

ВЕСТНИК  
Белорусского  
Государственного  
Университета  
Транспорта

---

Научно-практический журнал

---

НАУКА  
и ТРАНСПОРТ

№ 1 (34)/2017

«ВЕСТНИК БелГУТа: НАУКА И ТРАНСПОРТ»

Научно-практический журнал № 1 (34) 2017 года

Издается с апреля 2000 года

Выходит один раз в полугодие

У ч р е 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) 71-29-28

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

На белорусском и русском языках

СОДЕРЖАНИЕ

**БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

Бурченков В. В., Холодиллов О. В. Техническая диагностика состояния подвижного состава и перспективы ее развития в Западной Европе и США.....	5
Раков Д. Н., Могила В. С., Дробов А. В., Галушко В. Н. Анализ влияния различных факторов на рабочие характеристики асинхронного двигателя.....	10

**АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ**

Антонов А. В. Определение направлений повышения эффективности работы системы «контактный провод – токоприемник» при внедрении скоростного движения.....	14
Босый Д. А., Косарев Е. Н. Особенности выполнения автоматизированных расчетов систем тягового электроснабжения постоянного тока.....	18

**АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ**

Карасевич С. Н., Аземша С. А. Планирование транспортного обеспечения «Европейских игр-2019» в Республике Беларусь	22
Скирковский С. В. Обоснование выбора формы организации работы пассажирских транспортных средств на маршруте.....	26
Скирковский С. В. Исследование влияния факторов на результативность работы городского пассажирского маршрутизированного транспорта.....	30

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА**

Кулаженко Ю. И., Ерофеев А. А., Кузнецов В. Г. Совершенствование механизмов государственного контроля безопасности транспортной деятельности на железнодорожном транспорте.....	36
Ерофеев А. А. Предпосылки создания системы интеллектуального управления перевозочным процессом.....	42
Ерофеев А. А. Влияние сбоев в информационно-управляющих системах на перевозочный процесс.....	46
Власюк Т. А. Экистические особенности формирования и развития городов-спутников в Республике Беларусь с учетом транспортного сообщения.....	51
Федоров Е. А. Структурная композиция транспортных потоков при их интеграции в поездообразование и график движения поездов.....	55
Шкурин К. М. Системный подход к оптимизации плана формирования поездов.....	61
Осипенко Д. Ф. Оценка экономической эффективности организации скоростного движения пассажирских поездов.....	65
Терещенко О. А. Динамическая модель перевозочного процесса для решения задачи оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов.....	68
Аксенчиков А. А. Структура и взаимосвязь подсистем, участвующих в обслуживании транспортного потока на станциях пердачи вагонов.....	72

**НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

Неверов А. С., Пантюхов О. Е., Неверова А. А. К вопросу о графическом отображении взаимосвязи модулей упругости.....	78
Поддубный А. А., Яровая А. В. Перспективы применения быстровозводимых мостов и переправ.....	83
Васильев А. А. К вопросу о необходимости учета карбонизации бетона в нормативных документах Республики Беларусь по оценке технического состояния железобетонных элементов и конструкций.....	87

**ЭКОНОМИКА**

Еловой И. А., Осипенко Л. В. Особенности формирования железнодорожных тарифов на услуги инфраструктуры на Евро-Азиатском транспортном рынке.....	89
Пильгун Т. В. Создание системы показателей качества транспортных услуг – фактор повышения конкурентоспособности транспортных предприятий.....	93
Зайчик В. С., Кебиков А. А., Роговенко М. А., Шкрабов Е. В. Особенности подтверждения соответствия продукции для железнодорожного транспорта.....	97

**МАРКЕТИНГ**

Мельник Т. С. Направления и виды маркетинговых исследований в сфере пассажирских перевозок с учетом транспортного сообщения.....	102
--	-----

**ПОДГОТОВКА КАДРОВ**

Карасевич С. Н., Бесчетный Д. Г., Аземша С. А. Разработка предложений по созданию профессионального сообщества ученых и специалистов по городскому транспортному планированию.....	107
--	-----

## **УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!**

*У вас в руках первый номер журнала 2017 года, объявленного в нашей стране годом науки. Статьи этого выпуска отражают результаты научных исследований, которые проводятся специалистами в области транспорта и смежных наук как в Беларуси, так и за рубежом, а также консолидации усилий ученых по внедрению их в практику.*

*Надеюсь, что данный выпуск будет способствовать научной коммуникации, обмену идеями, оптимизации взаимосвязи ученых и практиков.*

