатки существующих методов. Установлено, что в последние годы основные направления исследований были сконцентрированы на решении задач маршрутизации перевозок, выбора автотранспортных средств для работы на маршрутах и формирования парка подвижного состава. Однако ни один из методов не обеспечивает получение оптимального решения, что дает основание говорить о необходимости дальнейших теоретических исследований для решения проблемы перевозок мелких партий грузов.

Важным фактором, определяющим эффективность функционирования транспортно-технологических систем, является величина партий отправок грузов. Она определяет условия накопления и хранения товаров в логистических системах распределения продукции, которые обслуживает автомобильный транспорт, а также выбор транспортных средств и форм организации перевозок.

Еще в 80-е годы прошлого столетия ученые прогнозировали, что с перевозками сборных партий отправок грузов будет связано использование около 75 % трудовых ресурсов водителей и общего количества автомобилей [1]. Этот прогноз частично подтверждают статистические данные о маршрутах движения автомобилей, выполняющих перевозки сборных отправок [2–4]. Поэтому разработка мероприятий, направленных на совершенствование перевозок сборных партий отправок имеет важное теоретическое и практическое значение.

Большой вклад в становление и развитие теории организации перевозок на автомобильном транспорте внесли Афанасьев Л. Л., Великанов Д. П., Воркут А. И., Беляев В. М., Панов С. А., Николин В. И., Мочалин С. М., Витвицкий Е. Е., Чеботаев А. А. и другие ученые [1, 5–14].

На основе обобщения работ предшественников и собственных исследований Воркут А. И. сформулировал теоретические основы перевозок сборных партий отправок. В учебнике [5] он предложил системы моделей интегрированных грузопотоков и управления процессами накопления грузов, исследовал эффективность совместной организации перевозочного процесса, предложил методы выбора автомобиля для перевозок на развозочно-сборочном маршруте по критериям себестоимости перевозок и расхода топлива, а также метод формирования рациональной структуры парка автомобильных транспортных средств, выполняющих перевозки на маятниковых маршрутах. Исследования Воркута А. И. основаны на теоретических положениях грузовых автомобильных перевозок, заложенных еще в 30-е годы прошлого столетия, которые базировались на классических формулах производительности автомобиля, описывающих течение транспортного процесса с позиций непрерывности, функционирования одного автомобиля в какой-то транспортной системе при известных значениях технико-эксплуатационных показателей. Несоответствие показателей работы транспорта, рассчитанных по данным моделям, и их фактических значений, составляющее 50 % и более, ограничивало их

применение на практике [9]. Все это не позволяло выявить причины несоответствий и реальные закономерности протекания транспортного процесса.

Представители научной школы Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета предложили с точки зрения процессов функционирования, управления и экономики рассматривать систему «автомобильный транспорт», как иерархически многоуровневую [10, 11]. Для разделения системы на классы были использованы общепринятые подходы к классификации: по уровням сложности и по сложности поведения (функционирования). В зависимости от таких признаков, как мощность осваиваемых грузопотоков, конфигурация транспортной схемы перевозок, количество пунктов погрузки и разгрузки, количество подвижного состава, закономерность влияния технико-эксплуатационных показателей на эффективность системы и работы автомобиля, необходимость определения порядка вхождения автомобиля в систему, было предложено применение различного математического аппарата для описания систем и решений задач управления процессами в соответствии с их иерархическим расположением [10, 11].

В работах [9, 11, 12] было доказано, что классическое представление о том, что количество транспортной продукции в тоннах и тонно-километров растет непрерывно по линейной зависимости и не соответствует действительности. На практике выработка транспортной продукции происходит в течение времени, пока автомобиль движется с грузом из пункта погрузки в пункт разгрузки. Количество же доставленного груза может быть определено только в пункте назначения после выполнения грузовой ездки, а в процессе движения, сколько бы времени груз не находился в пути, результат отсутствует. Поэтому невозможно получить одновременно продукцию в тоннах и тонно-километрах, так как транспортный процесс является циклическим процессом с дискретным состоянием, которое характеризуется количеством выполненных целых поездок за определенный промежуток времени. А это означает, что зависимости транспортной продукции не имеют непрерывного характера изменения и соответствуют разрывным линейным функциям.

Таким образом, утверждение о непрерывности транспортного процесса не соответствует реальной работе, выполняемой в системе автомобильных перевозок. Это является одной из причин, объясняющих, почему использование разработанной на этом положении

теории протекания транспортного процесса зачастую приводит к ошибочным решениям и результатам.

Повышению уровня решения транспортных задач способствовало создание системы экономико-математических моделей планирования и управления автомобильными перевозками [13].

Вопросы рационального формирования парка специализированных транспортных средств, которые являются важным элементом структуры транспортно-технологических систем, рассмотрены Чеботаевым А.А. в работе [14], где изложены основные принципы выбора и оценки эффективности использования универсальных и специализированных транспортных средств, эксплуатируемых в одинаковых условиях. При этом важное значение имеет масса партии отправки. На сегодня общепризнанной классификации партий отправки не существует [3]. Однако если масса груза в адрес одного получателя не превышает половину грузоподъемности автотранспортного средства, то такие перевозки необходимо отнести к мелкопартионным перевозкам.

За последние годы основные направления исследований по организации перевозок сборных отправок были сконцентрированы на решении задач маршрутизации перевозок, выбора автотранспортных средств для работы на маршрутах и формировании парка подвижного состава.

Большой вклад в разработку теории перевозок сборных партий грузов сделали Воркут А. И., Житков В. А., Панов С. А. и другие ученые [5, 12, 15–20]. В работах этих авторов изучены особенности функционирования отдельных объектов исследования, разработаны методики анализа эффективности использования автотранспорта, на основе которых предложены методы маршрутизации перевозки сборных партий грузов. При этом ученые отмечают, что выбор парка автомобилей для перевозок зависит от того, какие будут выбраны маршруты перевозок, а выбор маршрутов перевозок зависит от структуры парка автомобилей. В теоретических работах эти взаимосвязанные задачи рассматриваются отдельно друг от друга. Кроме того, их решение требует усовершенствования. В частности, в задаче формирования парка автомобилей не формализована процедура формирования сборной партии отправки и учета неравномерности грузопотоков в течение года, что при использовании среднесуточного распределения величины отправок будет вызывать или избыток или недостаток автомобилей. В задаче маршрутизации сборных отправок ни один из известных методов маршрутизации, кроме полного перебора всех возможных вариантов, не обеспечивает получение оптимального решения [21, 22]. Выполненные работы по совершенствованию методов маршрутизации свидетельствуют только о незначительном улучшении полученных решений и не гарантируют оптимального [4, 23–25] результата, который определяется адекватностью моделирования транспортной сети с учетом особенностей организации движения автомобилей. На практике решение задачи маршрутизации во многих случаях заключается в разбивке территории обслуживания на условные районы («фиксированная декомпозиция») и выдаче перечня клиентов водителю, который по своему усмотрению определяет порядок объезда клиентов внутри постоянного «условного» района [25].

Анализ литературных источников свидетельствует, что формирование маршрутов перевозок сборных отправок грузов определяется характеристиками грузовых и транспортных потоков, топологическими параметрами маршрутной сети, свойствами грузов, методами организации движения, географией перевозок и т.д. Поэтому учет всего множества вариантов организации перевозок мелких партий грузов в одной обобщенной модели – длительная, кропотливая и, возможно, бесперспективная для решения задача. Целесообразным является разработка и исследование моделей конкретных видов перевозок с целью установления присущих им закономерностей, и на этой основе решение целостной задачи формирования структуры парка автомобилей, ориентированной на рациональную маршрутизацию перевозок в условиях стохастической величины партий отправок.

В работе [5] автор доказывает, что структура парка автотранспортных средств в количественном выражении определяется суточным распределением величины партий отправок и среднесуточной выработкой автомобилей, то есть известными значениями технико-эксплуатационных показателей. В таком случае формирование парка происходит по принципу от достигнутого уровня транспортного процесса.

Другой подход к решению задачи формирования структуры парка автомобилей предложен в работе [26], где автор при выборе моделей грузовых автомобилей для обслуживания клиентуры предложил оценивать эффективность использования подвижного состава на основании функций принадлежности нечеткому множеству оптимальных автомобилей. Использование предложенных моделей позволяет учесть вероятностный характер параметров потока заявок и элементов транспортного процесса. Полученные результаты говорят о целесообразности использования при перевозках заданных партий грузов автомобилей ближайшей (большей) грузоподъемности.

Подобным по содержанию является метод, предложенный в работе [27]. Он предполагает получение решения на основе статистических испытаний, но, в отличие от предыдущего, учитывает приспособленность автомобиля к перевозкам конкретного груза.

Общим недостатком разработанных методов является принятое положение о непрерывности и монотонности изменения параметров транспортного процесса. Дискретное представление о протекании транспортного процесса при перевозке мелких отправок грузов автомобилями в городах приведено в исследовании [28], где автор отмечает, что задачу выбора рационального подвижного состава необходимо решать под предполагаемое время перевозки груза в интервале обслуживания.

В [29] рассматриваются задачи, в которых парк транспортных средств является однородным. На практике, как правило, транспортные предприятия имеют парк транспортных средств, состоящих из автомобилей различных марок, моделей, специализации.

Решению проблемы оценки приспособленности автомобиля для перевозки скоропортящихся грузов посвящена работа [30]. В этой работе автор указывает на непостоянство температурного режима в кузове автотранспортного средства и предлагает методику выбора автомобиля-рефрижератора, а также условий транспор-

тировки при перевозке скоропортящихся грузов на развозном маршруте.

Таким образом, решение проблемы перевозок мелких партий отправок требует дальнейших теоретических исследований.

Список литературы

- 1 Развитие автомобильных транспортных средств / под ред. Д. П. Великанова. – М. : Транспорт, 1984. – 120 с.
- 2 Модели и методы теории логистики / под ред. В. С. Лукинского. – СПб. : Питер, 2008. – 448 с.
- 3 **Никонов, В. М.** Логистические показатели мелкопартионных автомобильных перевозок / В. М. Никонов // Математические и инструментальные методы экономики. – 2011. – № 5. – С. 362–366.
- 4 **Никонов, В. М.** Оптимизация логистических показателей мелкопартионных перевозок на автомобильном транспорте: автореф. дис. ... канд. экон. наук / В. М. Никонов. – СПб., 2013. – 18 с.
- 5 **Воркут, А. И.** Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – 2-е изд. – К. : Вища школа, 1986. – 447 с.
- 6 **Беляев, В. М.** Терминальные системы перевозок грузов автомобильным транспортом / В. М. Беляев. – М. : Транспорт, 1987. – 287 с.
- 7 **Афанасьев, Л. Л.** Единая транспортная система и автомобильные перевозки / Л. Л. Афанасьев, Н. Б. Островский, Н. Б. Цукерберг. – М. : Транспорт, 1984. – 333 с.
- 8 **Житков, В. А.** Методы оперативного планирования грузовых перевозок / В. А. Житков, К. В. Ким. – М. : Транспорт, 1984. – 218 с.
- 9 **Мочалин, С. М.** Развитие теории грузовых автомобильных перевозок по радиальным маршрутам : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.10 / С. М. Мочалин. – Тюмень, 2004. – 35 с.
- 10 **Николин, В. И.** Грузовые автомобильные перевозки : [моногр.] / В. И. Николин, Е. Е. Витвицкий, С. М. Мочалин. – Омск : Изд-во «Вариант-Сибирь», 2004. – 480 с.
- 11 **Николин, В. И.** Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов / В. И. Николин. – М. : Транспорт, 1990. – 191 с.
- 12 **Витвицкий, Е. Е.** Научные основы совершенствования теории мелкопартионных грузов автомобильных перевозок : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Е. Е. Витвицкий. – Тюмень, 2006. – 36 с.
- 13 **Панов, С. А.** Управление грузовыми автомобильными перевозками / Основы анализа / С. А. Панов, А. М. Поляк, Ю. Н. Поносов. – М. : Транспорт, 1979. – 127 с.
- 14 **Чеботаев, А. А.** Специализированные автотранспортные средства: выбор и эффективность применения / А. А. Чеботаев. – М. : Транспорт, 1988. – 159 с.
- 15 **Витвицкий, Е. Е.** Теория транспортных процессов и систем (Грузовые автомобильные перевозки) : учеб. / Е. Е. Витвицкий. – Омск : СибАДИ, 2014. – 216 с.
- 16 **Житков, В. А.** Планирование автомобильных перевозок грузов мелкими партиями / В. А. Житков. – М. : Транспорт, 1976. – 112 с.
- 17 **Панов, С. А.** Модели маршрутизации на автомобильном транспорте / С. А. Панов. – М. : Транспорт, 1974. – 152 с.
- 18 Грузовые автомобильные перевозки / А. В. Вельможин, [и др.]. – М. : Горячая линия Телеком, 2006. – 560 с.
- 19 **Горев, А. Э.** Грузовые автомобильные перевозки / А. Э. Горев. – М. : Академия, 2004. – 286 с.
- 20 **Геронимус, Б. Л.** Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте / Б. Л. Геронимус. – М. : Транспорт, 1988 – 191с.
- 21 **Прокофьева, О. С.** Оценка эффективности маршрутизации перевозок грузов в транспортных системах городов (Российский опыт). / О. С. Прокофьева // Автотранспорт и перевозки. – 2004. – № 20. – С. 36–37.
- 22 **Лебідь, Є. М.** Ефективність маршрутизації перевезень об'єднаних партій вантажів у найбільших містах / Є. М. Лебідь, О. Я. Коцюк // Вісник НТУ. – К. : НТУ, 2006. – Вип. 11. – С. 322–324.
- 23 **Филиппов, Д. В.** Управление и оптимизация процесса формирования маршрутов поставок потребительских товаров в распределительных центрах : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Д. В. Филиппов. – М., 2012. – 23 с.
- 24 **Подшивалова, К. С.** Повышение эффективности перевозок мелкопартионных грузов автомобильным транспортом : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / К. С. Подшивалова. – Волгоград, 2007. – 15 с.
- 25 **Шаповал, Д. В.** Совершенствование оперативного планирования перевозок мелкопартионных грузов автомобилями на радиальных маршрутах в городах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Д. В. Шаповал. – Омск, 2012. – 19 с.
- 26 **Наумов, В. С.** Формування раціональної структури автотранспорту в умовах випадкових характеристик потоку замовлень на перевезення вантажів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / В. С. Наумов. – Харків, 2006. – 22 с.
- 27 **Ромашко, М. В.** Совершенствование структуры парка автомобилей / М. В. Ромашко // Логистика. Бюллетень транспортной информации и информационно-практический журнал. – 2002. – № 7 (85). – С. 22–27.
- 28 **Миргородский, М. А.** Повышение эффективности перевозок грузов мелкими отправлениями : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / М. А. Миргородский. – Орел, 2010. – 16 с.
- 29 **Васянин, В. А.** Задачи построения доставочных и сборочных маршрутов перевозки мелкопартионных грузов во внутренних зонах иерархической автотранспортной сети / В. А. Васянин, Л. П. Ушакова // Математичне моделювання в економіці. – 2016. – № 3–4. – С.102–131.
- 30 **Сидоров, С. А.** Приспособленность автомобилей-рефрижераторов к перевозке скоропортящихся грузов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / С. А. Сидоров. – Тюмень, 2011. – 22 с.

Получено 02.04.2019

I. H. Lebid, T. G. Anufriyeva, S. P. Tkachenko. Study of the methods of organizing the transportation of small batches of cargoes.

The article analyses the scientific methods of organizing the transportation of goods in small batches. The advantages and disadvantages of the existing methods are noted. It has been established that in recent years, the main areas of research have been focused on solving problems of transportation routing, choosing vehicles for working on routes and forming a rolling stock fleet. However, none of the methods provides an optimal solution, which suggests that the solution of the problem of transportation of small batches of cargo requires further theoretical studies.

УДК 656.22.004

А. А. АКСЕНЧИКОВ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ЗНАЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОДСИСТЕМ СТАНЦИИ ПЕРЕДАЧИ ВАГОНОВ В ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Приведены режимы приема и сдачи вагонов и операции, выполняемые участниками перевозочного процесса. Систематизированы требования при передаче вагонов железнодорожным администрациям сопредельных государств для технологических каналов. Показано значение структуры, функционального взаимодействия подсистем станции передачи вагонов и технологических каналов для организации эксплуатационной работы.

В настоящее время разные страны (Россия, Китай, страны ЕС) реализовывают глобальные проекты для экспортирования своих товаров. Многие разработанные логистические направления проходят через Республику Беларусь с использованием железнодорожного транспорта. В этих логистических цепочках станция передачи вагонов (СПВ) [1] играет немаловажную роль, где производятся приемо-сдаточные операции, которые вызывают дополнительные технологические действия работников и необходимость присутствия контролирующих органов, что влечет за собой увеличения времени обработки поезда. Если на СПВ происходит слияние различной ширины колеи (1520 мм с 1435 мм), то технологическое время подготовки к передаче вагонов и груза ещё больше увеличивается. Помимо этого, на СПВ происходит взаимодействие различных участников перевозочного процесса, которые выполняют свои задачи по контролю и обслуживанию поездов, следующих в международном сообщении. Это характеризует СПВ как сложную транспортную систему, требующую комплексной технологии работы и ритмичного взаимодействия всех участников перевозочного процесса.

На Белорусской железной дороге ряд железнодорожных станций различных категорий (сортировочные – Орша-Центральная, Молодечно, Брест-Восточный, Гомель, Витебск; участковые – Лида, Лунинец, Калинковичи, Полоцк; грузовая – Брест-Северный) выполняют функции по передаче вагонов, следующих в поездах международного сообщения, железнодорожным администрациям сопредельных государств (рисунок 1).

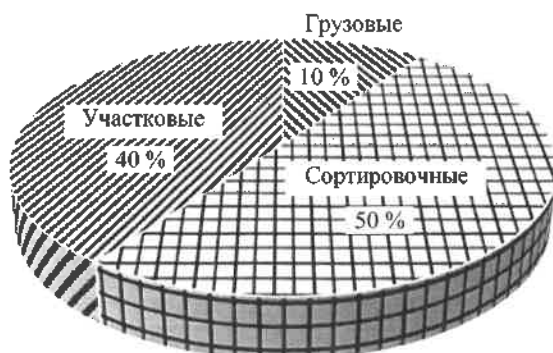


Рисунок 1 – Диаграмма соотношения железнодорожных станций по категориям, выполняющих функции СПВ

Нагрузка на СПВ зависит от объема перевозок, на которые могут влиять такие факторы, как место распо-

ложения СПВ, экономические связи с сопредельными государствами, наличия транзитных грузо- и поездопотоков через Республику Беларусь и др.

Среднесуточная нагрузка на различные СПВ составляет от 8 до 60 поездов в сутки, а поездов, следующих в международном железнодорожном сообщении, – от 2 до 16. Если сравнивать категории поездов, следующих во внутриреспубликанском и международном сообщениях, то процентное соотношение поездов, следующих в международном сообщении, с общим, меняется от 6,6 до 75,6 % (рисунок 2).