*Особо хотелось бы подчеркнуть, что редакционная коллегия рассматривает журнал в качестве открытого форума, широкой трибуны, с которой можно демонстрировать и предлагать подлинно новаторские проекты, позволяющие по-современному осмысливать и анализировать достижения отечественной и зарубежной науки и практики.*

*Мы с нетерпением ожидаем от наших авторов не только глубоких теоретических исследований, выверенных, научно обоснованных, значимых предложений, но и практических рекомендаций, обеспечивающих устойчивую связь науки с производством по таким направлениям, как развитие системы фирменного транспортного обслуживания, внедрение широкой информатизации во всех звеньях перевозочного процесса, проведение гибкой тарифной политики, улучшение взаимодействия предприятий железнодорожного транспорта с регионами, совершенствование структуры управления и другие.*

*Пользуясь случаем, выражаю глубокую признательность авторам статей за их вклад в развитие науки. Пусть научные изыскания принесут пользу обществу, а самим авторам подарят огромное моральное удовлетворение, благополучие и радость.*

*Главный редактор журнала,  
ректор Белорусского государственного  
университета транспорта  
доктор физико-математических наук*

**Ю. И. КУЛАЖЕНКО**

**БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

УДК 656.256.05:656.2

*В. В. БУРЧЕНКОВ, кандидат технических наук, О. В. ХОЛОДИЛОВ, доктор технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ  
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ  
В ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЕ И США**

Проведен анализ тенденций развития систем мониторинга состояния ответственных частей подвижного состава на железных дорогах Западной Европы и США. Показана перспективность широкого использования микропроцессорной техники, организации системы предупредительного технического обслуживания и ремонта подвижного состава по фактическому состоянию ответственных компонентов ходовых частей вагонов.

**Р**ост объема перевозок, повышение скорости движения и тоннажа поездов заставляют обращать все большее внимание на оперативный контроль состояния ответственных частей подвижного состава. Решение этой задачи может быть достигнуто, в частности, путем создания ряда измерительных устройств, располагаемых на железнодорожном пути и вблизи него и способных выполнять измерения бесконтактным способом, непосредственно при движении поезда.

**Обзор систем дистанционного контроля ходовой части подвижного состава.** Системы дистанционного мониторинга являются важнейшими среди технических средств контроля состояния подвижного состава и инфраструктуры. Их совершенствованию и развитию уделяется пристальное внимание со стороны разработчиков, производственных компаний и железных дорог во многих странах мира. Это дает возможность прогнозировать появление и дальнейшее развитие дефектов ходовой части и элементов инфраструктуры, а также последствия для перевозочного процесса и его технического обслуживания.

*Автоматизированный контроль параметров колесных пар.* Сравнительно недавно на железных дорогах ряда стран стали внедряться системы контроля параметров колесных пар подвижного состава в движении, работающие на принципе бесконтактного оптического измерения. Эти системы позволяют выявлять дефекты колеса задолго до того, как они могут стать причиной аварии. С их помощью можно измерять в динамике такие параметры колеса, как диаметр, высота и толщина гребня, ширина изнашиваемой части поверхности катания, толщина обода [1].

В таблице 1 приведены технические характеристики ряда систем бесконтактного оптического контроля параметров колесных пар. Основными функциональными элементами данных систем, использующих триангуляционный принцип для измерения расстояний до соответствующих участков поверхности колеса, являются:

- источник излучения – лазерный диод, работающий, как правило, в видимом диапазоне длин волн (630–670 нм) и реже – в инфракрасном (ИК) диапазоне;
- фотоприемник, регистрирующий излучение, отраженное от поверхности колеса;
- средства обработки результатов измерения, необходимые для определения текущих параметров колеса и их сравнения с требуемыми значениями.

*Таблица 1 – Технические характеристики систем бесконтактного оптического контроля параметров колесных пар*

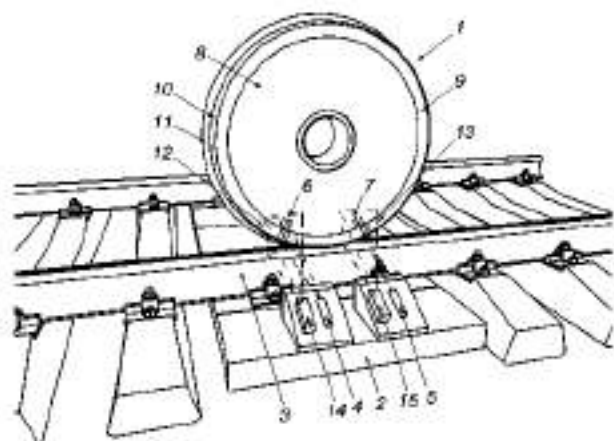
Система	Измеряемые параметры	Погрешность измерения, мм	Скорость, км/ч
Tread View (Великобритания)	Профиль колеса, высота и толщина гребня	±0,5	8
WPMS (Австралия)	Высота и толщина гребня, толщина обода, прокат на поверхности катания	±0,5	60
Wheel Spec (США)	Профиль колеса, высота и толщина гребня, диаметр колеса, толщина обода, прокат на поверхности катания, ползуны	Нет данных	100
WIS (США)	Профиль и диаметр колеса, высота и толщина гребня, толщина обода	±0,2; для диаметра колеса ±0,4	80
Wheel Scan (США)	Высота и толщина гребня, толщина обода, ширина изнашиваемой части поверхности катания	±0,05	30
Argus (ФРГ)	Профиль и диаметр колеса, ползуны, некруглости колес	±0,2	12

Из таблицы 1 видно, что максимальные значения скорости подвижного состава, при которых выполняются измерения, заявленные компаниями – производителями систем, не превышают 100 км/ч. Реально они еще ниже. В большинстве систем зондирующий луч лазера, расположенного ниже уровня рельса, проектируется под некоторым углом на боковую поверхность колеса. Такая

схема реализована в системах Tread View, WPMS, Wheel Spec, GeoTech и ряде других.

Достоинство таких систем – возможность проведения измерений при установленной скорости движения подвижного состава.

Рассмотрим общие принципы построения таких систем на примере **WIS** (International Electronic Machine, США), показанной на рисунке 1 [1]. Измерительные триангуляционные модули этой системы размещены в корпусах, расположенных с обеих сторон колеса 1 на платформах 2, находящихся ниже уровня головки рельса и прикрепленных к рельсам 3. Между платформой 2 и рельсом 3 размещен демпфер, поглощающий удары и вибрации, возникающие при прохождении состава. Корпуса снабжены окнами для ввода и вывода излучения.



1 – внешняя поверхность колеса; 2 – платформа; 3 – рельс;  
4, 5 – лазеры; 6, 7 – совокупность лучей; 8 – часть колесного центра;  
9 – внешняя поверхность обода; 10 – поверхность катания;  
11 – гребень; 12, 13 – граничные траектории лучей;  
14, 15 – фотоприемники

Рисунок 1 – Система WIS для контроля параметров колесных пар

Каждый измерительный модуль включает источник зондирующего излучения (лазер) и фотоприемник, регистрирующий отраженное от поверхности колеса излучение. Для того чтобы лазерный луч попал на рассматриваемую поверхность, лазер и фотоприемник располагают под определенными углами относительно друг друга.

Из рисунка 1 видно, что освещается внешняя поверхность колеса 1. Лазеры 4 и 5 проектируют совокупность лучей 6 и 7, освещающих часть колесного центра 8, внешнюю поверхность обода 9, поверхность катания 10 и гребень 11, причем лучи ориентированы таким образом, что центральный луч пересекает обод колеса в радиальном направлении, а линии 12 и 13 представляют граничные траектории лучей. Отраженные лучи регистрируются фотоприемниками 14 и 15.

Начало измерительного цикла инициируется сигналами, поступающими с датчиков положения колеса, которые фиксируют его появление в зоне измерений. Сигналы с выходов фотоприемников поступают на специальное устройство, захватывающее кадр и преобразующее его в цифровую форму, и далее подаются в процессор, где производится окончательная обработка результатов и расчет требуемых параметров колеса.

Другой принцип построения систем контроля параметров колесных пар, основанный на облучении поверхности катания колеса лазером, плоскость луча которого перпендикулярна этой поверхности, реализован в таких измерительных системах, как **Argus** (Hegenscheidt-MFD, Германия) и **EVA** (Talga Group, Испания) [2]. Лазер в этом случае располагается ниже уровня головки рельса (рисунок 2).