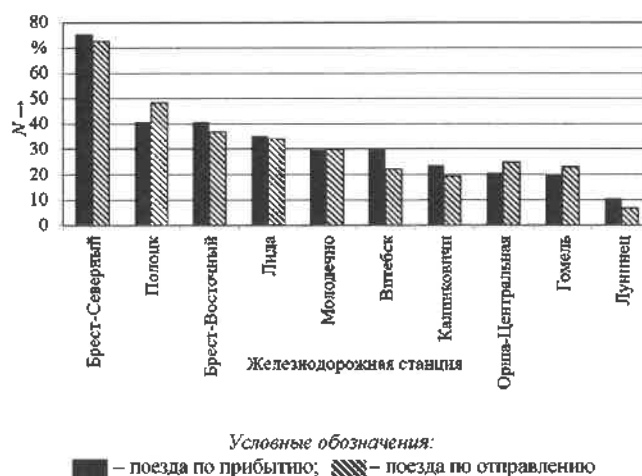


Рисунок 2 – Диаграмма процентного соотношения поездов, следующих в международном сообщении к общему

Так, наибольшее среднесуточное количество поездов приходится на железнодорожную станцию Орша-Центральная – чуть более 60 пар поездов (по прибытию и отправлению), из них следующих в международном сообщении – только 12,4 (20,5 % к общему) поезда по прибытию и 14,9 (24,8 %) – по отправлению. Наименьшее среднесуточное количество поездов приходится на железнодорожную станцию Брест-Северный (около 8 пар поездов), из них следующих в международном сообщении – 5,9 (75,6 %) поездов по прибытию и 5,6 (72,7 %) – по отправлению.

Трудозатраты по обработке поездов, следующих в международном сообщении, намного больше, чем во внутриреспубликанском, поэтому эксплуатационную нагрузку на СПВ необходимо рассматривать с учетом категорий поездов.

Перевозка груза в прямом международном железнодорожном сообщении осуществляется на основе дей-

ствующих в настоящее время документов по Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС).

Передача (прием и сдача) вагонов в международном железнодорожном сообщении между государствами – участниками Содружества Независимых Государств, Латвийской, Литовской и Эстонской Республики в настоящее время осуществляется отдельно на СПВ сопредельных железнодорожных администраций по каждому направлению передачи вагонов и контейнеров в техническом, коммерческом и таможенном отношениях и оформление документов, а пограничный контроль – на станциях, являющихся пограничными пунктами.

С Польскими железными дорогами передача вагонов осуществляется агентами дороги сдачи по пограничным пунктам дороги приема в полном объеме выполняемых приемо-сдаточных операций.

Технология работы СПВ определяется двусторонними соглашениями между Белорусской железной дорогой и железнодорожными администрациями сопредельных государств. В технологии учитываются нормативные документы, принятые на заседаниях государств – участников Содружества железных дорог.

Производственная деятельность на СПВ подразделений других ведомств: пограничных войск, таможенной инспекции, ветеринарной, карантинной и фитосанитарной инспекций и других – устанавливается на основе технических нормативных правовых актов (ТНПА) Республики Беларусь.

Режимы приема и сдачи вагонов на СПВ определяются правовым содержанием пограничных операций – от выполнения полного объема операций таможенного и пограничного контроля и процедур передачи вагонов (Украина, Литва, Латвия и Польша) до отсутствия пограничных и таможенных операций (Россия).

В зависимости от характера распределения работы по приему-сдаче вагонов и грузов в составах поездов возможно существование двух принципиально разных вариантов передаточной работы на СПВ:

– 1-й – *совместная работа бригад* сдающей и принимающей сторон на одной СПВ, выполнение приемо-сдаточных операций агентами по приемке грузов дороги с АО «Польские государственные железные дороги» (ПКП ПЛК);

– 2-й – *раздельная работа бригад* на двух СПВ (сдающей стороны и принимающей).

На Белорусской железной дороге реализуются различные режимы приема и сдачи вагонов на СПВ:

1) выполнение операций пограничного и таможенного контроля в полном объеме, выполнение приемо-сдаточных операций агентами взаимодействующих железных дорог на двух железнодорожных станциях – сдающей и принимающей стороны (режим реализуется между ГО «Белорусская железная дорога» и Украинскими железными дорогами, АО «Литовские железные дороги», ГАО «Латвияс дзелзцельш» («Латвийская железная дорога») и АО «Польские государственные железные дороги»);

2) выполнение только приемо-сдаточных операций агентами взаимодействующих железных дорог на двух железнодорожных станциях – сдающей и принимающей стороны (режим реализуется между ГО «Белорусская

железная дорога» (БЧ) и ОАО «Российские железные дороги»).

Первый режим обеспечивается наличием на железнодорожных станциях передачи вагонов с обеих сторон непосредственно на границах между БЧ и ПКП ПЛК. Остальные СПВ располагаются на некоторых расстояниях от государственной границы, что вызывает необходимость решения вопросов сохранности принятых грузов и обеспечения технического состояния принятого подвижного состава.

Каждый из режимов характеризуется различным временем продолжительности выполнения технологических операций и, следовательно, накладывает ограничения на пропускную и перерабатывающую способность СПВ.

Республика Беларусь входит в Евразийский экономический союз (ЕАЭС), по соглашению которого страны, входящие в его на внешней границе, выполняют контроль и обслуживание поездов, следующих в международном сообщении на(из) территорию ЕАЭС.

Так как Республика Беларусь находится на внешней границе ЕАЭС, то функции при приемо-сдаточных операциях с поездами, следующими в международном сообщении, выполняются на 80 % СПВ в полном объеме. И только на 20 % СПВ, граничащих с железнодорожными администрациями России, выполняются в упрощенном варианте.

При прибытии поезда на территорию Республики Беларусь из государств, не входящих в ЕАЭС, осуществляются следующие виды контроля на СПВ:

- пограничный;
- санитарно-карантинный;
- ветеринарный;
- фитосанитарный;
- контроль приемо-сдаточных операций, контроль в области обеспечения безопасности движения;
- таможенный.

При этом санитарно-карантинный, ветеринарный и фитосанитарный контроль проводится только тех товаров, в отношении которых такой контроль предусмотрен законодательством Республики Беларусь.

При отправлении поезда за пределы территории Республики Беларусь, в государства, не входящие в ЕАЭС, контроль на СПВ осуществляются в следующей последовательности:

- контроль приемо-сдаточных операций, контроль в области обеспечения безопасности движения;
- ветеринарный;
- таможенный;
- пограничный.

На СПВ различные участники перевозочного процесса, выполняя свои задачи, осуществляют:

- 1 Подразделения органов пограничной службы:
 - пограничный контроль лиц и транспортных средств, пропускаемых через Государственную границу Республики Беларусь;
 - поддержание и контроль режима в пункте пропуска;
 - контроль над наличием полисов обязательного медицинского страхования иностранных граждан и лиц без гражданства, временно пребывающих или временно проживающих в Республике Беларусь;
 - контроль за наличием договоров обязательного страхования гражданской ответственности владельцев транспортных средств.

2 Структурные подразделения таможенной таможенное оформление и таможенный контроль товаров и транспортных средств, пропускаемых через Государственную границу Республики Беларусь, в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

3 Учреждения Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь:

– государственное учреждение «Белорусское управление государственного ветеринарного надзора на государственной границе и транспорте» – ветеринарный контроль товаров, подконтрольных государственному ветеринарному надзору, при ввозе, вывозе и транзите их через территорию Республики Беларусь;

– государственное учреждение «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений» – фитосанитарный контроль и карантинную экспертизу товаров, подконтрольных государственному фитосанитарному контролю, при ввозе и транзите таких товаров.

4 Государственное объединение «Белорусская железная дорога»:

– контроль приемо-сдаточных операций, контроль в области обеспечения безопасности движения на СПВ;

– операции по приему (передаче) вагонов (контейнеров) на СПВ;

– медико-санитарный досмотр санитарно-эпидемиологическими учреждениями Белорусской железной дороги прибывающих и убывающих за границу транспортных средств, членов бригад, пассажиров, а при необходимости – контейнеров и потенциально опасных товаров [2].

При обработке поездов и перевозочных документов технологические каналы (бригады ПТО, ПКО, работники СТС, государственного ветеринарного надзора, санитарно-карантинного и фитосанитарного контроля, сотрудники органов пограничной службы и должност-

ные лица таможни) используют бумажные и информационные технологии.

Каждый технологический канал, выполняя свои функции на СПВ, должен руководствоваться требованиями ТНПА при контроле и обслуживании поезда и перевозочных документов. Систематизированные требования при передаче вагонов железнодорожным администрациям сопредельных государств приведены на рисунке 3.

На СПВ в международном сообщении обслуживаются транспортные потоки (поезда, локомотивы, вагоны), структура и объекты которых изменяются во времени и влияют на состояние технологических систем (железнодорожных станций) и подсистем (парков и технологических каналов в них). Увеличение транспортного потока, в какой-то промежуток времени может приводить к увеличению нагрузки и задержкам в работе одних подсистем, которые вызывают соответствующие изменения в работе других подсистем.

Для определения взаимосвязи подсистем и каналов, участвующих в обслуживании поезда, необходимо разложить на основные операции, выполняемые с поездом.

По прибытии поезда на СПВ с ним выполняются последовательно (параллельно-последовательно) операции по прибытию (парки приема, приемо-отправочный и транзитный), расформированию (сортировочная горка), накоплению на путях сортировочного парка, окончании формирования накопленных составов поездов (сортировочный парк, вытяжные пути) и по отправлению (парки отправления, приемо-отправочный и транзитный). Функционирование СПВ можно представить в виде графа, состоящего из последовательных (параллельно-последовательных) подсистем массового обслуживания.

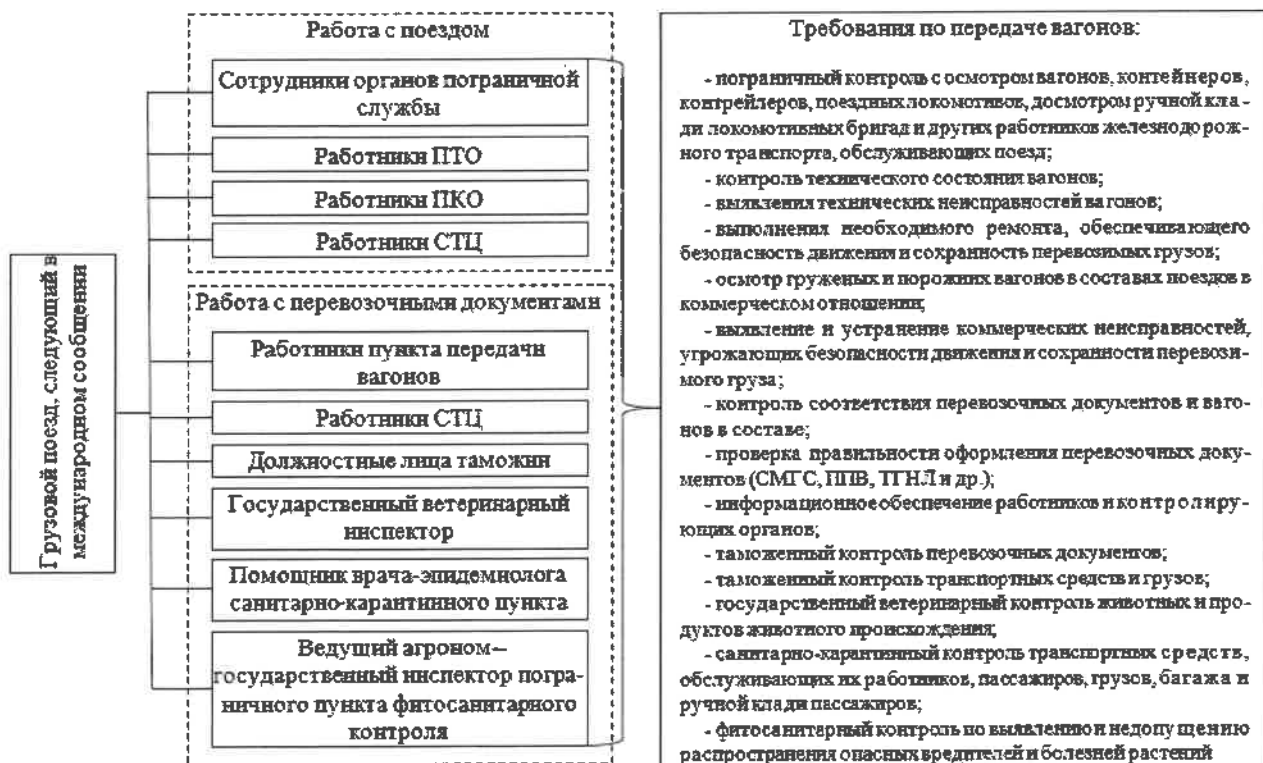


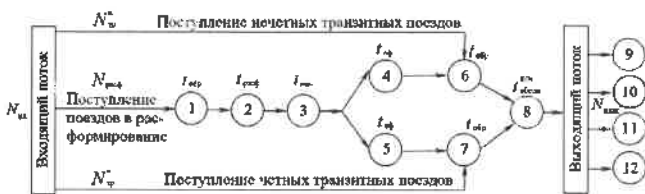
Рисунок 3 – Системные требования по передаче вагонов

Некоторые из перечисленных операций могут выполняться параллельно (обработка поезда на приемо-отправочных путях по прибытию (отправлению) технологическим каналом, состоящим из двух и более бригад, каждая бригада может обрабатывать только четные или нечетные поезда; работа на вытяжных путях двух и более маневровых локомотивов, каждый из которых формирует составы поездов на определенной группе сортировочных путей).

На СПВ обрабатываются также и транзитные поезда. Если же приемо-отправочные пути используются и для транзитных поездов, и для поездов своего формирования, то их обрабатывают одни и те же технологические каналы (бригады ПТО, ПКО, работники СТЦ, сотрудники органов пограничной службы и должностные лица таможи), составляющие одну подсистему обработки по прибытию (отправлению). Если на СПВ имеется специализированный парк для транзитных поездов, обрабатываемых отдельными технологическими каналами, то появляется дополнительная подсистема обслуживания. Таким образом, кроме ряда последовательных подсистем массового обслуживания, граф подсистем в зависимости от схемы СПВ и принятой технологии ее работы может включать и ряд параллельных подсистем обслуживания. Конфигурация графа и состав его подсистем должны рассматриваться применительно к конкретным схемам СПВ с учетом особенностей их работы.

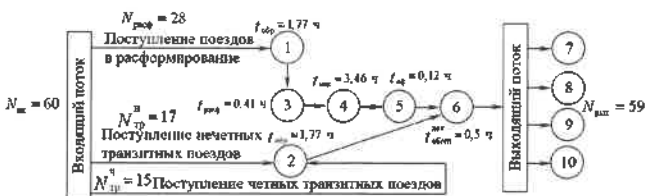
На основе исследования технологии работы и инфраструктуры станций передачи вагонов Белорусской железной дороги разработана типовая схема графа СПВ обслуживания транспортного потока, который может состоять из 12 (или меньше) последовательно и параллельно действующих подсистем (рисунок 4) [2].

В соответствии с типовой схемой графа подсистем массового обслуживания построена схема графа подсистем обслуживания поездов односторонней СПВ Молодечно (рисунок 5).



Условные обозначения: 1 – пути приема; 2 – сортировочная горка; 3 – сортировочный парк; 4, 5 – вытяжные пути; 6, 7 – приемо-отправочные пути; 8 – подсистема обеспечения локомотивами; 9–12 – прилегающие железнодорожные участки

Рисунок 4 – Типовая схема графа подсистем массового обслуживания



Условные обозначения: 1 – приемо-отправочные пути парка А; 2 – транзитный парк Б; 3 – сортировочная горка; 4 – пути сортировочно-отправочного парка А; 5 – вытяжной путь; 6 – подсистема обеспечения локомотивами; 7–10 – прилегающие железнодорожные участки

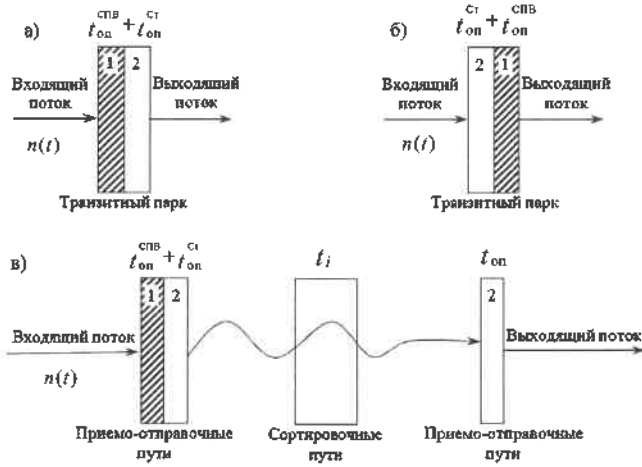
Рисунок 5 – Схема графа подсистем СПВ Молодечно

На основании исследований установлено, что СПВ представляет собой совокупность взаимозависимых подсистем массового обслуживания, в которой выходящий поток из одной подсистемы является входящим потоком для следующей подсистемы. Например, выходящий поток составов поездов после обработки технологическими каналами в парке приема является входящим потоком для подсистемы расформирования. Если технические параметры или технология работы какой-либо подсистемы меняются, то это оказывает влияние и на работу других подсистем. Так, если в технологический канал ПТО, состоящий из одной бригады, обрабатывающий состав поездов, поступающий в расформирование, добавить вторую бригаду, то время обработки состава уменьшится. Это повлияет на выходящий из подсистемы поток поездов (он ускорится), который является входящим потоком для подсистемы расформирования.

В работе СПВ существует постоянная взаимосвязь технологических каналов (бригады ПТО, ПКО, работники СТЦ, сотрудники органов пограничной службы и должностные лица таможи) в подсистемах станции. Технологические процессы каналов не всегда согласованы, что приводит к задержкам обработки вагонов и составов. Например, время обработки состава технологическими каналами (бригады ПТО, ПКО, работники СТЦ, сотрудники органов пограничной службы и должностные лица таможи) может не соответствовать интенсивности поступления поездов в переработку, вследствие чего возникает межоперационный простой в ожидании обработки по прибытию. Состав может быть подготовлен к роспуску и простаивать в его ожидании, если на сортировочной горке не закончено расформирование состава. Подобные межоперационные простои возможны практически перед выполнением любой технологической операции.

С технологической точки зрения необходимо стремиться к уменьшению или ликвидации межоперационных простоев, однако экономически это не всегда оправданно, поскольку требует значительных материальных и финансовых затрат. Поэтому за оптимальную величину простоя вагонов должна быть принята величина, соответствующая оптимальному варианту технологии и технического оснащения СПВ, т.е. $t_{опт} = \{t_i\}$, при котором комплексный критерий эффективности, принятый для сравнения вариантов, имеет минимальную величину.

В подсистемах СПВ с поездами, следующими в международном сообщении, выполняются приемо-сдаточные операции, присущие только СПВ (первая категория операций), и операции, выполняющиеся на технических железнодорожных станциях (вторая категория операций). Так, принимая транзитный поезд от железнодорожной администрации сопредельного государства, технологические каналы выполняют приемо-сдаточные операции с ним, после этих операций с поездом могут выполняться операции по изменению веса и (или) длины состава, смена локомотива и (или) локомотивной бригады (рисунок 6, а). Перед сдачей транзитного поезда железнодорожной администрации сопредельного государства с ним могут выполняться операции по изменению веса и (или) длины состава, смена локомотива и (или) локомотивной бригады, после которых производятся приемо-сдаточные операции (рисунок 6, б).



Условные обозначения:

1 – операции выполняющиеся на СПВ; 2 – операции, выполняющиеся на технических железнодорожных станциях; транзитные поезда без переработки или с частичной переработкой: а – прибывающие из-за границы, б – отправляющиеся за границу; в – транзитные поезда с переработкой

Рисунок 6 – Схема обработки поездов, следующих в международном сообщении, технологическими каналами в подсистемах СПВ

По прибытии на СПВ транзитного поезда с переработкой, следующего в международном сообщении, после выполнения приемо-сдаточных операций на приемо-отправочных путях с поездом выполняются все те же операции, что и с поездом внутриреспубликанского сообщения (подготовка к расформированию, расформирование, накопление, окончание формирования и др.) (рисунок 6, в).

С международным поездом своего формирования до приемо-сдаточных операций в парке отправления выполняются такие же операции, что и с поездом внутриреспубликанского сообщения.

В результате исследования технологии обработки поездов на СПВ Орша-Центральная, Молодечно, Брест-Восточный, Гомель, Витебск, Лида, Лунинец, Калинковичи, Полоцк, Брест-Северный установлено количество технологических каналов, участвующих в обработке поездов международного сообщения, и среднее время, затрачиваемое на обслуживание грузового поезда. На основании этих исследований можно выделить два режима работы СПВ со станциями железнодорожных администраций, входящих в ЕАЭС, ЕС и СНГ (рисунок 7).

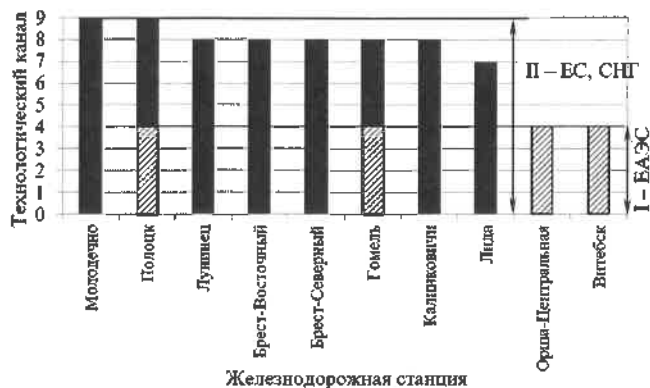


Рисунок 7 – Диаграмма количества технологических каналов на СПВ

Установлено, что количество технологических каналов участвующих в обработке поездов международного сообщения, составляет $\min = 4$, $\max = 9$. Исследовав зависимость времени обработки поездов от количества технологических каналов на СПВ (рисунок 8), выявлено, что на продолжительность обработки влияет род и назначение груза, род подвижного состава, в котором транспортируется груз. Чем больше технологических каналов задействовано в обработке поезда, тем дольше он обрабатывается. Хотя есть исключения, как по СПВ Полоцк: при 9 технологических каналах среднее время обработки международного поезда составляет 150 минут.



Рисунок 8 – Диаграмма зависимости времени обработки поездов от количества технологических каналов на СПВ

На время обработки поезда влияет также то, что только на 30 % СПВ производится пограничный контроль. На 50 % СПВ пограничный контроль отсутствует, он производится до прибытия поезда на первой железнодорожной станции (или специально оборудованных пунктах пропуска), которая расположена после Государственной границы. На 20 % СПВ пограничный и таможенный контроль не производится в связи с отправлением (прибытием) поездов в (из) Российскую Федерацию.

При обработке транспортного потока (грузовых поездов) можно выделить два вида технологических операций: технический контроль подвижного состава и груза и информационный контроль (перевозочные документы на бумажном носителе и в электронном виде). Обработка грузового поезда в техническом отношении осуществляется технологическими каналами работников ПТО, ПКО, пограничного и таможенного контроля. Обработка грузового поезда в информационном отношении (перевозочные документы) производится технологическими каналами СПЦ, пункта передачи вагонов, таможенного, ветеринарного и фитосанитарного контроля.

Работа технологических каналов характеризуется временными параметрами, от которых зависит производительность работы подсистемы и в конечном итоге СПВ.

Обработка грузового поезда, прибывающего из-за границы, осуществляется сперва технологическим каналом пограничного контроля (по прибытию), затем параллельно всеми остальными технологическими каналами, а обработка перевозочных документов произ-

ходит последовательно каждым технологическим каналом (пока комплект перевозочных документов на поезд полностью не обработается одним каналом, другому они не передаются или передаются частично (эпизодически используется на железнодорожной станции Лида), за исключением технологического канала ветеринарного контроля, который обрабатывает перевозочные документы параллельно с технологическим каналом пункта передачи вагонов).

На основании наблюдений и исследований временных параметров обработки поездов технологическими каналами установлено распределение времен обработки поезда технологическими каналами к общему времени, которое представлено на рисунке 9 для СПВ Молодечно. Анализ временных трудозатрат, выполняющих операции технологическими каналами на обработку транспортного потока и перевозочных документов, показывает, что технологическими каналами с наибольшими временами обработки поезда являются пункт передачи вагонов (от 43 до 115 мин) и таможенный контроль (от 50 до 200 мин).

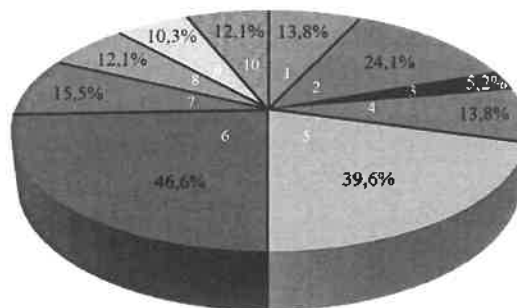
В зависимости от режима работы СПВ (I или II) со станциями железнодорожных администраций сопредельных государств изменяется количество технологических каналов и время, затрачиваемое на обслуживание поезда.

Таким образом, можно сказать, что своевременное и качественное выполнение СПВ своих функций зависит также от структуры и взаимосвязи подсистем станции и технологических каналов, обслуживающих поезда в них, и это влияет на организацию эксплуатационной работы СПВ.

Получено 20.12.2018

A. A. Aksyonchikov. Value of structure and functional interaction of subsystems of station of transfer of cars in the organization of operational work.

Modes of acceptance and delivery of cars and the operations performed by participants of transportation process are given. The requirements for the transfer of wagons to the railway administrations of neighboring States for technological channels are systematized. The value of structure, functional interaction of subsystems of station of transfer of cars and technological channels for the organization of operational work is shown.



Условные обозначения:

1 – ПТО; 2 – ПКО; 3 – СТЦ, работа с поездом; 4 – СТЦ, работа с документами; 5 – пункт передачи вагонов; 6 – таможенный контроль; 7 – пограничный контроль; 8 – ветеринарный контроль; 9 – карантинный контроль; 10 – фито-санитарный контроль

Рисунок 9 – Диаграмма процентного соотношения времен обработки технологическими каналами грузового поезда к общему времени на СПВ Молодечно

Все это необходимо учитывать при расчете нормативов времени обработки поездов, следующих в международном сообщении, а также при разработке нормативных документов как локального характера, так и республиканского и международного уровней.

Список литературы

- 1 Положение о железнодорожной станции : [утв. приказом начальника Белорусской железной дороги от 29.06.2017 № 200Н]. – Минск, 2017. – 36 с.
- 2 Аксёничков, А. А. Структура и взаимосвязь подсистем, участвующих в обслуживании транспортного потока на станциях передачи вагонов / А. А. Аксёничков // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2017. – № 1(34). – С. 72–77.

ТЕХНОЛОГИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МЕСТНОЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКОВ И УЗЛОВ

Представлены положения новой технологии оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов, основанной на применении динамической модели перевозочного процесса, позволяющей с высокой достоверностью планировать образование местных поездов, устанавливать показатели местной работы, определять требуемые производственные ресурсы для достижения намеченных показателей и предоставлять необходимые сведения в вышестоящие системы управления, осуществляющие оперативное планирование перевозочного процесса на сетевом уровне. Изложена процедура оперативного планирования местной работы, позволяющая реализовывать ее на практике в рамках устоявшихся технологических процессов для различных видов оперативных планов и периодов планирования.

Развитие цифровых технологий на железнодорожном транспорте неразрывно связано с автоматизацией и интеллектуализацией процессов планирования эксплуатационной работы, включая оперативное планирование местной работы железнодорожных участков и узлов как составной части.

Для достижения нового уровня решения задач оперативного планирования разработана динамическая модель перевозочного процесса с обоснованной структурой и параметрами. Это обеспечивает более качественное выполнение оперативного планирования местной работы, заключающегося в использовании адаптивной схемы для технологических цепей продвижения вагонов в режиме реального времени [1, 2].

Разработанная динамическая модель позволяет применить принципиально новый подход в оперативном планировании местной работы. В ней идентифицированы, классифицированы и представлены в формализованном виде инфраструктурные и динамические объекты железнодорожного транспорта, которые позволяют пооперационно моделировать обслуживание транспортного потока в реальном масштабе времени. Это обеспечивает получение более детальных и точных результатов оперативного планирования местной работы на объектах управления. Динамическая модель, включающая технологические модели пооперационного выполнения местной работы, позволяет алгоритмизировать задачи оперативного планирования, решаемые в реальном масштабе времени. Она является основой развития информационно-аналитических систем и обеспечивает повышение качества получаемых решений в процессе оперативного планирования.

Для непосредственного проведения процесса оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов разработана новая методика [3]. Она позволяет выполнять оперативное планирование местной работы, одновременно учитывая, в отличие от существующих методик: а) фактическое техническое и технологическое состояние объектов управления в режиме реального времени; б) стохастические составляющие процесса планирования, содержащиеся в исходных данных и во внешних воздействиях, учитываемые за счет поправок в алгоритмах применяемой прогнозной модели.

Применение предложенной методики позволяет впервые идентифицировать и обеспечить численную

оценку возникающих в местной работе железных дорог технологических рисков. В методике обоснованы и предложены подходы к их устранению за счет применения регулировочных мер, связанных с оперативной корректировкой расписания выполнения технических и технологических операций в процессе управления местными вагонопотоками, организации движения местных поездов и в маневровой работе на железнодорожных станциях.

Оперативное планирование местной работы железнодорожных участков и узлов осуществляется в процессе оперативного планирования поездной и грузовой работы железной дороги. Оперативное планирование местной работы железнодорожных участков и узлов включает в себя:

- суточное планирование местной работы, устанавливающее нормы показателей на предстоящие сутки. Суточный план местной работы является документом, определяющим на плановые сутки способ организации местной работы в рамках вариантов, предусмотренных адаптивной технологией перевозочного процесса;

- сменное планирование местной работы, устанавливающее задания для подразделений железной дороги на 12-часовые периоды работы дорожных диспетчерских смен;

- текущее планирование местной работы, направленное на уточнение и (или) детализацию показателей суточного плана, в зависимости от сложившейся обстановки.

Сменно-суточные и текущие планы грузовой работы уточняют основные показатели суточного плана, с учетом выполнения работы по 4-часовым периодам.

Организационно-исполнительная структура разработки и реализации оперативных планов местной работы включает три уровня управления перевозочным процессом:

- уровень дороги – Центр управления перевозками службы перевозок (ЦУП);

- уровень отделения дороги – Центр управления местной работой отдела перевозок (ЦУМР);

- уровень станции – начальник станции и его заместители, диспетчерский аппарат станций, подразделения городских товарных станций, механизированные дистанции погрузочно-разгрузочных работ и др.

Оперативный план местной работы железнодорожного участка (узла) является документированной системой установленных нормативов и управленческих решений, направленных на комплексную и качественную реализа-

цию плана железнодорожных перевозок в составе оперативных планов поездной и грузовой работы железной дороги и отделения железной дороги. Его расчетные показатели (задания) взаимосвязаны с нормами и требованиями плана формирования поездов, графика движения поездов, технического плана эксплуатационной работы [4].

Оперативное планирование местной работы железнодорожных участков и узлов на основе предлагаемой динамической модели является частью общего процесса оперативного управления (рисунок 1) и, с учетом разработанной методики, осуществляется поэтапным выполнением процедур:

А. Прогнозирование перевозочного процесса с использованием динамической модели:

- сбор исходных данных;
- моделирование перевозочного процесса в периоде планирования.

Б. Установление нормативов перевозочного процесса:

- установление и оценка предварительных показателей плана, разработка регулировочных мероприятий и порядка ресурсообеспечения плана;
- согласование, утверждение и доведение плана до исполнителей.

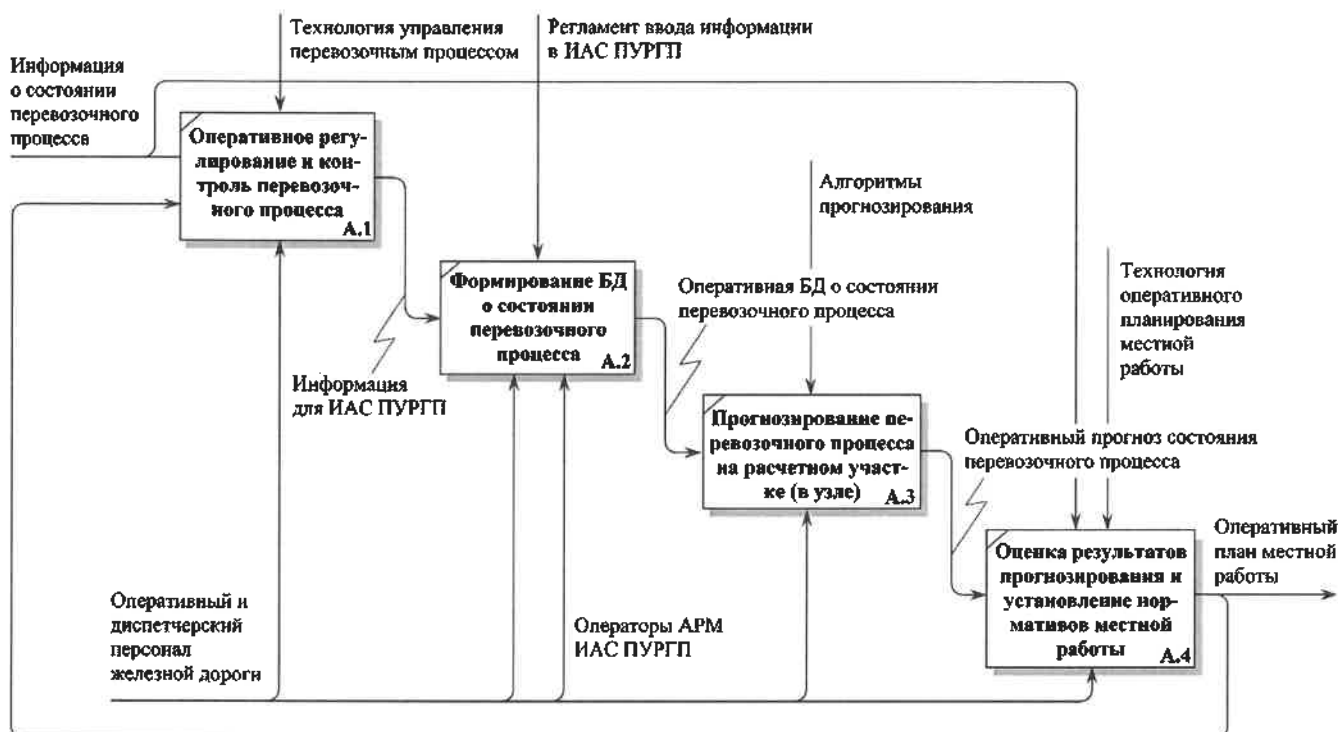


Рисунок 1 – Технология оперативного управления на основе плана местной работы

Каждый этап включает ответственные процессы планирования, которые позволяют последовательно решить задачу составления оперативного плана местной работы [3].

Этап 1. Сбор исходных данных. Процедура содержит два процесса:

- обновление и концентрация сведений динамической модели, представляющих собой информацию о текущей дислокации и технологическом состоянии вагонного парка, локомотивного парка, объектов технологического обеспечения в зоне информации, а также данные для расчетного участка (узла) о заявках на перевозку грузов в периоде планирования;

- сбор дополнительных сведений, включающих административные и конвенционные ограничения и запрещения, диспетчерские распоряжения и специальные задания, сведения о финансовом состоянии клиентов и исполнении ими соответствующих обязательств.

Этап 2. Моделирование перевозочного процесса на плановый период и оценка предварительных показателей плана. В рамках процедуры последовательно реализуются следующие процессы:

- верификация исходных данных путем их экспертной оценки и логического контроля;

- прогнозирование перевозочного процесса с использованием динамической модели на расчетном полигоне;

- верификация результатов прогнозирования путем их логического контроля, экспертной оценки и, при необходимости, выполнение повторного автоматизированного прогнозирования перевозочного процесса с использованием динамической модели на расчетном полигоне.

Этап 3. Оценка предварительно установленных показателей плана, разработка регулировочных мероприятий и порядка ресурсообеспечения плана. В процедуру включены процессы:

- оценка разработанного прогноза состояний перевозочного процесса на плановый период и его корректировка на основе анализа целевых общесистемных показателей перевозочного процесса (показатели поступления вагонов на расчетный полигон, графика движения поездов, грузовой работы) и уровней риска:

нарушения технических и технологических ограничений при пользовании вагонами; превышения установленных ограничений для операций, выполняемых по расписанию;

– установление по результатам прогноза предварительных заданий и показателей плана местной работы (в составе плана поездной и грузовой работы отделения дороги и технической станции);

а) задания на прием и обработку поездов с местными вагонами на техническую станцию (в составе общего плана прибытия поездов на станцию);

б) плана накопления, формирования, отправления и продвижения местных поездов на полигоне;

в) плана обслуживания мест общего и общего пользования для каждой станции, в том числе предварительного расписания подачи и уборки вагонов к местам погрузки и выгрузки;

г) плана отбора порожних вагонов под погрузку;

д) плана регулирования порожних вагонов после выгрузки (в составе общего плана регулирования порожних вагонов);

е) плана погрузки вагонов по объектам инфраструктуры, роду вагонов, контролируемым номенклатурным группам грузов;

ж) плана выгрузки вагонов по объектам инфраструктуры, роду вагонов, контролируемым номенклатурным группам грузов;

– анализ плана, включающий его экспертную оценку и сравнение показателей с нормативами и ограничивающими условиями – планом железнодорожных перевозок; техническим планом эксплуатационной работы; оперативным планом вышестоящего структурного подразделения; распоряжениями и указаниями вышестоящих руководителей; требованиями нормативных правовых актов и догово-

воров с перевозчиками, операторами подвижного состава, владельцами, пользователями, контрагентами мест общего пользования; другими нормативами и ограничивающими условиями;

– корректировка плана по результатам анализа, в том числе (при необходимости) путем повторного автоматизированного прогнозирования перевозочного процесса с использованием динамической модели на расчетном полигоне с уточненными исходными данными и ограничениями;

– установление организационных заданий:

з) заданий по обеспечению выполнения плана потребными ресурсами – тяговым подвижным составом, обслуживающим персоналом и оперативными бригадами;

и) специальных заданий (очистка и промывка вагонов, экипировка рефрижераторного подвижного состава, оборудование вагонов под перевозку и др.).