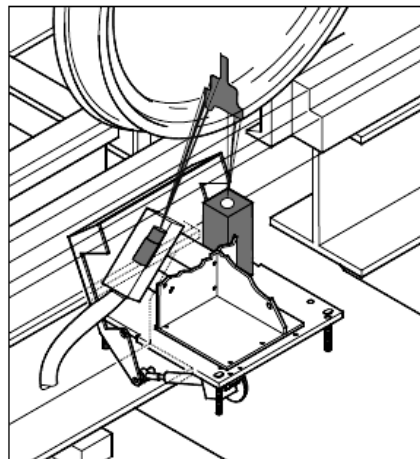


Рисунок 2 – Схема измерения профиля колеса при помощи системы Argus

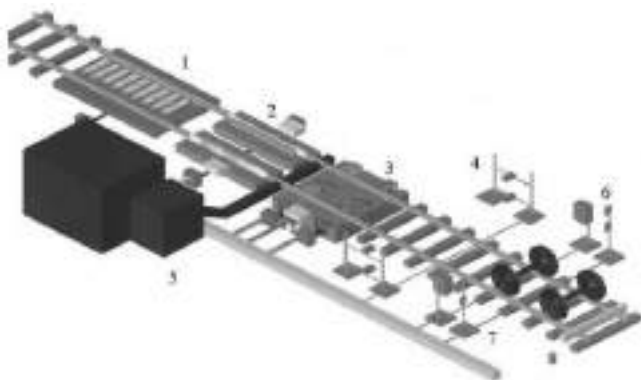
Как видно из рисунка 2, плоский V-образный луч лазера пересекает профиль колеса, а отраженный луч, который соответствует линии пересечения, регистрируется цифровой фотокамерой. С выхода фотокамеры сигнал поступает в компьютер, где осуществляется обработка изображения с целью устранения искажений и выполняется расчет параметров профиля.

Для измерения диаметра колеса используются два лазера с V-образно расходящимся в одной плоскости лучом, размещенные ниже уровня головки рельса. Точность измерения параметров колеса при использовании системы Argus составляет 0,2 мм.

Проведение измерений на высокоскоростных магистралях во многом лимитируется параметрами используемых камер. Появление нового поколения цифровых камер, таких, например, как выпускаемая компанией Kodak ПЗС-матрица KAI-0340DM со скоростью регистрации до 3500 кадр/с, позволит осуществить мониторинг колеса при скорости движения состава свыше 100 км/ч. Компания Proximaat сообщила о проведении измерений при скорости движения до 100 км/ч за счет использования в своей системе GeoTech камеры с высокой скоростью регистрации (до 500 кадр/с). Для повышения точности измерений снимается информация о положении восьми точек поверхности колеса. В результате при различных угловых положениях колеса измеряются восемь значений его диаметра.

В системах контроля параметров колесных пар все большее распространение для обработки информации находят нейронные сети, позволяющие повысить чувствительность системы. Так, в системе Wheel Scan процессор удаленного компьютера, используя алгоритм расчета, основанный на применении искусственной нейронной сети, производит окончательную обработку данных и вычисление измеренных параметров колесной пары.

Современной тенденцией организации систем мониторинга колесных пар является интегрирование в рамках единого комплекса функций нескольких модулей, обеспечивающих получение полной информации о параметрах колесной пары (рисунок 3). Примером этого может служить комплексная система **WISE**. Кроме устройств измерения профиля и диаметра колеса, эта система включает модули определения дефектов колеса и измерение проката и овальности.



1 – модуль измерения проката и овальности; 2 – модуль определения дефектов колеса; 3 – модуль WIS для измерения профиля и диаметра колеса; 4 – датчик положения состава; 5 – помещение (бокс) для установки контрольно-измерительной аппаратуры; 6 – модуль автоматической идентификации подвижного состава; 7 – канал для прокладки кабелей и волоконно-оптических световодов; 8 – датчик наличия посторонних предметов

Рисунок 3 – Комплексная система контроля колесных пар WISE

Принцип действия модуля определения дефектов основан на использовании электромагнитно-акустических (ЭМА) преобразователей [3]. Первый датчик генерирует волну, распространяющуюся в поверхностном слое колеса и обегаящую его по окружности, при этом параметры волны выбираются с учетом глубины ее проникновения в колесо и чувствительности к дефектам. Отраженный от дефекта сигнал принимается вторым датчиком. Метод по своей сути является бесконтактным и в отличие от традиционного ультразвукового контроля не требует использования согласующих материалов. Размер определяемых дефектов:

- глубина – не менее 0,25 мм;
- протяженность – не менее 6,35 мм.

Время мониторинга одного колеса составляет 4 мс.

Погрешность измерения овальности колеса составляет не более 0,1 мм. Весь комплекс измерений проводится при скорости подвижного состава 8 км/ч.