Этап 4. Согласование, утверждение и доведение плана до исполнителей. Процедура содержит следующие процессы:

– последовательное согласование проекта плана с ответственными работниками и руководителями линейного, отделенческого и дорожного уровней, а также последовательное утверждение плана руководителями после внесения в план корректировок по результатам согласования;

– доведение показателей и заданий плана до исполнителей (в касающейся их части) в виде диспетчерских распоряжений и указаний.

Технология межуровневого взаимодействия в процессе оперативного планирования местной работы представлена на рисунке 2.

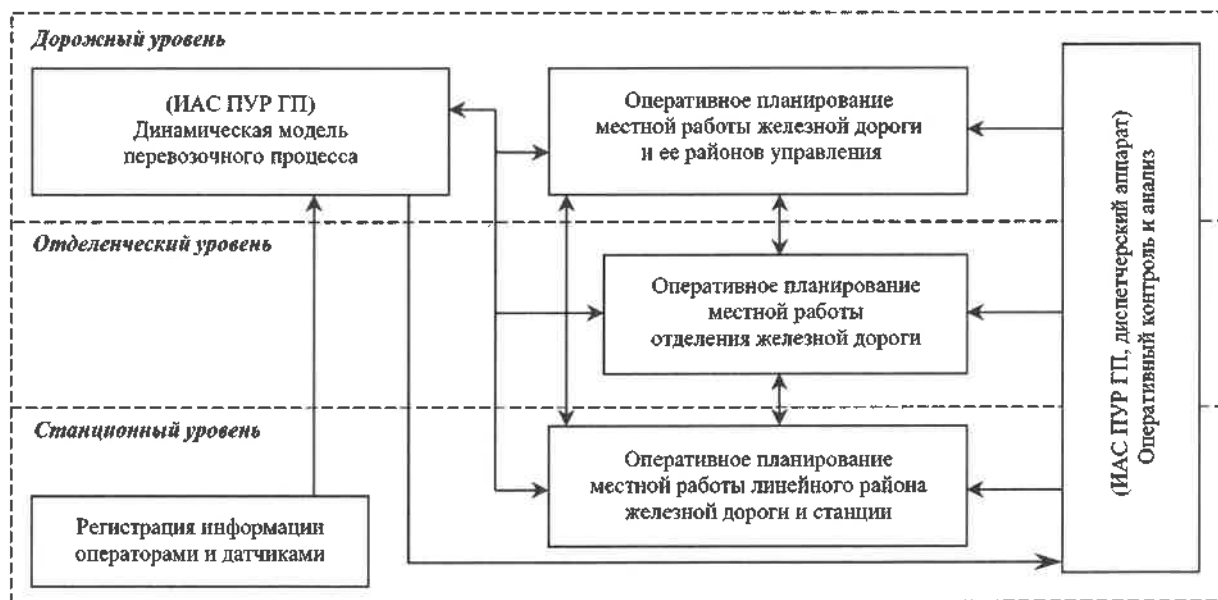


Рисунок 2 – Технология межуровневого взаимодействия в процессе оперативного планирования местной работы

Кроме аналитических процедур решения поставленных задач технология оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов также предполагает проведение соответствующих

организационно-исполнительных процессов, реализуемых во времени с учетом установленного межуровневого взаимодействия (таблица 1).

Таблица 1 – Организационно-исполнительные процессы оперативного планирования местной работы

Процесс	Состав функций	Период, ч
1 Сбор, анализ и предоставление исходных данных для разработки проекта суточного плана местной работы участков и узлов (в составе плана поездной и грузовой работы дороги)	Сбор, анализ и предоставление данных: – о заявках на перевозку грузов (из АС «Месплан»); – о технических и технологических нормативах (из ТНЭРД); – о состоянии объектов управления динамической модели в зоне информации (в том числе о порожних вагонах и вагонах с местным грузом на расчетном полигоне управления и подходах к нему)	6:00 – 9:00
2 Разработка проекта суточного плана местной работы	Моделирование местной работы в периоде планирования. Последовательное установление прогнозных и плановых показателей местной работы, передача их на вышестоящие уровни разработки суточного плана. Обеспечение контроля соответствия значений установленных показателей между уровнями управления	9:00 – 11:00
3 Согласование проекта суточного плана местной работы	Корректировка значений плановых показателей и передача их на нижестоящие уровни управления. Согласование показателей суточного плана местной работы	11:00 – 14:00
4 Утверждение суточного плана местной работы	Рассмотрение суточного плана местной работы НЗ-1 (в составе плана поездной и грузовой работы дороги), внесение окончательных изменений в суточный план местной работы	14:00 – 15:00
5 Корректировка суточного плана местной работы. Разработка плана на первую смену	Внесение изменения в план местной работы подразделений на основании доведенных корректировок. Разработка плана местной работы на первую смену	15:00 – 16:00
6 Пономерная привязка порожних вагонов к заявкам на перевозку	Установление соответствия вагонов и заявок на перевозку по результатам натурного подбора и оценки годности под погрузку. Функция реализуется на станционном уровне, контролируется на уровне НОД	Круглосуточно
7 Формирование отчета о работе первой смены	Формирование среза выполненных показателей местной работы подразделениями железной дороги	05:00 – 06:00
8 Разработка плана местной работы на вторую смену	Уточнение выполнения показателей местной работы за первую смену. Разработка плана на вторую смену с учетом сложившейся обстановки. Доведение плана до исполнителей к началу смены	05:00 – 08:00
9 Контроль выполнения суточного и сменных планов	Предоставление информации о выполнении суточного и сменного плана местной работы подчиненными подразделениями	Круглосуточно
10 Формирование отчета о выполнении суточного и сменного (второй смены) плана	Формирование среза выполненных показателей местной работы подразделениями дороги	17:00 – 18:00

Представленная технология оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов позволяет повысить уровень достоверности разрабатываемых планов за счет применения новой методики и совершенствования технологических процессов. Кроме того, на практике возможна ее реализация в рамках устоявшихся процедур суточного (и более длительного) планирования, разработки сменных заданий и установления текущих планов.

Список литературы

1 Казаков, Н. Н. Имитационное моделирование работы мультимодальной грузовой линии / Н. Н. Казаков, О. А. Терещенко // Вестник Белорусского государственного университета транспорта : Наука и транспорт. – 2018. – № 1(16). – С. 38–43.

2 Терещенко, О. А. Динамическая модель перевозочного процесса для решения задачи оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов / О. А. Терещенко // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2017. – № 1(34). – С. 68–71.

3 Терещенко, О. А. Оперативное планирование местной работы железнодорожных участков и узлов с использованием динамической модели перевозочного процесса / О. А. Терещенко // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2016. – № 12. – С. 80–89.

4 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.

Получено 27.05.2019

O. A. Tereshchenko. Technology of operational planning of railway sections and units local work.

The article presents a main provisions of a new operational planning technology of railway sections and units local work. It is based on the application of a the transportation process dynamic model which allows with high accuracy to plan the formation of local trains, establish indicators of local work, determine the production resources required to achieve a intended indicators and also provides a necessary information in a superior control systems that produce operational planning of transportation process at the network level. The article outlines a developed procedure for operational planning of local work that allows it to be implemented in practice within a framework of established procedures for various planning periods and types of operational plans.

УДК 656.212.5

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

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОНЯТИЯ «МИГРАЦИЯ» КАК ФАКТОРА ВЛИЯНИЯ НА ТРАНСПОРТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОРОДОВ-СПУТНИКОВ

Миграционные процессы являются неотъемлемой частью истории человечества, которые обусловлены многими причинами. Среди них перенаселение некоторых мест проживания, войны за ранее освоенные территории и т. п., что определило множество различных толкований понятия «миграция». Данный процесс рассматривается на основе перемещения населения на некоторое расстояние из места постоянного проживания в другие, часто очень отдаленные населенные пункты с учетом социально-экономических, культурных и других факторов. При этом исследователями не уделяется достаточного внимания транспорту, обеспечивающему масштабность, а также скорость, дальность и другие показатели миграционных процессов. В связи с этим целесообразно проведение терминологического анализа определения «миграция», исходя из исторического развития транспорта, а впоследствии его отдельных видов, особенно железнодорожного, который способствовал интенсификации миграционных процессов начиная с XIX в. на территории Республики Беларусь.

Первоначально миграция населения рассматривалась исследователями чаще всего в сфере экономики и социологии, поэтому основные теоретические подходы выработаны с учетом научных парадигм этих дисциплин, что в свою очередь обуславливает семантическое разнообразие в подходах при определении данного явления. Основы социологических подходов к изучению миграции заложены в трудах Маркса К. и Вебера А. [1], но основоположником данного направления исследования следует считать Равенстейна Э., которым в 1885 году сформулированы «законы миграции». Равенстейн Э. первый сделал попытку формализации

закономерности и понятия в области миграционных процессов на примере миграций в Великобритании и Северной Америке, а также высказал тезис о том, что большинство миграций осуществляется на короткие расстояния, и миграционные потоки порождают противотоки, которые связаны с техническим развитием общества, что не потеряло свою актуальность и в настоящее время.

В таблице 1 приведен ретроспективный анализ трансформации термина «миграция» с учетом исторического развития транспорта [1–3, 5, 6, 15].

Таблица 1 – Эволюция термина «Миграция» с учетом развития транспорта

Автор научного направления и временной период	Теоретические подходы	Транспортная ориентация
У. Фарр, конец XIX века	Гипотеза о хаотичности миграции без каких-либо определенных закономерностей	–
Равенстейн Э., 1876 г.	Формализация миграционных процессов через законы миграции	Перераспределение населения между территориями Осуществление миграций на короткие расстояния Соответствие каждого возвратного потока миграционному Городские жители менее подвержены миграции, чем сельские Зависимость роста крупных городов от миграции населения по сравнению с естественным приростом Возрастание масштабов миграции с развитием промышленности и торговли, и особенно – с развитием транспорта
Мечников Л. И., 1889 г.	Концепция прогрессивного развития цивилизации	Развитие миграционных процессов с использованием различных способов водных коммуникаций
Вебер А., 1909 г.	Теория «штандорта»	Основные ориентации в размещении: транспортная, рабочая и агломерационная
Самуэль Стоффер, 1940 г.	Теория взаимодействия подвижности и расстояния	Количество людей, перемещающихся на определенное расстояние, прямо пропорционально открываемому количеству перспектив и обратно пропорционально количеству вмешивающихся обстоятельств
Джорж К. Зипф, 1946–1949 гг.	Гравитационная модель миграции	Зависимость величины миграционного потока из одного города в другой от расстояния между ними, затраты увеличиваются с расстоянием
Джонс, 1960 г.	Концепция миграционного (мобильного) перехода	Обеспечение взаимосвязи демографических, социально-экономических факторов через территориальную мобильность
Тодаро М., 1969 г.	Неоклассическая теория миграции (модель сельско-городской миграции)	Основные направления миграционных потоков – это движение из сельской местности в городские районы
Зелинский В., 1971 г.		

Согласно классификации Рыбаковского Л. Л., все определения миграции могут быть объединены в четыре группы (таблица 2) [2, 6–9, 12–14, 17, 20].

Таблица 2 – Классификация термина «миграция» по Рыбаковскому Л. Л.

Группа и авторы научного направления	Классификационный признак
I Филиппов Н. Н., Суков В. А.	Миграция как любой вид территориального перераспределения населения
II Чапек В. Н., Моисеенко В. И., Лармин О. В., Шамилева Л. Л., Переведенцев В. И., Заславская Т. И.	Миграция как форма миграционной мобильности
III Хомра А. У., Щепанский Я.	Миграция как форма социального движения населения
IV Тоцкий Н. Н., Садовская Е. Ю.	Миграция – это перемещение по различным причинам людей через границу тех или иных территориальных образований в целях постоянного или временного места жительства

Анализ таблиц 1, 2 показал, что в определениях «миграция», которых сегодня насчитывается более 40, смешиваются «территориальное и социальное движение», т. е. одновременно рассматривается перемещение людей на некоторое расстояние и перемещения людей по образовательным группам, профессиям, отраслям, предприятиям и т. д. [3]. Можно сказать, что авторами научных направлений «территориальное и социальное движение» представляются как синонимы. Например, по утверждению Курмана М. В., к миграции следует относить все виды движения населения, имеющие общественную значимость: движение кадров, переход из одной образовательной или профессиональной группы в другую [10]. Он отмечал, что к миграции имеет смысл относить все виды движения населения, имеющих общественную значимость, и полагал, что территориальная миграция не исчерпывает всего разнообразия видов миграции населения. Это позволило ему и его последователям обобщить все формы миграции в понятие «социальная миграция» и включить в содержание данного термина производственную (внутриотраслевую), а также образовательную и профессиональную (характеризующую переход из одной образовательной или профессиональной группы в другую) миграцию [10, 11, 16]. Данного направления придерживается Эйзенштад С., по мнению которого миграция – физический переход индивида или группы из одного общества в другое, а также Староверов В. И., рассматривавший миграцию населения как изменение положения людей в географическом пространстве в связи с постоянным или временным переходом из одной социально-экономической общности в другую, с возвращением в общность или с изменением пространственного положения всей общности в целом [5, с. 20].

Однако данные перемещения – разного характера и с разными последствиями. Поэтому к наиболее распространенным и общепринятым определениям относятся определения миграции, которые включают и территориальные перемещения населения. Они могут

быть различны в зависимости от расстояния, времени передвижения, а также цели миграции. Помимо этого авторами теоретических подходов в определениях отмечается «миграционная мобильность», которая помогает усилить термин «миграция», подчеркивая степень передвижения населения. Такой подход приводит к некоторому обобщению и недопониманию сущности процесса миграции и способствует подмене частных понятий, характеризующих любые динамические процессы в обществе. Рыбаковский Л. Л. подчеркивает, что миграционная мобильность (подвижность) является общим понятием потенциальной и реальной миграции населения, представляющее собой потенциальную готовность населения к изменению своего территориального статуса. Под миграцией населения он понимает территориальное перемещение, а под миграционной мобильностью (подвижностью) – способность к миграции, т. е. потенциальную миграционную активность [4].

Приведенные выше определения миграции позволяют выделить характерные ее признаки, на которых акцентируют внимание все исследователи, а именно:

- 1) пространственные перемещения;
- 2) постоянная или временная смена места жительства;
- 3) территориальное перераспределение населения [18].

При этом не всегда исследователями указывается на транспортную основу миграционных процессов, которые взаимосвязаны и взаимозависимы с развитием транспортных коммуникаций, что было высказано русским социологом Мечниковым Л. И. в 1889 году в работе «Цивилизации и великие исторические реки». Он доказал, что одним из важных факторов, который повлиял на развитие миграционных процессов, было использование различных способов водных коммуникаций. Согласно разработанной им концепции прогрессивного развития цивилизации, ученый выдвинул три периода использования водных коммуникаций исходя из классификации видов транспорта: речной, средиземноморский и океанический. Во время этих периодов происходило увеличение миграции, которая начиналась в пределах изолированных территорий и расширялась до всемирных пространств.

Таким образом, можно сделать вывод, что миграционный поток ($МИГ^П$) включает в себя пассажиропоток на различных видах транспорта и может быть представлен как

$$(A \cup P \cup ЖД) \subset МИГ^П,$$

где А, Р, ЖД – пассажиропоток на автомобильном, речном и железнодорожном транспорте соответственно. Тогда $ЖД \subset МИГ^П$. Если не имеется автомобильного сообщения, то $ЖД \equiv МИГ^П$. При этом в зависимости от вида миграции может формироваться тот или иной вид пассажиропотока на железнодорожном или автомобильном транспорте. Например, в маятниковых миграциях, таких как ежедневные или еженедельные поездки населения от мест жительства до мест работы и обратно, расположенных в разных населенных пунктах, участвует значительная часть городского и сельского населения, которые являются неотъемлемой частью агломераций с центрами в крупных и больших городах.

В ряде стран масштабы ежедневных маятниковых миграций близки к объемам ежегодных безвозвратных переселений или даже превышают их. А это значит, что необходимо регулярное транспортное сообщение на различных видах транспорта.

Помимо это следует рассмотреть сезонные миграции как перемещения, главным образом, трудоспособного населения к местам временной работы и жительства, во многом зависящие от времени года, что приводит к сезонной неравномерности пассажиропотоков на транспорте.

Необходимо учитывать эпизодические миграции, к которым относят деловые, рекреационные и иные поездки, совершающиеся не только нерегулярно по времени, но и необязательно по одним и тем же направлениям. Состав участников эпизодической миграции весьма разнообразен и по своим масштабам, как показывают исследования, значителен, что вызывает необходимость в дифференцированном подходе при анализе структуры пассажиропотоков, где одновременно, можно сказать, пересекаются различные виды миграционных потоков.

Таким образом, на основании выполненного терминологического анализа определения термина «миграция» установлено, что одним из основополагающих элементов данного понятия является транспорт, который оказывает значительное влияние, прежде всего, на динамику изменения численности населения в городе – центре агломерации. Изучение миграционных процессов с учетом возможностей транспорта и наоборот позволит:

1) выделить направленность и устойчивость основных связей города-центра с прилегающими территориями и обобщить их функциональное назначение и развитие на основе совершенствования транспортной системы;

2) обеспечить сегментацию рынка транспортных услуг по обслуживанию пассажиров и предоставить для них сопутствующие и дополнительные услуги, которые придают большую привлекательность и способствуют лучшему обеспечению комфортности поездки и ее восприятию, что особенно важно в настоящее время при усилении конкуренции между различными видами транспорта.

В связи с этим проблема миграции населения является актуальной для города-центра и его спутников и требует ее изучения в контексте транспортного развития, особенно железнодорожного транспорта, отличающегося своевременностью прибытия в пункт назначения согласно расписанию и независимо от погодных условий.

Получено 11.05.2019

T. A. Vlasuk. Terminological analysis of the notion “migration” as a factor of influence on the transport support of satellite cities.

Migration processes are an integral part of the history of mankind, which are caused by many reasons, including overpopulation of some places of residence, the war for the previously developed territories, etc., which determined many different concepts of “migration”, where this process is considered on the basis of the movement of the population at some distance from the place of permanent residence to other, often very remote settlements, taking into account socio-economic, cultural and other factors. At the same time, researchers do not pay enough attention to transport, providing the scale, as well as the speed, range and other indicators of migration processes. In this regard, it is expedient to conduct terminological analysis of the definition of “migration”, on the basis of the historical development of transport and, subsequently, its individual types, especially rail, which contributed to the intensification of migration processes since the NINETEENTH century in the territory of the Republic of Belarus.

- 1 **Давыдов, Ю. Н.** Макс Вебер и современная теоретическая социология: Актуальные проблемы вебер. социологического учения / Ю. Н. Давыдов. – М. : Мартис, 1998. – 510 с.
- 2 **Хорев, Б. С.** Проблемы изучения миграции населения / Б. С. Хорев, В. Н. Чапек. – М. : Мысль, 1978. – 254 с.
- 3 Современная демография / под ред. А. Я. Кваши. – М., 1995. – 270 с.
- 4 **Рыбаковский, Л. Л.** Миграция населения: прогнозы, факторы, политика / Л. Л. Рыбаковский. – М. : Наука. – 200 с.
- 5 **Ионцев, В.** Международная миграция населения: теория и история изучения / В. Ионцев. – М. : Диалог-МГУ. – 470 с.
- 6 **Хомра, А. У.** Миграция населения: вопросы теории, методики исследования / А. У. Хомра. – Киев : Навук. думка. – 148 с.
- 7 **Филиппов, В. Н.** Проблемы формирования трудовых ресурсов села / В. Н. Филиппов, В. А. Суков // Труды Свердловского института народного хозяйства. Вып. 4. – Свердловск, 1972. – С. 55–62.
- 8 **Шамилева Л. Л.** Моделирование миграций населения в районе: на примере Донецкой области : автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.18 / Л. Л. Шамилева ; Москов. гос. ун-т. – М., 1975. – 29 с.
- 9 **Щепанский, Я.** Элементарные понятия социологии / Я. Щепанский. – М., 1969. – 240 с.
- 10 **Курман, М. В.** Актуальные вопросы демографии / М. В. Курман. – М., 1976. – 89 с.
- 11 **Бреев, Б. Д.** Подвижность населения и трудовые ресурсы / Б. Д. Бреев. – М., 1977. – 176 с.
- 12 **Тоцкий, Н. Н.** Введение в миграционное право. Миграционное право как подотрасль конституционного права Российской Федерации. Нормативные акты, регулирующие правоотношения с участием мигрантов / Н. Н. Тоцкий. – М. : Диалог МГУ, – 153 с.
- 13 **Садовская, Е. Ю.** Миграция в Казахстане на рубеже XXI века: основные тенденции и перспективы / Е. Ю. Садовская. – Алматы, 2001. – 260 с.
- 14 **Переведенцев, В. И.** Методы изучения миграции населения / В. И. Переведенцев. – М., 1975. – 231 с.
- 15 **Хорев, Б.** Миграциология : учеб. пособие / Б. Хорев, М. Денисенко, В. Ионцев. – М. : Изд. МГУ, 1989. – 96 с.
- 16 **Родоман, Б. Б.** Введение в социальную географию : курс лекций / Б. Б. Родоман. – М. : Изд. Рос. открытого ун-та, 1993. – 78 с.
- 17 **Хомра, А. У.** Воспроизводство населения (территориально-организационный аспект) / А. У. Хомра. – Киев : Наукова думка, 1990. – 172 с.
- 18 **Власюк Т. А.** Анализ миграционных процессов на территории Республики Беларусь середины XIX – начала XXI веков в контексте развития железнодорожного транспорта / Т. А. Власюк // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – № 2 (35). – 2017. – С. 110–114.
- 19 **Васильева, Л. А.** Вынужденная миграция в Республике Беларусь: теоретико-правовые и организационные аспекты / Л. А. Васильева. – Минск : Акад. МВД Респ. Беларусь, 2000. – 53 с.
- 20 **Моисеенко, В. М.** Территориальное движение населения / В. М. Моисеенко. – М., 1985. – 120 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОВЕДЕНИЮ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССНОЙ МОДЕЛИ СЛЕДОВАНИЯ ПОЕЗДОВ ПО НАЗНАЧЕНИЯМ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ

Предложен методический подход к проведению комплексного анализа системы организации движения поездов, основанный на новых принципах оценки показателей графика движения поездов и результатов его выполнения. Определен порядок оценки соответствия систем организации вагоно- и поездопотоков на полигоне железной дороги. Установлены и классифицированы факторы, влияющие на параметры процессов реализации следования поездов по назначениям плана формирования. Изложен порядок оценки эффективности системы организации движения поездов по графику движения, основанный на риск-ориентированном подходе и учитывающий оценку эффективности управляющих воздействий.

Одним из существенных препятствий в организации грузового движения на инфраструктуре железнодорожного транспорта в настоящее время является отсутствие системных инструментов анализа и оценки соответствия разрабатываемых систем организации вагоно- и поездопотоков, а также качества реализации процессов следования поездов по назначениям плана их формирования (ПФ) в процессе организации перевозочного процесса на инфраструктуре.

Применение процессно-объектных методов при разработке графика движения поездов (ГДП) на инфраструктуре [4, 5] позволяет детализировать системную оценку, установить и оценить влияние параметров пропуска поездов по объектам инфраструктуры (железнодорожным станциям и участкам) на процессы следования поездов по соответствующим маршрутам согласно с ПФ перевозчиков и ГДП.

Используемая в настоящее время система показателей эксплуатационной работы железнодорожного транспорта ориентирована на организационно-функциональную структуру оценки работы подразделений железной дороги, в которой объектом анализа является, как правило, структурная единица инфраструктуры (железнодорожная станция, участок, отделение дороги, дирекция и т.п.), качество организации поездной работы которой оценивается обезличенными показателями, без учета характеристик транспортных единиц – поездов и вагонов. Получаемые в результате усредненные значения показателей не позволяют достоверно планировать параметры перемещения заявленных поездопотоков на расчетном полигоне инфраструктуры. Это приводит к завышению уровня резервирования и возникновению значительных отклонений выполненных показателей от установленных нормативов при организации пропуска поездопотоков различных категорий на инфраструктуре.

Применение в системе организации движения поездов процессно-объектного графика движения поездов (ПО-ГДП) позволяет проводить комплексный анализ эффективности реализации ПФ перевозчиков в ГДП посредством реализации поездных заявок $N_{ci(p;q)_j}$ в организо-

ванную систему движения поездов различных кластеров c_i по маршрутам следования $(p; q)_j$ на расчетных направлениях полигона железнодорожной инфраструктуры.

В результате анализа каждой поездной заявки устанавливаются:

1) влияние множества факторов (f_{ji}), возникающих в деятельности участников перевозочного процесса, на параметры количества ($N_{(p;q)_i}$) и времени движения ($NT_{(p;q)_i}$) заявленных поездов перевозчиков по ниткам ПОГДП;

2) эффективность реализации управляющих воздействий u_{ji} , направленных на снижение влияния возникающих факторов участников перевозочного процесса.

Комплексный анализ системы организации движения поездов (КАСОДП) в условиях применения ПОГДП выполняется с использованием ряда способов, позволяющих получить системную оценку качества ее функционирования:

- способ оценки структурного соответствия организации движения поездов;
- вероятностный анализ надежности функционирования структурных подразделений на расчетном полигоне инфраструктуры;
- поэлементный анализ процессов (операций) выполнения поездных заявок в соответствии с декомпозицией потоков технических и технологических операций (работ);
- анализ эксплуатационных рисков;
- оценка уровня готовности инфраструктуры и отдельных объектов (железнодорожных станций и участков) к реализации технологии обслуживания поездов различных категорий.

Процесс выполнения поездной заявки $(p; q)_i$ в системе организации движения поездов по ниткам ПОГДП в общем виде характеризуется величиной дополнительных издержек каждого из участников перевозочного процесса, связанных с полными (отменой следования по специализированной нитке) и частичными (задержками поездов) отказами в процессе движения по маршрутам следования и их компенсацией (сокращением) при реализации управляющих воздействий в системе организации движения поездов.

Дополнительные издержки участников перевозочного процесса оцениваются удельной величиной транспортного эффекта, приходящейся на оцениваемый параметр (поезд, поездо-километр) поездной заявки $e_{N(p;q)_i}$, $e_{NT(p;q)_i}$. Сокращение издержек при реализации управляющих воздействий оценивается разностью компенсированных потерь транспортного эффекта и дополнительных удельных затрат на их реализацию $Z_{N(p;q)_i}$, $Z_{NT(p;q)_i}$.

Условие эффективности применения управляющих воздействий в системе организации движения поездов устанавливается из соотношения удельных затрат на их реализацию с величиной транспортного эффекта от пропуска поездов на назначении ПФ:

$$e_{N(p;q)_i} \geq Z_{N(p;q)_i}; e_{NT(p;q)_i} \geq Z_{NT(p;q)_i} \quad (1)$$

КАСОДП проводится в соответствии с заявленной структурой поездопотоков, установленной в зависимости от множества назначений ПФ перевозчиков $N_{ПФ}$, поездных заявок клиентов-грузоотправителей $N_{Кл}$ и структурно-сетевой композицией железнодорожных направлений S_n расчетного полигона инфраструктуры, сформированной в процессе разработки ПОГДП (рисунок 1).

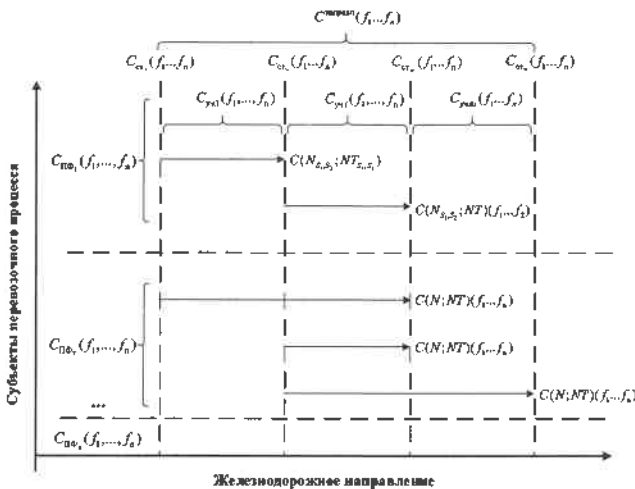


Рисунок 1 – Структура субъектного и объектно-сетевого анализа системы организации движения поездов в условиях применения ПОГДП

Значения отклонений времени следования заявленных поездов $\Delta NT_{(p;q)_i}$ различных категорий устанавливаются по всем элементам маршрута следования: железнодорожным участкам, техническим станциям, полигонам обслуживания комплексов технических средств инфраструктуры, участкам обращения локомотивов и локомотивных бригад, участкам гарантийного пробега вагонов в маршруте следования поездов на инфраструктуре и т.д. (рисунок 2).

Использование ПОГДП в системе организации движения поездов позволяет организовать анализ влияния факторов на выполнение ПФ перевозчиков и поездных заявок по процессам организации и реализации доступа к инфраструктуре на расчетном полигоне.

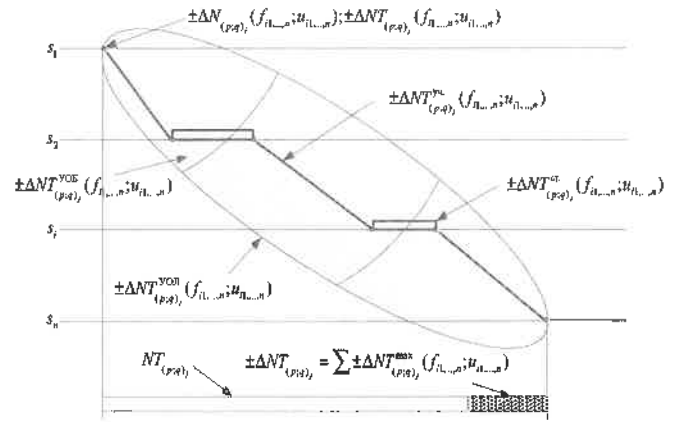


Рисунок 2 – Поезденный анализ следования заявленных поездов перевозчиков по маршрутам следования на инфраструктуре

Факторы, влияющие на параметры процессов реализации поездных заявок, при этом классифицируются по условиям образования на организационные ($\Delta NT_{(p;q)}^{ПОГДП}$), возникающие при прокладке в ПОГДП ниток поездов различных категорий по назначениям ПФ, и эксплуатационные ($\Delta NT_{(p;q)}^{ав}$), возникающие при движении поездов по маршрутам следования на полигоне инфраструктуры (рисунок 3).

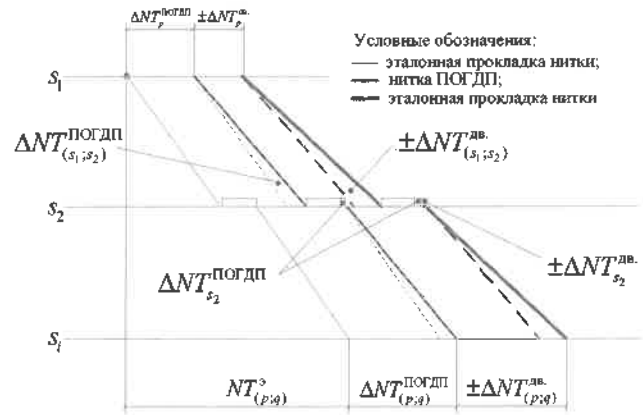


Рисунок 3 – Пространственно-временная характеристика оценки влияния организационных и эксплуатационных факторов на процесс реализации поездной заявки

Влияние организационных факторов на процессы реализации поездных заявок устанавливаются по результатам разработки ПОГДП сравнением параметров ниток ПОГДП, проложенных по плановым поездным заявкам с эталонными (нормативными) параметрами обслуживания поездов соответствующих категорий.

К организационным факторам в КАСОДП поездов относятся группы технических и технологических причин участников перевозочного процесса, приводящих к отказу в предоставлении пропускной способности для прокладки ниток ПОГДП на маршруте следования или увеличению нормативов времени обслуживания поездов на объектах инфраструктуры, а также риски невыполнения предельно допустимого срока реализации поездных заявок.

Организационные технические факторы в системе организации движения поездов включают в себя факторы надежности и допустимого риска превышения

предельно допустимого срока реализации поездной заявки при обслуживании на объектах инфраструктуры, следовании подвижного состава перевозчиков в поездах по назначениям ПФ.

Влияние организационных технических факторов, оценивается величиной потребных резервов нормативов времени обслуживания заявленных поездов на объектах инфраструктуры, устанавливаемых для прокладки ниток ПОГДП.

Организационные технологические факторы характеризуются дополнительными затратами времени следования поездов по назначениям ПФ, возникающими при организации их обслуживания в соответствии с принятой технологией. К таким факторам при разработке ПОГДП относятся:

- распределение оператором пропускной способности участков и станций инфраструктуры при прокладке ниток движения поездов различных категорий и скоростей;

- увязка тяговых ресурсов перевозчиков на технических станциях смены локомотивов и локомотивных бригад.

Анализ ПОГДП как системы организации поездов, основанной на процессно-ориентированном подходе, позволяет производить факторный анализ влияния участников перевозочного процесса на параметры пропуска поездов по установленным маршрутам следования. К основным факторным группам можно отнести:

- надежность технических средств инфраструктуры и перевозчиков;

- структуру и размеры поездных заявок различных категорий;

- технологические условия работы железнодорожных участков и технических станций;

- систему эксплуатации подвижного состава.

В результате анализа организационных факторов устанавливается эффективность реализации ПФ перевозчиков и системы организации движения поездов в целом при наличии ограничений, устанавливаемых параметрами поездных заявок (необходимое условие), а также в сравнении с другими вариантами ГДП (достаточное условие).

Необходимое условие применения ПОГДП определяется из требования безусловного выполнения согласованных поездных заявок перевозчиков с соблюдением предельно допустимого срока их реализации:

$$\begin{cases} N_{(p;q)_i}^{\text{ПОГДП}} \geq N_{(p;q)_i} \\ NT_{(p;q)_i}^{\text{ПОГДП}} \leq NT_{(p;q)_i}^D \end{cases} \quad (2)$$

где $N_{(p;q)_i}^{\text{ПОГДП}}$ – число ниток ПОГДП, специализированных для пропуска $N_{(p;q)_i}$ заявленных поездов на назначении $(p; q)_i$; $NT_{(p;q)_i}^{\text{ПОГДП}}$ – поездно-часы следования поездов по ниткам ПОГДП на назначении $(p; q)_i$; $NT_{(p;q)_i}^D$ – предельно допустимые затраты времени реализации поездной заявки, установленные договорными отношениями оператора инфраструктуры и перевозчика.

Достаточным условием эффективности применения ПОГДП для организации движения поездов является сокращение затрат времени на следование заявлен-

ных поездов на назначении ПФ относительно исходного варианта $NT_{(p;q)_i}^{\text{ОГДП}}$ (полученного построением ГДП объектным или иным методом):

$$NT_{(p;q)_i}^{\text{ПОГДП}} \leq NT_{(p;q)_i}^{\text{ОГДП}} \quad (3)$$

Потери от эксплуатационных факторов в процессе реализации поездных заявок устанавливаются по результатам пропуска заявленных поездов по расчетному полигону инфраструктуры сравнением фактического количества поездов и времени их следования с параметрами ниток ПОГДП.

Эксплуатационные факторы в КАСОДП подразделяются на группы:

- 1) отказы технических устройств инфраструктуры и подвижного состава, приводящие к отмене или увеличению времени следования поездов;

- 2) технологические условия поездной работы, приводящие к отмене следования заявленных поездов (внешние факторы образования транспортных потоков) или ожиданию обслуживания поездов на объектах инфраструктуры вследствие неверных действий диспетчерского персонала;

- 3) оперативные управляющие воздействия, направленные на устранение отклонений времени следования заявленных поездов по маршрутам следования.

Наличие предложенной методики оценки влияния эксплуатационных факторов в КАСОДП на расчетном полигоне инфраструктуры с применением ПОГДП позволяет использовать риск-ориентированный подход к реализации ПФ.

Для выработки управленческих решений целесообразно использовать матрицы эксплуатационных рисков вида [2]

$$R_{(p;q)} = P_{(p;q)}(f_i) \times C_{NL(p;q)}(f_i; u_j), \quad (4)$$

где $P_{(p;q)}(f_i)$ – вероятность (или частота) влияния эксплуатационного фактора f_i (или группы факторов); $C_{NL(p;q)}(f_i; u_j)$ – размер последствий, определяемый приведенными затратами на 1 поезд-км следования заявленных поездов на назначении $(p; q)$ с учетом негативного влияния фактора f_i и дополнительных затрат на реализацию компенсирующих управляющих воздействий u_j .