Представляет интерес инновационный комплекс внешнего мониторинга **WCM** (Wheel Condition Monitor), который предназначен для измерения с высокой точностью сил, возникающих в пятне контакта колеса с рельсом. Он является гибридной системой, использующей представление о состоянии 100 % поверхности катания колеса и позволяет комплексно решать проблему возникновения дефектов. Полученные результаты замеров вертикальной вибрации (биения) рельса при прохождении колеса сравниваются с нормальным уровнем вибрации. Это позволяет нормировать значения различных дефектов обода колеса [4].

Система состоит из групп датчиков, которые кре-

пятся на подошве рельса, и расположенных рядом процессоров оценки и обработки замеров (рисунок 4).

В комплексах WCM предусмотрена автоматическая адаптация к различным путевым модулям и климатическим условиям при температуре от минус 40 до плюс 70 °С. Комплекс работает с поездами любой длины, движущимися со скоростью от 25 до 130 км/ч.

При двухминутном интервале попутного следования комплекс способен обрабатывать информацию о 1500 колесных парах, выявляя дефекты диаметром до 5 мм.



Рисунок 4 – Путевое оборудование комплекса WCM

Система поддерживает работу с радиочастотными датчиками вагонов системы автоматической идентификации подвижного состава (Radio Frequency Identification – RFID) [5].

*Мониторинг состояния буксовых подшипников.* Вероятность обнаружения греющихся букс и дефектов, приводящих к этому нагреву на сети дорог (при определенной плотности размещения систем мониторинга) характеризует достаточность инфраструктуры защитных мероприятий. При этом следует помнить, что каждый предотвращенный сход поезда позволяет избежать потенциального ущерба, который минимум на порядок выше затрат на применение систем контроля. В Западной Европе широкое применение получил бесконтактный детектор греющихся букс типа ТК 99 [6,7] (рисунок 5). В состав детектора входят следующие элементы: путевые датчики; блок обработки и управления; блок передачи данных; известительное устройство.



Рисунок 5 – Комбинированный детектор: размещение датчиков контроля температуры греющихся букс, обода колеса и тормозных дисков

Блок обработки и управления монтируют в сигнальном шкафу, а на пути устанавливают инфракрасные

датчики для измерения температуры буксы и обода колеса, а также счетчики осей.

В базовой конфигурации устройства ТК 99 с каждой стороны пути устанавливаются по два датчика для измерения температуры букс. Дополнительно отдельным датчиком можно замерять температуру дисковых тормозов, а с помощью еще одного датчика – температуру ободов колес для выявления заклиненных тормозов.

Используя прогрессивный метод обработки сигнала при помощи линейной решетки датчиков, оптимизирующий определение азимута источника звука в дальнем поле, компания TrackIQ разработала комплекс акустического мониторинга состояния буксовых подшипников RailBAM [8] (рисунок 6).



Рисунок 6 – Оборудование комплекса RailBAM

Эксклюзивным дистрибьютором системы является компания Siemens – партнер TrackIQ. Комплекс позволяет обнаруживать развивающиеся дефекты подшипников на ранней стадии. На поездах могут быть выявлены люфт в подшипнике, выработка на внутренней и внешней ободах, дефекты роликов, наличие коррозии и другие акустически выявляемые повреждения. В комплексе используется два модуля акустических сенсоров, расположенных рядом с путями, и напольный блок обработки данных.

При неограниченной длине поезда и скорости движения от 25 до 130 км/ч RailBAM может обработать до 1500 осей при межпоездном интервале 1 мин. Результаты контроля полностью совместимы с радиочастотной системой идентификации RFID. Применение RailBAM возможно на одно- и двухпутных линиях и разъездах в любых климатических условиях [9].

Использование сборки из нескольких микрофонов позволяет детектору снимать акустические характеристики подшипников при скорости до 100 км/ч, а система скоростной обработки данных – распознавать дефекты.

**Перспективные направления и тенденции развития систем бесконтактного контроля и диагностики подвижного состава.** Анализ систем диагностики ходовых частей вагонов позволил выявить основные направления совершенствования и развития систем бесконтактного контроля подвижного состава и обеспечения безопасности движения.

1 Все вновь создаваемые системы безопасности строятся на базе микропроцессорной техники. Это поз-

воляет значительно уменьшить объем аппаратуры, что, в свою очередь, сокращает расходы на капитальное строительство, снижает потребление электроэнергии. Использование микропроцессоров в устройствах систем управления сделало их более «интеллектуальными», расширило их функциональные возможности. Особое внимание при разработке микропроцессорных систем уделяется вопросам безопасности. Зарубежные фирмы применяют при этом различные решения:

- разрабатывают специализированные безопасные микропроцессоры и резервируют их, создавая многоканальные устройства (Siemens, Германия);
- помещают стандартные ЭВМ в специальные контуры безопасности, являющиеся совокупностью аппаратных и программных средств (Alcatel, Германия);
- обрабатывают одну и ту же информацию разными программами и осуществляют сравнение результатов (Westinghouse, Великобритания) [10] и т.д.

2 Стремление повысить экономическую эффективность железнодорожных перевозок привело к появлению большого числа систем безопасности, специально предназначенных для линий с разной интенсивностью движения.

3 Поскольку железные дороги Европы тесно связаны между собой, существует тенденция применения унифицированных решений в разных странах. Так, начато широкое использование цифровой радиосвязи стандарта GSM-R. Этот стандарт используется в системах автоматического управления движением поездов. Причем по каналам цифровой радиосвязи передается не только известительная информация, но и команды управления. Широко используются стандарты спутниковой системы глобального позиционирования – GPS. Бортовые устройства локомотивов снабжают приемниками GPS, что позволяет с высокой точностью определять координаты и скорость движения транспортных средств. Поскольку повышение скоростей движения требует получения более оперативной информации о состоянии подвижного состава, то существует тенденция переноса «интеллектуальной составляющей» этих систем на поезд, а также расширения функциональных возможностей систем контроля отдельных ходовых узлов до систем комплексного контроля с ранней диагностикой и прогнозированием технического состояния подвижного состава.

#### **Заключение.**

Таким образом, можно полагать, что в настоящее время на железных дорогах Западной Европы и США намечились определенные тенденции в развитии систем и средств ранней диагностики ходовых частей вагонов, которые заключаются в следующем.

1 Наибольшее распространение получили системы выявления предаварийного состояния греющихся буксовых узлов на основе точного бесконтактного измерения температуры перегрева датчиками ИК-излучения.

2 Средства выявления греющихся предаварийных буксовых узлов дополняются средствами ранней, задолго до появления перегрева, диагностики дефектов (повреждений, неисправностей) буксовых подшипников, а также средствами диагностики с точным измерением параметров механических дефектов тележек и колес, ускоряющих повреждения подшипников, завершающиеся отказами буксовых узлов.



3 Более сложные, дорогостоящие сетевые посты точной ранней диагностики обеспечивают, совместно с системой прогнозирования, контроль поездов в зоне обслуживания одного поста в несколько тысяч километров при стоимости комплекта средств акустического контроля подшипников, например системы TADS, ≈ 450 тыс. дол. В постах комплексного контроля высокая эффективность достигается:

– интеграцией ряда систем и технологий диагностики различных объектов: подшипников, колес, тележек, тормозов;

– объединением постов комплексного контроля в сети централизованного сбора, обработки и анализа данных, с прогнозированием развития неисправностей и повреждений вагонов и тележек во взаимодействии с системой идентификации подвижного состава в масштабах железной дороги или сети дорог;

– более точным прогнозированием ситуаций развития дефектов подшипника во взаимосвязи с неисправностями и повреждениями тележек и с дефектами колес, что обеспечивается информационными технологиями централизованной комплексной обработки данных с формированием баз данных для подразделений обслуживания и ремонта подвижного состава.

4 Технически созданы все условия для организации системы предупредительного технического обслуживания и ремонта подвижного состава не по сроку службы или пробегу, а по фактическому состоянию ответственных компонентов ходовых частей вагонов: буксовых подшипников, колес и колесных пар, двухосных тележек.

5 Акустические, лазерные, оптические, видео, цифровые, информационные многоуровневые (сетевые) «высокие» технологии осваиваются с привлечением

аэрокосмических, оборонных и других предприятий, специализирующихся на создании конкретных технологий и работающих по оборонным стандартам.

#### Список литературы

1 **Венедиктов, А. З.** Бесконтактный контроль параметров колесных пар / А. З. Венедиктов // Железные дороги мира. – 2004. – № 10. – С. 61–65.

2 **Хаушильд, Г.** Автоматическая система диагностики колесных пар с помощью системы ARGUS / Г. Хаушильд // Железные дороги мира. – 2001. – № 12. – С. 36–42.

3 **Hintze, H.** Nondestructive testing of train wheels at the German Bahn AG / H. Hintze // NTDnet. – 1997. – № 6. – Vol. 2.

4 **Davis, K.** Matrox imaging helps keep trains on the right track / K. Davis // Industrial Focus. – May / June 2001. – P. 194–195.