В соответствии с рекомендациями [1, 3] при построении матриц эксплуатационных рисков пропуска заявленных в ПОГДП поездов (рисунок 4) выделены четыре категории рисков (риск, не принимаемый в расчет, допустимый, нежелательный, недопустимый).

Границы интервалов значений частот события устанавливаются на основании статистических наблюдений организации поездной работы на участках инфраструктуры. В соответствии с рекомендациями [1] используется шесть интервалов: событие маловероятное, крайне редкое, редкое, случайное, вероятное, частое.

В качестве граничных уровней последствий принимаются пороговые значения приведенных затрат на 1 поезд-км при реализации поездных заявок: $C_{NL(p;q)}^3$ – в соот-

ветствии с эталонными параметрами; $C_{NL(p;q)}^{ПОГДП}$ – по ниткам ПОГДП; $C_{NL(p;q)}^{ОГДП}$ – при организации пропуска по маршруту следования без применения ПОГДП; $C_{NL(p;q)}^{max И}$ – максимально допустимое значение, установленное из предельно допустимого уровня транспортных издержек.

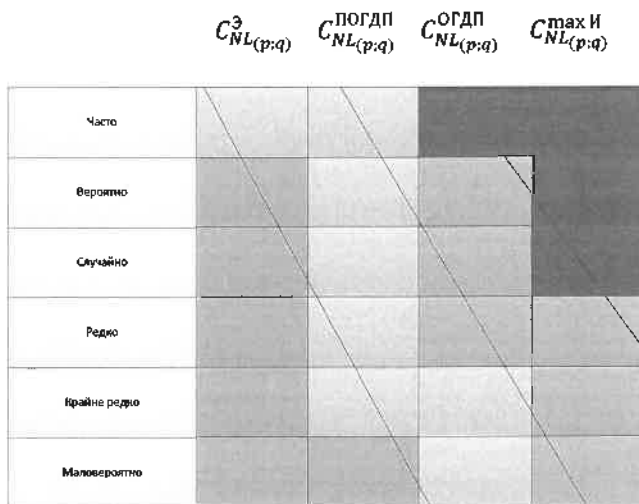


Рисунок 4 – Пример матрицы эксплуатационных рисков при пропуске поездов на назначении (p; q)

В зависимости от установленных в результате комплексного анализа значений эксплуатационного риска выявляется степень влияния эксплуатационных факторов на процессы реализации ПФ перевозчиков в ПОГДП, и на основании построенных матриц системно устанавливаются необходимые управляющие воздействия (изменение уровня резервирования, технологии обслуживания поездов, замена технических устройств и т.д.), направленные на снижение негативных последствий с учетом их экономической целесообразности.

Получено 18.06.2019

E. A. Fyodorov. Methodical approaches to the formation of the complex analysis of the train traffic management system in terms of use the process model of the trains movements on the purpose of the train formation plan.

A methodical approach to the formation of a comprehensive analysis of the train traffic management system based on new principles for assessing train schedule indicators and the results of its implementation is proposed. The procedure for assessing the conformity of the systems for the organization of wagon traffic and train flows at the railroad test site has been determined. The factors affecting the parameters of the implementation of the train-based travel on the designation plan assignments are identified and classified. The procedure for assessing the effectiveness of the system of organizing the movement of trains on a schedule, based on a risk-oriented approach and taking into account the assessment of the effectiveness of management actions, has been established.

Анализ реализации процессов движения поездов по маршрутам следования поездных заявок позволяет каждому участнику перевозочного процесса установить:

1) причины (по классификатору) и величину транспортных потерь от возникновения технических и технологических отказов при движении поездов по ниткам ПОГДП;

2) эффективность применения управляющих воздействий по обеспечению параметров времени движения поездов на назначениях ПФ;

3) соответствие расчетных, закладываемых при резервировании ниток ПОГДП, и фактических значений параметров надежности технических средств.

Методика КАСОДП, основанная на новых принципах оценки показателей ГДП и результатов его выполнения, позволяет оценить качество реализации поездных заявок в ГДП на полигоне инфраструктуры, а также эффективность управляющих воздействий по снижению эксплуатационных рисков процессов пропуска заявленных поездов на маршрутах следования.

Список литературы

1 Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте : ГОСТ Р 54505–2011. – Введ.01.08.2012. – М. : Нац. стандарт Российской Федерации, 2012. – 34 с.

2 Замышляев, А. М. Прикладные информационные системы управления надежностью, безопасностью, рисками и ресурсами на железнодорожном транспорте / А. М. Замышляев. – Ульяновск : Областная типография «Печатный двор», 2013. – 143 с.

3 Новожилов, Е. О. Принцип построения матриц рисков / Е. О. Новожилов // Надежность. – 2015. – № 3. – С. 73–86.

4 Федоров, Е. А. Методологические основы реализации планов формирования поездов перевозчиков в графике движения поездов на полигоне инфраструктуры / Е. А. Федоров // Вестник ВНИИЖТ. – 2018. – № 2. – С. 92–97.

5 Фёдоров, Е. А. Процессное моделирование разработки графика движения поездов / Е. А. Федоров // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2015. – № 2. – С. 70–72.

УДК 656.222.4

Е. А. ФЁДОРОВ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

КОМПОЗИЦИЯ РАСЧЕТНОГО ПОЛИГОНА ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ДЛЯ ПРОЦЕССНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Определена сущность процессно-ориентированного подхода применительно к моделированию и организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Установлен состав параметров поездных назначений, достаточный для процессно-объектного моделирования графика движения поездов. Описана методика построения композиции расчетного полигона инфраструктуры железной дороги и определения приоритетов пропуска поездов различных категорий. Изложен порядок оценки технических и технологических возможностей системы организации движения поездов заявленным параметрам процессов движения поездов.

Организация перевозок на железнодорожном транспорте представляет собой комплексное взаимодействие субъектов перевозочного процесса при перемещении транспортных потоков, организованное единым регулятором. Основой эффективной реализации логистических требований всех участников является единая технология перевозочного процесса (ЕТПП), определяющая порядок их взаимодействия на инфраструктуре для различных условий и изменений параметров перемещения транспортных потоков.

Основополагающим принципом современных подходов к управлению является процессный подход, который в сфере организации перевозочного процесса предполагает формирование моделей выполнения технологических (управленческих) процессов (операций), направленных на достижение поставленной конечной цели – следования поездов по полигону инфраструктуры в установленные ТНПА (локальными актами) сроки.

Сущность процессно-ориентированного подхода применительно к моделированию и организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте заключается в систематизации и объединении на полигоне оператора инфраструктуры процессов перемещения (обслуживания) транспортного потока в соответствии с требованиями к параметрам перемещения (обслуживания) заявленными участниками процесса и возможностями инфраструктуры по их пропуску. Перевозочный процесс определяется как упорядоченное во времени и пространстве множество действий (операций) участников, связанное с перемещением транспортного потока по инфраструктуре в соответствии с маршрутом его следования и обслуживанием на объектах инфраструктуры [1].

Переход на процессно-объектные методы организации и управления движением поездов на инфраструктуре железной дороги обеспечивает соответствие требований к параметрам продвижения транспортных потоков (грузов, вагонов, поездов), устанавливаемых основополагающими технологическими документами в составе единой технологии перевозочного процесса (ЕТПП): планом формирования поездов (ПФ) перевозчиков и графиком движения поездов (ГДП).

Основным регулятором перевозочного процесса на железнодорожном транспорте является ГДП как система организации процессов пропуска поездов различных категорий, заявленных организованным множеством участ-

ников перевозочного процесса на множестве участков инфраструктуры железнодорожного транспорта.

План формирования грузовых поездов (ПФ) на железнодорожных станциях является основой разработки ГДП, определяющей потребные категории грузовых поездов и маршруты их следования по сети железных дорог. Вопросы технологической увязки ПФ перевозчиков и ГДП на основе реализации ниток (расписаний), которые обеспечивают согласование логистических требований участников в рамках единой технологии перевозочного процесса (ЕТПП), не имеют достаточного теоретического решения и не находят обоснованного использования в организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте общего пользования в Республике Беларусь.

Используемые технологии разработки ГДП, основанные на объектно-ориентированных методах, обладают рядом существенных недостатков, не позволяющих в достаточной степени обеспечить соответствие ГДП и ПФ и, соответственно, обеспечить равноправные условия предоставления клиентам железнодорожного транспорта доступ к услугам инфраструктуры. Переход к процессно-ориентированным принципам построения ГДП позволяет реализовать единую полигонную технологию организации движения поездов в рамках ЕТПП, которая обеспечит на основе ГДП соответствие заявленных требований участников перевозочного процесса техническим и технологическим возможностям организации движения поездов на полигоне инфраструктуры.

Одним из возможных способов моделирования ГДП, соответствующего параметрам ЕТПП, является процессно-объектный метод разработки ГДП на полигоне инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования [4, 5], позволяющий получить процессно-объектный график движения поездов (ПОГДП) нового типа, обеспечивающий системное соответствие заявленных требований участников перевозочного процесса техническим и технологическим возможностям организации движения поездов на полигоне инфраструктуры.

В основу метода положены теория расписаний и теория графов, которые позволяют построить пространственно-временной направленный граф реализации потока поездных заявок на расчетном полигоне и рассматривать процесс моделирования ГДП посредством оптимизации путей в графе, соответствующих маршрутам

следования заявленных поездов по критерию минимизации суммарного отклонения времени их прибытия на станции назначения от установленных эталонных значений.

Применение данного метода позволяет в ЕТПП получить модель, синхронизированную с производственно-бытовыми циклами клиентов, транспортно-логистическими схемами доставки грузов и перемещения вагонов, ПФ перевозчиков, технологией работы объектов инфраструктуры.

Новые, ранее не учитываемые при разработке ГДП, свойства поездопотоков, определяющие их как процессы, упорядоченные во времени и пространстве, устанавливаются при формировании поездных заявок на основе ПФ перевозчиков. В поездных заявках перевозчиков учитываются параметры и свойства исходных корреспонденций вагонопотоков, параметры времени предъявления и прокладки заявленных поездов на инфраструктуре с учетом их взаимного позиционирования на пространственно-временном поле ГДП для перемещения по заданным маршрутам следования распределенной по времени предъявления к перевозке грузовой массы клиентов:

$$Z_N = \frac{p_{(p;q)}(t)}{\bar{q}_z \bar{l}_v m_n} = \left\{ (\bar{p}; \bar{q}); N_{(p;q)}(t); T_{(p;q)}^D; \{T_{(p;q)}^{S_i}\} \right\}, \quad (1)$$

где $p_{(p;q)}(t)$ – грузовая масса, распределенная по времени предъявления к перевозке в соответствии с параметрами ЕТПП, контактными графиками взаимодействия железнодорожного транспорта общего пользования с клиентами и другими видами транспорта; \bar{q}_z – средняя поездная нагрузка, т/м; \bar{l}_v – условная длина грузового вагона; m_n – нормативное число вагонов в составе поезда; $(\bar{p}; \bar{q})$ – маршрут следования поездной заявки; $N_{(p;q)}(t)$ – распределенное по времени совокупное (или среднесуточное) количество ниток в ПОГДП для реализации поездной заявки по назначениям ПФ перевозчика; $T_{(p;q)}^D$ – предельно допустимый срок следования заявленных поездов, устанавливаемый перевозчиком по каждой поездной заявке на основании нормативных сроков доставки грузов, планируемых затрат времени на обслуживание транзитных поездов и переработку вагонопотоков на технических станциях; $T_{(p;q)}^{S_i}$ – параметры времени обслуживания заявленных поездов на железнодорожных участках и технических станциях, в соответствии с ЕТПП [2].

Формирование таких требований позволяет перевозчикам систематизировать поездные заявки с учетом категорий поездов и условий их реализации в ПОГДП на инфраструктуре (отправительские и технические маршруты, контейнерные, конрейлерные и другие поезда).

В результате позиционирования поездных заявок на инфраструктуре формируется множество временных зон, требующих совместного размещения поездов на пространственно-временном поле ГДП:

$$\{NTL_{(p;q)_i}^{ГДП}\} = \left\{ \left(T_{(p;q)_i}^{инт}, v_{(p;q)_i}^{о.н}, L_{(p;q)_i}(t, R), T_{(p;q)_i}^{S_{ij}}(t, R) \right) \right\}, \quad (2)$$

где $T_{(p;q)_i}^{инт}$ – интервал времени предъявления потока поездов на инфраструктуру; $v_{(p;q)_i}^{о.н}$ – число степеней свободы оператора инфраструктуры при реализации поездной заявки в ГДП; $L_{(p;q)_i}(t, R)$ – расстояния маршрута следования поездной заявки; $T_{(p;q)_i}^{S_{ij}}(t, R)$ – параметры времени реализации поездной заявки на объектах инфраструктуры.

При совмещении зон пропускки различных поездных заявок могут возникать конфликтные ситуации (рисунк 1), формирующие эксплуатационный риск невыполнения предельно допустимого срока следования заявленных поездов за счет возникновения ожиданий обслуживания поездов по причине отсутствия пропускной способности объектов инфраструктуры $N_{(p;q)_i}^H(t)$ в совместной зоне пропускки.

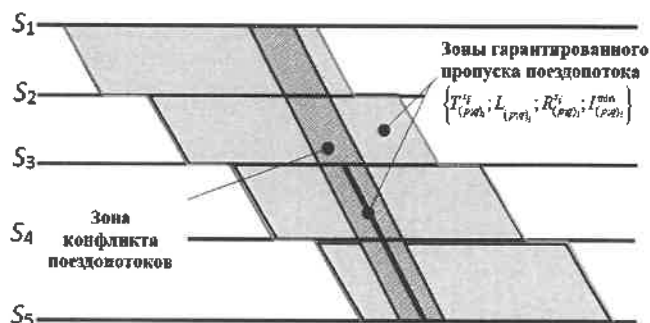


Рисунок 1 – Зоны гарантированного пропуска поездопотоков различных категорий и их совмещение на пространственно-временном поле ГДП

Значения параметров, устанавливаемых при формировании поездных заявок, позволяют при моделировании пропускки поездов на полигоне инфраструктуры выделить ядро N_j и факультативную часть N_ϕ поездопотока, которые обеспечиваются нитками для пропускки поездов на маршрутах их следования по постоянному расписанию (с учетом периода действия поездной заявки). Оставшиеся поездные заявки при разработке ПОГДП по процессно-объектному методу рассматриваются как переменная (дополнительная) часть поездопотоков $N_{доп}$, которая реализуется за счет наличия резерва пропускной способности инфраструктуры на маршрутах следования поездов:

$$N_n^{ГП} = N_j + N_\phi + N_{доп} < N_n^{ГП} - \Delta N_p, \quad (3)$$

где $N_n^{ГП}$ – потребная пропускная способность инфраструктуры на маршруте следования; $N_n^{ГП}$ – наличная пропускная способность в грузовом движении; ΔN_p – минимальный резерв пропускной способности расчетного полигона инфраструктуры на маршруте следования, уста-

новленный по допустимому уровню эксплуатационного риска невыполнения поездной заявки.

Для реализации процессно-объектного моделирования разработана методика построения композиции расчетного полигона инфраструктуры железной дороги, позволяющая определить множество расчетных полигонов моделирования ГДП с использованием процессно-ориентированного подхода и установить приоритетную очередность пропуска поездов различных категорий в пределах потребных интервалов времени на объектах инфраструктуры, обеспечивающую более эффективное использование пропускной способности железнодорожных направлений.

Построение композиции предусматривает: формирование расчетных железнодорожных направлений для процессно-ориентированного моделирования ГДП; установление приоритетов пропуска заявленных поездов различных категорий на технических станциях; комплексную оценку технических возможностей и резервов пропускной способности объектов инфраструктуры и отдельных технических устройств по пропуску заявленных поездопотоков.

Железнодорожные направления преимущественного пропуска поездных заявок клиентов по маршрутам следования $S_{(p;q)}$ определяются в соответствии с установленной оператором инфраструктуры системой приоритетов пропуска поездопотоков.

Любое железнодорожное направление на полигоне инфраструктуры представляет собой совокупность последовательно расположенных технических станций (с учетом обслуживаемого района местной работы) и участков инфраструктуры, на которых организуется процесс движения поездов на маршрутах их следования, выраженный через согласованные нитки графика:

$$S_n = \cup S_{ст}^{техн} + \cup S_{уч}. \quad (4)$$

По объектному признаку отношения к выделенным железнодорожным направлениям поездные заявки позиционируются как (рисунок 2):

– образующие направление S_{nj} , маршрут следования которых полностью проходит по направлению: $S_{(p;q)_i} \in S_{nj}$;

– частично включенные в направление S_{nj} , маршрут следования которых проходит, как минимум, по одному железнодорожному участку направления:

$$\begin{cases} S_{(p;q)_i} \in \cup_{j=1}^n S_{nj}, n > 1, \\ \sum S_{уч} \in (S_{nj} \cup S_{(p;q)_i}) \geq 1; \end{cases} \quad (5)$$

– пересекающиеся с направлением S_{nj} , маршрут следования которых проходит только через одну техническую станцию направления:

$$\begin{cases} S_{(p;q)_i} \in \cup_{j=1}^n S_{nj}, n > 1, \\ \sum S_{ст}^{техн} \in (S_{nj} \cup S_{(p;q)_i}) = 1. \end{cases} \quad (6)$$

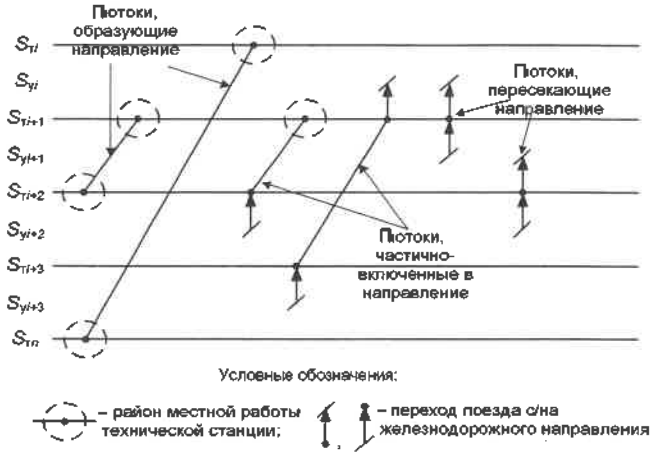


Рисунок 2 – Позиционирование поездных заявок по объектному признаку на расчетном железнодорожном направлении

Композиция полигона инфраструктуры должна удовлетворять общему достаточному условию (ОДУ), обеспечивающему возможность реализации в ГДП на каждом направлении установленных поездной заявкой сроков перемещения $T_{(p;q)_i}^{дог}(S_{nj})$ для всех поездов, принятых оператором к перевозке на инфраструктуре железнодорожного транспорта:

$$\begin{aligned} NT_{(p;q)_i}^{э,п}(S_{nj}) &\leq NT_{(p;q)_i}^{дог}(S_{nj}); \\ \forall N_{(p;q)_i}(t_p; t_q) &\in N_{(p;q)}, \forall S_{nj} \in S_n, \end{aligned} \quad (7)$$

где $N_{(p;q)_i}(t_p; t_q)$ – заявленный поезд с определенными параметрами времени предъявления (t_p) и сдачи (t_q) поездов с инфраструктуры; $T_{(p;q)_i}^{э,п}$ – эталон (норматив) времени перевозки на расчетном железнодорожном направлении, определяемый условиями моделирования ГДП и параметрами заявленных поездов; $N_{(p;q)}$ – множество поездных заявок; S_n – множество железнодорожных направлений полигона инфраструктуры.