5 **Харрис, У. Дж.** Обобщение передового опыта тяжеловесного движения: вопросы взаимодействия колеса и рельса : пер. с англ. / У. Дж. Харрис. – М. : Интекст, 2002. – С. 5–97, 5–101.

6 **Wheelscan: real-time in-track inspection of wheels** // Rail Engineering International. – 1998. – № 4. – P. 10.

7 **Шобель, А.** Напольные системы мониторинга подвижного состава: конференция во Франкфурте-на-Майне / А. Шобель // Железные дороги мира. – 2014. – № 3. – С. 51–59.

8 **Современные системы мониторинга состояния подвижного состава и инфраструктуры** // Железные дороги мира. – 2013. – № 2. – С. 56–63.

9 **Пост акустического контроля** // Презентация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://scbist.com/ktsmponab/13503-akusticheskii-analiz.html>. – Дата доступа : 05.06.2014.

10 **Шобель, А.** Дистанционный мониторинг технического состояния подвижного состава / А. Шобель // Железные дороги мира. – 2013. – № 6. – С. 54–59.

Получено 26.05.2017

**V. V. Burchankou, O. V. Kholodilov.** Technicals diagnostic state of rolling stock and perspectives her development in Western Europe and the USA.

The analysis of trends in the development of monitoring systems for the state of the critical parts of rolling stock on the railways of Western Europe and the USA is carried out. The perspectives of wide use of microprocessor technology, organization of preventive maintenance and repair of rolling stock according to the actual state of the responsible components of the running parts of the wagons are shown.

УДК 681.5

Д. Н. РАКОВ, магистрант, В. С. МОГИЛА, кандидат технических наук, А. В. ДРОБОВ, аспирант, В. Н. ГАЛУШКО, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Приведено описание влияния различных факторов на работу приводов с асинхронными тяговыми двигателями. Рассмотрена работа двигателя при отклоняющемся напряжении и обрыве одной из фаз. Проведен анализ механических и электрических характеристик асинхронного двигателя при включении в цепь трехфазного инвертора и синхронного генератора. По результатам исследований были сделаны соответствующие выводы о влиянии трехфазного инвертора и синхронного генератора на работу асинхронного двигателя.

**Б**ыстрое развитие силовой электроники позволило применять асинхронные электродвигатели не только в традиционных решениях с фиксированной скоростью вращения, но и с успехом использовать их в системах регулирования скорости. В таких системах двигатель должен управляться от статического преобразователя частоты, а не от линии электропередачи.

Использование электродвигателей с короткозамкнутым ротором в паре с преобразователем частоты имеет большие преимущества в отношении затрат и энергоэффективности, по сравнению с другими промышленными решениями регулирования скорости. Тем не менее, преобразователь влияет на характеристики электродвигателя и может наводить помехи в питающей электросети.

Постоянное увеличение числа приложений с асинхронными электродвигателями, питаемыми от ШИМ преобразователей частоты, с регулируемой скоростью, требует хорошего понимания всей системы электропитания, а также взаимодействия между ее отдельными частями (линия электропитания – преобразователь частоты – асинхронный двигатель – нагрузка).

Асинхронный двигатель (АД), работающий от преобразователя частоты с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), подвергается влиянию гармоник напряжения с частотой, выше основной частоты питания. В зависимости от типа используемой ШИМ, частоты переключения и других особенностей управления эффективность электродвигателя может снижаться, а потери, температура, шум и уровень вибрации повышаются.

Кроме вышеперечисленных, могут проявляться и другие эффекты при питании асинхронного электродвигателя от преобразователя частоты. Диэлектрический стресс системы изоляции и напряжения вала вместе с потенциально опасными подшипниковыми токами являются хорошо известными побочными эффектами. Существующие решения для уменьшения гармоник, генерируемых преобразователем частоты, приведены в таблице 1.

Ниже представлен анализ влияния различных факторов на работу АД.

*Работа АД при отклонении напряжения.* При изменении напряжения изменяется механическая характеристика АД – зависимость его вращающего момента  $M$  от частоты вращения. С достаточной точностью можно считать, что вращающий момент двигателя про-

порционален квадрату напряжения на его выводах. При снижении напряжения уменьшается вращающий момент и частота вращения ротора двигателя, так как увеличивается его скольжение.