Формирование железнодорожных направлений производится с технических станций концентрации вагонопотоков или стыковых пунктов полигона инфраструктуры в направлении r_{S_n} перемещения наиболее приоритетных для оператора и устойчивых по объему поездопотоков, устанавливаемых по суммарной мощности поездопотока и величине эксплуатационного риска необеспечения предельного срока реализации поездной заявки $r_{(p;q)_i}$:

$$r_{S_n} = \sum \xi N_{(p;q)_i} r_{(p;q)_i}, \quad (8)$$

где ξ – коэффициент повышения приоритета отдельных категорий поездов, установленный оператором инфраструктуры; $N_{(p;q)_i}$ – мощность i -й поездной заявки, включенной в рассматриваемое направление S_n .

Значение коэффициента ξ устанавливается оператором инфраструктуры при формировании композиции расчетного полигона для повышения значимости поездных заявок отдельных категорий на основании сложившихся без-

условных приоритетов. Например, значения коэффициентов должны удовлетворять следующим условиям:

$$\begin{cases} \xi_{МПП} > \xi_{МРЛБ} > \xi_{МРЛЭ} > \xi_{РЛ,ГЛ}; \\ \forall \xi_{Пас} \gg \forall \xi_{Гр}; \\ \xi_{Конт} > \xi_{Уск} > \xi_{Маршр} > \xi_{Лф}, \end{cases} \quad (9)$$

где $\xi_{МПП}$; $\xi_{МРЛБ}$; $\xi_{МРЛЭ}$; $\xi_{РЛ,ГЛ}$ – коэффициент повышения приоритета для международных пассажирских поездов, поездов межрегиональных линий бизнес- и экономкласса соответственно, региональных и городских линий; $\xi_{Пас}$; $\xi_{Гр}$ – то же для пассажирских и грузовых поездов любых категорий; $\xi_{Конт}$; $\xi_{Уск}$; $\xi_{Маршр}$; $\xi_{Лф}$ – то же для контейнерных, ускоренных грузовых поездов, маршрутов и организованных планом формирования сквозных и участковых грузовых поездов.

Композиция полигона инфраструктуры для разработки ПОГДП позволяет установить очередность обслуживания поездных заявок множества перевозчиков в пределах потребных интервалов времени на объектах инфраструктуры с учетом их технических возможностей и распределения резервов пропускной способности (рисунок 3).

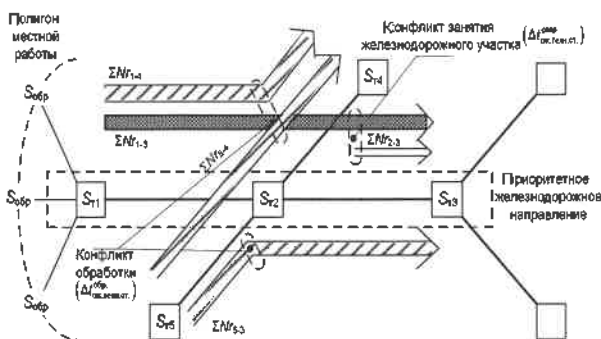


Рисунок 3 – Выбор очередности согласования расписаний следования заявленных поездов на технических станциях

Сформированная оператором композиция полигона инфраструктуры оценивается перевозчиками на соответствие системе технической эксплуатации подвижного состава. В результате оценки перевозчики устанавливают границы участков выполнения регламентированных технологических операций по условиям гарантированного обеспечения требований безопасности движения поездов, регламентированных сертификатом безопасности оператора инфраструктуры и нормативной документацией по эксплуатации подвижного состава.

В рамках Единой технологии перевозочного процесса для каждой технической станции полигона инфраструктуры перевозчики определяют потребное время обслуживания заявленных поездов $T_{(p,q)t}^{Sj}$, перечень технологических операций $\{O_{(p,q)t}^{Sj}\}$ и потребные (собственные или привлекаемые) ресурсы объектов инфраструктуры $\{R(O)_{(p,q)t}^{Sj}\}$ для их выполнения.

Структурно-сетевая композиция полигона определяет порядок и параметры времени обслуживания

поездных заявок на объектах инфраструктуры, согласованные с системой технической эксплуатации подвижного состава перевозчиков. Это позволяет выполнить комплексную оценку технических возможностей и резервов пропускной способности объектов и отдельных технических устройств инфраструктуры при пропуске заявленных поездопотоков. Оценка выполняется для технических станций и железнодорожных участков на возможность обслуживания поездов в следующих режимах:

- пропуск поезда (движение) и организация технических стоянок (обгон, скрещение поездов) по участкам инфраструктуры;

- стоянка на технической станции для выполнения технологических операций (осмотр, смена локомотива и др.).

При моделировании ГДП, соответствующего принципам процессно-ориентированного подхода, технические возможности оцениваются:

- по техническим и технологическим ограничениям объектов инфраструктуры по пропуску заявленных поездопотоков;

- уровню наличной пропускной способности объектов инфраструктуры, выделяемому оператором инфраструктуры для обслуживания поездных заявок различных перевозчиков исходя из категории поездной заявки, параметров времени обслуживания поездопотока, наличия резервов пропускной способности технических и технологических подсистем объектов инфраструктуры для обслуживания поездов;

- параметрам технологии работы и системы технической эксплуатации объектов инфраструктуры.

Для железнодорожных участков технические и технологические ограничения характеризуются отказом в обслуживании (полном или частичном) и выражаются в виде невозможности обслуживания или увеличении времени движения поезда по участку инфраструктуры в связи с такими ограничениями, как:

- несоответствие вида тяги локомотива и участка;
- превышение критических значений расчетных параметров составов поездов, допустимых на участке по возможностям тяговых средств, габариту подвижного состава и др.;

- предоставление «окон» на ГДП в зоне интервала времени гарантированного пропуска заявленного поездопотока;

- использование пропускной способности участка для реализации поездных заявок других категорий и (или) более высокого приоритета;

- длительно (постоянно) действующие предупреждения о снижении скорости движения поездов по состоянию инфраструктуры.

Обслуживание поезда на технической станции представляет собой поток работ во времени, в котором каждая из технологических операций определяет использование определенных видов ресурсов.

Существующие методики оценки пропускной способности железнодорожных станций и их элементов [3] позволяют получить значимые результаты расчетов при

условии распределения поездопотоков по приоритетам обслуживания и известных интервалах предъявления поездов к обработке.

Разрабатываемая в соответствии с изложенными принципами композиция расчетного полигона инфраструктуры дает возможность установить очередность обслуживания поездов различных категорий, заявленных перевозчиками в пределах потребных интервалов времени на объектах инфраструктуры, и является основой более эффективной организации использования инфраструктуры на основе применения процессного подхода в управлении перевозочным процессом.

Список литературы

1 Применение предметно-ориентированной ГИС для решения задач оперативного управления перевозочным процессом на

Белорусской железной дороге / А. А. Ерофеев [и др.] // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2018. – № 2. – С. 50–57.

2 Цифровая модель ГИС-технологий для решения задач оперативного управления перевозочным процессом / В. Г. Кузнецов [и др.] // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2018. – № 2. – С. 66–71.

3 Методические рекомендации по расчету пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных сооружений и устройств. Ч. I. Методика расчета : [утв. приказом первого зам. начальника Белорусской ж.д. 03.09.2009 № 1043НЗ].

4 Фёдоров, Е. А. Методологические основы реализации планов формирования поездов перевозчиков в графике движения поездов на полигоне инфраструктуры / Е. А. Фёдоров // Вестник ВНИИЖТ – 2018. – № 2. – С. 92–97.

5 Фёдоров, Е. А. Процессное моделирование разработки графика движения поездов / Е. А. Фёдоров // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2015. – № 2. – С. 70–72.

Получено 18.06.2019

E. A. Fyodorov. Composition of the calculation polygon of the railway infrastructure for process-oriented modeling of the train schedule.

The essence of the process-oriented approach in relation to the modeling and organization of the transportation process on the railway transport has been determined. A set of parameters of train assignments, sufficient for the process-object modeling of train schedules, has been established. The method of constructing a composition of the calculated polygon of the railway infrastructure and determining the priorities of movement of trains of various categories is described. The procedure for assessing the technical and technological capabilities of the system of organizing the movement of trains to the declared parameters of the processes of train traffic.

ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК 656.062(476)

А. В. ШИЛОВИЧ, доктор технических наук, Гомельский филиал Международного университета «МИТСО», Республика Беларусь

РОСТ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК – ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ДОХОДА СТРАНЫ

Кратко рассмотрена возможность и целесообразность расширения размера контейнерных перевозок, особенно в транзитном сообщении в направлении Китай – ЕС и обратно. Показана общемировая тенденция строительства контейнерной инфраструктуры и мощностей по обработке контейнеров. Это позволит значительно улучшить финансовые показатели Белорусской железной дороги.

Повышение уровня жизни граждан связано с ростом доходов государства. Один из путей решения этой задачи состоит в более полном использовании преимуществ положения и развития экономики нашей республики. Неуклонный рост населения в различных странах мира требует увеличения уровня, качества и объемов предоставляемых услуг. Большое значение в решении этой задачи имеет повышение транзитной привлекательности Республики Беларусь [1]. В международную торговлю вовлекается всё большее количество стран, что требует совершенствования технологий отправки и транспортировки грузов, повышения уровня автоматизации, механизации и информатизации перевозочных процессов. Основной тенденцией в развитии мирового и отечественного транспорта последних десятилетий является быстрый рост контейнерных перевозок.

К числу главных преимуществ относится возможность расширения размера контейнерных перевозок. Развитие отрасли транспортировки грузов непосредственно связано с макроэкономическими факторами и динамикой международной торговли. Рынок международных контейнерных перевозок представляет собой рынок с развитой конкуренцией. В настоящее время международная торговля является одним из наиболее динамичных сегментов мировой экономики. На протяжении последних десятилетий темпы роста оборота мировой торговли значительно превышали темпы роста промышленного производства и мирового ВВП. Динамичное развитие мировой торговли определили такие факторы, как растущая интернационализация производства, углубление международного разделения труда, усиление роли транснациональных корпораций на мировом рынке и глобализация мировой экономики. Контейнерные перевозки развиваются и в максимальной мере соответствуют требованиям рыночной экономики как неотъемлемая часть национальных и международных товаропроводящих систем, обеспечивающих бесперебойную доставку продукции и производственно-сырьевых грузов в торговые сети. Основной тенденцией в развитии отечественного и мирового транспорта последних десятилетий является быстрый рост контейнерных перевозок. Контейнеризация – одно из направлений технического прогресса в организации перевозок, складировании и хранении грузов. Она является одним из самых прогрессивных направлений развития, рационализации и оптимизации транспортных процессов.

Контейнерные перевозки позволяют освободить грузовладельца от необходимости упаковки и маркировки, снижают затраты на погрузочно-разгрузочные и складские работы при смешанном сообщении. Они являются самым экономичным и экологичным видом транспортировки грузов, успешно применяются на международных и внутренних сообщениях. Железнодорожные перевозки в контейнерах – один из самых экономичных и надежных способов доставки груза в пределах одного континента, которые наиболее востребованы при доставке больших объемов товара на значительные расстояния. Неоспоримым конкурентным преимуществом сухопутного транзитного пути являются сроки доставки груза, меньшее количество субъектов транспортного рынка, взаимодействующих в процессе перевозок. Развитие контейнерных перевозок определено на государственном уровне в рамках реализации направлений Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года, одобренной на заседании Президиума Совета Министров Республики Беларусь (протокол № 3 от 10.02.2015), Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь № 466 от 15.12.2016 и подпрограммы 1 «Развитие железнодорожного транспорта Республики Беларусь» Государственной программы развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы, утвержденной Советом Министров Республики Беларусь № 345 от 28.04.2016.

Актуальность развития контейнерных перевозок грузов на Белорусской железной дороге обусловлена рядом факторов: общемировой тенденцией увеличения рынка контейнерных перевозок; привлекательностью для клиентов из-за возможности доставки груза непосредственно от грузоотправителя к грузополучателю, несмотря на отсутствие у них технических условий для работы с контейнерами; повышением эффективности использования контейнеров собственного парка и специализированного подвижного состава, а также транспортно-логистических терминалов, перегрузочных мощностей и др.

К основным общемировым тенденциям развития контейнерных перевозок относятся следующие: повсеместное строительство контейнерной инфраструктуры и мощностей по обработке контейнеров, особенно на стратегических направлениях; повышение конкуренто-

способности контейнерных перевозок по сравнению с перевозками различными видами подвижного состава за счет повышения качества оказываемых услуг; возможность осуществления электронного документооборота между клиентами и участниками транспортного рынка; сокращение сроков доставки грузов в контейнерах; консолидация рынка контейнерных перевозок путем создания транспортно-логистических групп; возможность оказания комплекса услуг и, как результат, рост объемных и финансовых показателей.

Географическое расположение Республики Беларусь определяет основные направления развития контейнерных перевозок по отдельным видам сообщений. В настоящее время доля транзитных перевозок контейнеров на Белорусской железной дороге является определяющей и составляет около 71 %, доля ввоза – 13 %, вывоза – 12,8 %, перевозки контейнеров во внутриреспубликанском сообщении – 3,4 %. Значительная доля транзитных контейнерных перевозок определена преимущественно увеличивающимся спросом на контейнерные перевозки по маршруту Китай – ЕС – Китай.

Актуальность развития контейнерных перевозок для Белорусской железной дороги предопределяется с точки зрения улучшения финансовых показателей по грузовым перевозкам. В настоящее время контейнерные перевозки грузов по Белорусской железной дороге занимают незначительную долю в общем объеме перевозок грузов. Так, по итогам 2016 года доля контейнерных перевозок в структуре составила 2,12 %.

Средняя доходность перевозки 1 тонны груза в контейнере более чем в 2 раза выше доходности от перевозки грузов повагонными отправками. Вид используемого подвижного состава при сопоставимых эксплуатационных параметрах перевозочного процесса оказывает незначительное влияние на величину эксплуата-

ционных затрат. Разница эксплуатационных затрат появляется при организации перевозок контейнеров организованными контейнерными поездами, позволяющими обеспечить значительно большую скорость доставки груза без дополнительных переработок вагонов с контейнерами на технических станциях и, как следствие, снижение простоя вагонов в пути следования. Республика Беларусь находится на одном из глобальных путей движения грузов рядом с развитым либерализованным европейским рынком, на котором активно конкурируют компании железнодорожной и автомобильной логистики. Конкуренция на близком для Беларуси рынке движения товаров способствует развитию большого спектра логистических услуг с наибольшей рентабельностью по сравнению с перевозками, а именно: экспедирование, погрузка и переработка контейнеров, хранение, управление поставками. Высокий клиентский сервис и активное объединение транспортно-логистических компаний в зависимости от конъюнктуры рынка дают основания предполагать постепенное втягивание грузов Беларуси в международные логистические цепочки, особенно на маршруте ЕС – Китай и обратно.

Республике Беларусь следует повышать уровень транспортно-экспедиционного обслуживания для привлечения еще большего железнодорожного грузопотока в сообщении Китай – ЕС – Китай и предотвращения его ухода на дороги соседних государств.

Список литературы

1 Сачек, Т. П. Повышение транзитной привлекательности Республики Беларусь за счет усовершенствования работы таможи / Т. П. Сачек, О. С. Гулягина // Труд, профсоюзы, общество. – 2018. – № 3. – С. 19.

Получено 21.01.2019

A. V. Shylovich. The growth of container traffic is an additional source of income for the country.

The possibility and expediency of expanding the size of container traffic, especially in transit traffic in the direction of China-EU and back in vice versa, are briefly considered. The global trend in the construction of container infrastructure and container processing facilities is shown. This will significantly improve the financial performance of the Belarusian railway.

УДК 656.135.073

Н. А. ЛУЖАНСКАЯ, старший преподаватель, Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ СПРОСА НА УСЛУГИ ГРУЗОВЫХ ТАМОЖЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО РЕГИОНАМ УКРАИНЫ

Вопрос целесообразности функционирования грузовых таможенных комплексов в Украине в целом, а также в отдельно взятом регионе зависит от спроса на таможенные и логистические услуги у субъектов внешнеэкономической деятельности. С целью анализа существующей ситуации на рынке и прогноза на будущее предложено методическое обеспечение комплексной оценки внешнеэкономического потенциала региона.

Важными составляющими формирования стратегии управления деятельностью грузовых таможенных комплексов в разных регионах Украины являются: разработка системы оценки уровня развития их внешнеэкономического потенциала, прогнозирование объемов экспортных и импортных грузопотоков, степень инфраструктурного обеспечения и наличие производственных мощностей. Однако целесообразность строительства новых грузовых таможенных комплексов и совершенствования технического, технологического и организационного обеспечения в отдельно взятом регионе зависит от наличия спроса на их услуги и перспектив дальнейшего развития производства и экономики.

На данный момент не существует четкого механизма комплексной оценки непосредственно внешнеэкономического сектора, но предприняты попытки разработки методики оценки внешнеэкономического потенциала региона. Наиболее известна методика, предложенная Н. Э. Кудратовым, Н. И. Аскарковым и Б. А. Исаховым [1]. С целью сравнительной оценки внешнеэкономического положения регионов необходимо использовать следующие показатели, отражающие уровень их развития: удельный вес каждого региона во внешнеторговом обороте и экспорте страны; внешнеторговый оборот, в том числе экспорт продукции (на душу населения); удельный вес региона в общем объеме иностранных инвестиций, привлеченных в страну, а также доля иностранных инвестиций в общем объеме капитальных вложений регионов; удельный вес совместных предприятий в общем объеме экспорта, доля регионов в общем объеме экспорта совместных предприятий, а также производство продукции совместных предприятий регионов на душу населения и удельный вес совместных предприятий в производстве промышленной продукции региона; удельный вес регионов в общем объеме экспорта страны без учета наиболее экспортонемких отраслей.

Данная методика предполагает на основе полученных данных проведение их количественного и качественного анализа, выявление причин отставания отдельных регионов, их типологизацию и разработку на этой основе дифференцированной системы мероприятий по дальнейшему регулированию данного процесса применительно к каждой группе регионов (с высоким, средним, низким уровнями развития внешнеэкономической деятельности). Анализируемая методика имеет также некоторые недостатки. Предлагаемый перечень показателей не позволяет объективно оценить уровень социально-экономического развития региона и его внешнеэкономического комплекса в целом, что является важным для определения перспектив развития регио-

нальной внешнеэкономической деятельности, так как экспортный потенциал невозможно оценить без оценки уровня развития отраслей народного хозяйства. Нет научного обоснования выбора индикаторов оценки составляющих внешнеэкономического потенциала.

В большинстве случаев для оценки внешнеэкономической деятельности региона наряду с использованием общеизвестных показателей (экспортной и импортной квоты) предлагается рассчитывать показатель экспортности региона, позволяющий оценить открытость экономики регионов. Недостатком этого подхода является то, что при расчете экспортности региона учитывается только стоимость промышленной продукции, но Украина экспортирует не только промышленную, но и сельскохозяйственную продукцию, а также сырье. В Украине есть регионы, специализирующиеся на производстве и экспорте сельскохозяйственной продукции, и в результате использования этого подхода невозможно оценить их экспортность. Предлагаемые показатели не учитывают импорт регионов, что не соответствует основному принципу открытости экономики.

Как уже отмечалось выше, в современной литературе практически нет методики, позволяющей произвести комплексную оценку уровня развития внешнеэкономического комплекса региона. Основная сложность заключается в том, что практически невозможно дать однозначную интегральную оценку общей внешнеэкономической ситуации в регионе. Следует отметить, что оценка только внешнеэкономических показателей каждой территории не столь уж результативна, как может показаться на первый взгляд, так как необходимо оценивать не столько внешнеэкономический или экспортный потенциал региона, сколько региональный внешнеэкономический комплекс. Именно в этом случае возможна оценка сильных и слабых сторон экономики региона с точки зрения его международной конкурентоспособности, оценка приемлемого для региона вида экономического роста: экспортоориентированного, импортозамещающего или смешанного с приоритетом экспорто- или импортозамещения. В этих условиях задача системного анализа и оценки уровня развития региональных внешнеэкономических комплексов трансформируется в проблему выбора тех или иных количественных и качественных параметров, характеризующих уровень развития не только внешнеэкономических связей, но и региональной экономики в целом. Мировой опыт свидетельствует о необходимости использования в подобных целях не единого показателя, а совокупности комплексных показателей. Это требует широких научных исследований по отбору, обоснова-

нию и использованию обобщающих показателей развития внешнеэкономических комплексов регионов.

Для объективной оценки внешнеэкономического комплекса регионов необходимо разработать систему коэффициентов, позволяющих оценивать уровень развития и изменений, происходящих в региональной внешнеэкономической деятельности. Преимуществами предлагаемой классификации должны являться известность и простота расчета коэффициентов, реальная взаимозависимость их с социально-экономическим развитием и внешнеэкономической деятельностью, а также доступность получения необходимой информации. При этом, учитывая различный характер структуры экспортно-импортных операций со странами, целесообразно рассчитывать данные коэффициенты как в целом, так и в разрезе групп стран.

При формировании системы показателей оценки уровня развития внешнеэкономического комплекса региона учитываются следующие условия: доступность получения необходимой статистической информации; простота расчетов; учет отраслевой специализации регионов; учет основных направлений внешнеэкономической деятельности субъектов; обширность получаемой информации и возможность построения рейтинговых оценок положения региона в сравнении с другими субъектами по различным направлениям. Основной целью предлагаемой системы показателей является оценка уровня развития внешнеэкономического комплекса регионов, позволяющая в конечном счете осуществить разработку рекомендаций по расширению объемов внешнеторговых операций. Поскольку система ориентирована на исследование развития внешнеэкономической деятельности регионов, то вполне оправданной представляется высокая доля показателей, оценивающих экспортно-импортные операции регионов.

Выбор показателей должен быть обусловлен, с одной стороны, тем, что к наиболее развитым формам внешнеэкономической деятельности на региональном уровне, оценка и управленческое воздействие на которые позволит в кратчайшие сроки способствовать повышению эффективности функционирования региональной экономики, относятся внешняя торговля товарами, торговля наукоемкой продукцией и услугами технического характера, инвестиционное сотрудничество и совместное предпринимательство, а с другой – наиболее тесной взаимосвязью между показателями, определенной в результате анализа взаимосвязи показателей социально-экономического развития и экспортно-импортных операций региона.

Основными приемами оценки уровня развития внешнеэкономического комплекса региона, могут быть следующие. Сравнение и сопоставление экономических показателей, предусматривающее сравнимость временных интервалов, методов измерения, сложившихся условий и т. д. Сравнение должно осуществляться с соответствующими показателями предшествующих временных периодов с их средними значениями и т. д. Посредством сводки исходные статистические данные, характеризующие уровень устойчивости развития экономики региона, объединяются в аналитические таблицы, на основании которых делаются необходимые сопоставления и выводы.

Особого внимания заслуживают многомерные сравнения, которые позволяют комплексно оценивать процесс устойчивого развития внешнеэкономического комплекса в случае проведения пространственной или динамической рейтинговой оценки. Итоговая рейтинговая оценка основывается на построении интегрирован-

ных социально-экономических индикаторов. По каждому индикатору каждый регион получает свой ранг, который оценивается соответствующим баллом. Все индикаторы признаются равнозначными. Затем по каждому блоку и в целом рассчитываются стандартизированные оценки путем деления фактических баллов на минимально возможные. Чем ниже значение оценки, тем в лучшем положении находится соответствующий регион по степени устойчивости развития внешнеэкономического комплекса. Аналогичные расчеты можно делать и в пространственно-временной оценке, позволяющей проанализировать динамизацию процесса развития внешнеэкономического комплекса конкретного региона во времени. Предлагаемая методика оценки внешнеэкономического комплекса регионов не претендует на окончательность и, несомненно, может подвергнуться доработке, но, возможно, поможет в дальнейшей разработке методик его оценки. Группировка регионов поможет систематизировать их в соответствии с основными проблемами, связанными с развитием внешнеэкономических связей и разработать единую систему мер по устранению выявленных недостатков. Это позволит региональным властям работать над решением определенных проблем по совершенствованию внешнеэкономических связей региона с учетом региональных особенностей.

Немаловажным элементом в увеличении спроса на услуги грузовых таможенных комплексов является повышение экономической эффективности региональных хозяйств. На современном этапе для расширения региональных внешнеэкономических связей необходима такая система управления внешнеэкономическим комплексом, которая позволяла бы в полной мере объединить абсолютные и относительные преимущества регионов с предпринимательской активностью населения на основе прогрессивных организационно-политических условий. В связи с этим большую актуальность приобретает теория кластерного управления экономикой. Применение кластерного метода наиболее актуально именно на региональном уровне вследствие необходимости тесного контакта между участниками кластера, что предполагает некоторое территориальное ограничение. Расположение в одном регионе позволяет руководителям и специалистам быстро встретиться, обсудить общую задачу, оперативно решить любую возникшую проблему, а также определить приоритетные направления развития кластера. Одним из преимуществ кластерного управления экономикой является усиление роли экономических факторов при одновременном снижении административных. Особый интерес концепция кластерного управления региональной экономикой приобретает в свете усиления роли внешнеторговой деятельности в социально-экономическом развитии регионов, поскольку позволяет выявить факторы и элементы, воздействующие на развитие конкурентных преимуществ через призму внешнеэкономической конкурентоспособности.

Роль региональных органов власти высока только на первых этапах формирования кластеров: в оценке внешнеэкономического комплекса региона, в выборе наиболее перспективных кластеров, создании выгодных условий для их формирования, и обусловлена учетом интересов регионального развития, не являющихся приоритетными для бизнеса. В дальнейшем значение региональных властей сокращается, и главную роль начинают играть законы рыночной экономики, стиму-

лирующие развитие наиболее выгодных производств, а роль региональных органов власти сводится к поддержке важнейших кластеров.

Управление внешнеэкономическим комплексом региона в случае применения метода кластеризации сводится к общему регулированию экономических процессов, протекающих в регионе. В этом случае региональное правительство может осуществлять функции по координированию развития внешнеэкономического комплекса региона посредством осуществления выставочно-ярмарочной деятельности, формирования положительного имиджа региона, предоставления налоговых гарантий, льгот и субсидий, и этим стимулировать выпуск высококонкурентной готовой продукции или продукции с более высокой степенью переработки и не вмешиваться в решение проблем более низкого уровня.

Дополнительным аргументом в пользу формирования региональных кластеров с внешнеэкономической ориентацией являются положения классических теорий, в соответствии с которыми более высокие показатели объема производства продукции, занятости и производительности труда наблюдаются в отраслях, имеющих экспортную ориентацию. В соответствии с этим для определения отраслевой специализации региона предлагается использование группы коэффициентов локализации: объемов производства, занятости, производительности труда, инвестиций в основной капитал, иностранных инвестиций, экспорта и импорта.

Основными аргументами в пользу использования кластерного метода управления региональной экономикой являются: высокая согласованность с самим характером конкуренции и источниками достижения конкурентных преимуществ; эффективное обеспечение функционирования межотраслевых связей, вследствие материальной заинтересованности всех участников кластера в производстве конечного конкурентоспособного товара; быстрое распространение технологий, навыков и информации; возможности эффективного обмена идеями между специалистами, а следовательно, формирование конкурентной среды; возможность формирования промышленных объединений, обеспечивающих занятость населения региона, развитие инфраструктуры, и т. д.; возможность осуществления внутренней специализации и стандартизации; увеличение производительности труда; минимизация затрат на внедрение инноваций; наличие в структуре кластеров гибких предпринимательских структур – малых предприятий, способствующих формированию инновационных точек роста за счет высокой степени специализации при обслуживании конкретного промышленного производства; возможность целенаправленной переориентации убыточных предприятий региона; возможность регулирования инвестиционных потоков и оценки эффективности их вложений на основе приоритетности развития региональных кластеров; повышение в регионе предпринимательской активности за счет создания благоприятных условий для развития экспортноориентированных и импортозамещающих производств.

Кластерный анализ может послужить основой для конструктивного диалога между предпринимателями и властью с целью выявления общих проблем, инвестиционных возможностей, корректировки промышленной и формирования инновационной политики региона.

Применительно к регионам Украины существует ряд условий как способствующих, так и негативно влияющих на формирование кластеров. К позитивным усло-

виям, несомненно, необходимо отнести: существование технологической и научной инфраструктур; психологическую готовность к кооперации, основанную на исторически сложившихся производственно-экономических связях. К негативным факторам относятся низкое качество бизнес-климата и уровня развития ассоциативных структур, которые не справляются с задачей выработки приоритетов в развитии региональной экономики; широко используемый краткосрочный горизонт планирования, в то время как в случае кластерного управления реальные выгоды от развития кластера появляются только через 5–7 лет.

Региональный кластер может существовать при наличии трех основных составляющих: лидирующих фирм, выпускающих высококонкурентную продукцию и экспортирующих ее за рубеж; сети поставщиков, обеспечивающих бесперебойное производство конечной экспортной продукции; объектов таможенно-логистической инфраструктуры, обеспечивающих обработку грузопотоков, следующих в международном сообщении. Именно от уровня развития и качества работы обслуживающих предприятий зависит благополучие кластера в целом; бизнес-климата или внешней и внутренней конкурентоспособности предприятий кластера, включающей в себя качество трудовых ресурсов, возможность доступа к инвестиционным потокам, уровень налогообложения, наличие административных барьеров, уровень развития инфраструктуры в регионе базирования кластера, регионального научно-исследовательского потенциала и т. д.

При формировании кластеров и выборе из них наиболее приоритетных необходимо оценить динамику коэффициентов локализации, так как увеличение значения показателей в динамике свидетельствует о возможных дальнейших перспективах роста кластеров, а снижение – о возможной необходимости расширения ассортимента выпускаемой продукции, необходимости модернизации производства или о неперспективности кластера в будущем.

Для оценки товарной структуры внешней торговли предлагается использование достаточно широко известных за рубежом, но пока не получивших широкого распространения в нашей стране, коэффициентов «типа Грубела-Ллойда и Баласса» [2]. Множество предположений, лежащих в основе использования этого коэффициента, были подвергнуты сомнению. Например, то, что использование этого коэффициента предпочтительно при оценке внешней торговли в интеграционных объединениях, так как в этом случае данные не искажены различиями в тарифной защите [3, 4]. Но несмотря на это, он часто используется в силу его информативности. В рамках нашего исследования мы имеем возможность пренебречь этими искажениями в силу небольшого влияния тарифных предпочтений на региональную внешнеэкономическую деятельность.

Детализация внешнеторговой структуры на уровне региона даст возможность оценить необходимость и целесообразность реструктуризации отраслей производства с учетом внешнеэкономического фактора и, соответственно, будет способствовать более активному включению регионов в мирохозяйственные связи. В силу сложившегося разделения статистики внешней торговли на торговлю со странами ближнего и дальнего зарубежья расчет необходимо провести и с учетом этого деления. Расчет коэффициентов внутр отраслевой торговли позволяет также получить дополнительную информацию об уровне социально-экономического развития

региона и определить приоритетные направления развития международной торговли применительно к торговым партнерам, находящимся на различных ступенях социально-экономического развития. В результате расчетов формируется группа экспортных товаров, производство которых является приоритетным для региона, а также изучается целесообразность импортных операций.

Следующим этапом является выявление базовых кластерообразующих предприятий, производящих эти товары. При этом большое внимание необходимо уделить анализу деятельности совместных предприятий, работающих на территории региона, с целью оценки возможности использования их как кластерообразующих. После выявления базовых предприятий необходимо осуществить изучение предприятий-поставщиков и смежников, которые будут включены в кластер. Важно выяснить, какие предприятия, необходимые для формирования кластера, находятся вне территории региона, и изучить возможность репрофилирования убыточных предприятий в соответствии с нуждами формирующихся кластеров.

Идентификация региональных возможностей предполагает оценку таких составляющих бизнес-климата, как условия факторов производства, их качества и степени специализации; условия для конкуренции и стратегического развития; условия спроса; связанные или поддерживающие отрасли.

Изучение региональных возможностей позволяет определить приоритетные рынки сбыта продукции, обеспечивающие максимальное включение региона в систему экономических связей и способствующие увеличению объемов экспорта продукции с высокой долей добавленной стоимости. Вследствие невозможности на первом этапе организовать максимальную региональную поддержку всем кластерам, которые могут быть организованы в регионе, необходимо четко определить кластеры, формирование которых приоритетно, и всячески способствовать их развитию, причем это могут быть как экспорто-, так и импортоориентированные кластеры. На основе проведенного анализа региональных возможностей, оценки структуры внешнеторгового оборота происходит формирование кластеров.

Стратегия развития кластеров заключается в создании условий для их эффективной работы. Роль работы региональных властей в этом направлении сводится к созданию системы стимулирования выпуска конкурентной готовой продукции и включает в себя меры: по льготному кредитованию и налогообложению предприятий, входящих в регионально значимые кластеры; стимулированию производства высокотехнологичной продукции и созданию условий для сокращения выпуска продукции с низкой долей добавленной стоимости; по репрофилированию убыточных предприятий на производство импортозамещающей продукции; по разработке механизма государственных гарантий под внешнее финансирование и поставку продукции в кредит, а также страхование экспорта продукции; по содействию в продвижении продукции региональных кластеров на внешние рынки посредством осуществле-

ния выставочно-ярмарочной деятельности; по открытию региональных торговых представительств в странах, торговые отношения с которыми являются приоритетными; по формированию информационной инфраструктуры, содействующей расширению связей между кластерами, работающими в тех же отраслях.

Управление внешнеэкономическим комплексом региона в случае применения метода кластеризации сводится к общему регулированию экономических процессов, протекающих в регионе. В этом случае региональное правительство может осуществлять функции по координированию развития общерыночных структур и не вмешиваться в решение проблем более низкого уровня. Использование этого метода позволит региональным органам власти наиболее эффективно способствовать развитию региональной экономики посредством осуществления выставочно-ярмарочной деятельности, предоставления налоговых гарантий, льгот и субсидий. В дальнейшем роль региональных властей сокращается и главную роль начинают играть законы рыночной экономики, стимулирующие развитие наиболее выгодных производств, а роль региональных органов власти сводится к поддержке важнейших кластеров.

Таким образом, предлагаемый механизм оценки структуры внешнеторговых операций и формирования кластеров с внешнеэкономической ориентацией на сегодня является одним из наиболее перспективных вследствие того, что минимизирует управляющее воздействие региональных органов власти и максимизирует предпринимательскую активность.

Следует отметить, что оценка внешнеэкономического комплекса региона становится объективной необходимостью, особенно в условиях формирования рыночных отношений и расширения региональных внешнеэкономических связей. При этом решение данной проблемы должно базироваться на полной и достоверной оценке процессов, происходящих в регионе, так как они являются исходной предпосылкой для разработки основных направлений устойчиво-сбалансированного развития территориального образования. Это и определило целесообразность разработки метода комплексной оценки уровня развития внешнеэкономического комплекса регионов, а исходя из этого и степень спроса на услуги грузовых таможенных комплексов.

Список литературы

- 1 Кудратов, Н. Э. Методические вопросы оценки уровня развития экспортного потенциала регионов // Н. Э. Кудратов, Н. И. Аскиров, Б. А. Исахов // Вопросы статистики. – 2001. – № 2. – С. 48–49.
- 2 Портер, М. Конкуренция / М. Портер. – М. : Вильямс, 2010. – 592 с.
- 3 Cainelli, G. The evolution of industrial sectors in Europe / G. Cainelli, R. Leonciniz, A. Montinix // Paper prepared for the Nelson and Winter Conference Aalborg, 12–15 June 2001.
- 4 Yeats, A. J. Just How Big is Global Production Sharing? / A. J. Yeats // World Bank Policy Research Working Paper. – Washington, 1998. – 58 p.

Получено 04.04.2019

N. A. Luzhanskaia. Methodical support assessment of demand for the services of cargo customs complexes in Ukraine regions.

The question of expediency of cargo customs complexes functioning in Ukraine in general and in a single region depends on demand for customs and logistic services at subjects of foreign economic activity. In order to analyze the current situation on the market and forecast for the future methodical support has been proposed for a comprehensive assessment of the region's external economic potential.

«ВЕСТНИК БелГУТа: НАУКА И ТРАНСПОРТ»

Научно-практический журнал № 1 (38) 2019 года

Издается с апреля 2000 года

Выходит один раз в полугодие

Учре д и т е л и:

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

Редакторы: *А. А. Павлюченкова, И. И. Эвентов*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Корректор *Т. А. Пугач*

Компьютерная верстка – *Е. И. Кудрявская, С. В. Ужанкова*

Подписано в печать 26.09.2019 г. Формат 60x84^{1/8}. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 11,62. Уч.-изд. л. 11,86. Тираж 100 экз. Изд. № 73. Зак. № 3786.

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»
ЛП № 02330/238 от 14.04.2014 г.
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель

© Оформление. БелГУТ, 2019