Таблица 1 – Существующие решения уменьшения гармоник

Метод уменьшения гармоник	Характеристики решения
Установка выходных пассивных фильтров ( $L, LC, dV/dt$ )	Увеличение стоимости установки
	Ограничения для векторного управления
	Падение напряжения (уменьшение момента АД)
Использование многоуровневого преобразователя	Увеличение стоимости
	Уменьшение надежности преобразователя
	Усложнение управления
Улучшение качества ШИМ (оптимизация временной диаграммы)	Пространственно-векторная модуляция (SVM)
	Значимо не увеличивает стоимость
	Улучшение контроля напряжения
	Выше эффективность всей системы (преобразователя и АД)
Увеличение несущей частоты	Уменьшение эффективности преобразователя (увеличение потерь при переключении)
	Увеличение токов утечки

Снижение частоты вращения зависит также от закона изменения момента сопротивления  $M_c$  и от загрузки двигателя. Зависимость частоты вращения ротора двигателя от напряжения можно выразить следующим образом:

$$n_1 = n_0 \left( 1 - k_3 \frac{U_{\text{ном}}^2}{U^2} s_{\text{ном}} \right), \quad (1)$$

где  $n_0$  – синхронная частота вращения;  $k_3$  – коэффициент загрузки двигателя;  $s_{\text{ном}}$  – номинальное значение скольжения.

Из формулы (1) видно, что при малых нагрузках двигателя частота вращения ротора будет больше номинальной частоты вращения (при номинальной нагрузке двигателя). В таких случаях понижение напряжения не приводит к уменьшению производительности технологического оборудования, так как снижения частоты вращения двигателей ниже номинальной не происходит.

Для двигателей, работающих с полной нагрузкой, понижение напряжения приводит к уменьшению частоты вращения. Если производительность механизмов зависит от частоты вращения двигателя, то на выводах таких двигателей рекомендуется поддерживать напряжение не ниже номинального. При значительном снижении напряжения момент сопротивления механизма может превысить вращающий момент, что приводит к “опрокидыванию” двигателя, т.е. к его остановке. Во избежание повреждений двигатель необходимо отключить от сети [1].

Снижение напряжения ухудшает и условия пуска двигателя, так как при этом уменьшается его пусковой момент [1].

Практический интерес представляет зависимость потребляемой двигателем активной и реактивной мощности от напряжения на его выводах. В случае снижения напряжения на зажимах двигателя реактивная мощность намагничивания уменьшается (на 2–3 % при снижении напряжения на 1 %), при той же потребляемой мощности увеличивается ток двигателя, что вызывает перегрев изоляции.

Снижение напряжения приводит также к заметному росту реактивной мощности, теряемой в реактивных сопротивлениях рассеяния линий, трансформаторов и АД.

Повышение напряжения на выводах двигателя приводит к увеличению потребляемой им реактивной мощности. При этом удельное потребление реактивной мощности растет с уменьшением коэффициента загрузки двигателя. В среднем на каждый процент повышения напряжения потребляемая реактивная мощность увеличивается на 3 % и более (в основном за счет увеличения тока холостого хода двигателя), что в свою очередь приводит к увеличению потерь активной мощности в элементах электрической сети.

Если двигатель длительно работает при пониженном напряжении, то из-за ускоренного износа изоляции срок службы двигателя уменьшается [3]. Приблизительно срок службы изоляции  $T$  можно определить по формуле

$$T = \frac{T_{\text{ном}}}{R}, \quad (2)$$

где  $T_{\text{ном}}$  – срок службы изоляции двигателя при номинальном напряжении и номинальной нагрузке;  $R$  – коэффициент, зависящий от значения и знака отклонения напряжения, а также от коэффициента загрузки двигателя,

$$R = (\beta_1 \delta U^2 - \beta_2 \delta U + 1). \quad (3)$$

Поэтому с точки зрения нагрева двигателя более опасны в рассматриваемых пределах отрицательные отклонения напряжения.

При несимметрии напряжений фазные токи двигателя будут неодинаковы, и сдвиг между ними по фазе не будет равен  $120^\circ$ . В результате по одной из фаз будет протекать больший ток, вызывающий увели-

ченный нагрев обмоток данной фазы. Это заставляет ограничивать нагрузку двигателя по сравнению с работой его при симметричном напряжении. Кроме того, при несимметрии напряжений возникает не круговое, а эллиптическое вращающееся магнитное поле и несколько изменяется форма механической характеристики двигателя. При этом уменьшаются его наибольший и пусковой моменты.

При обрыве одной из фаз двигатель продолжает работать, но по неповрежденным фазам будут протекать повышенные токи, вызывающие увеличенный нагрев обмоток; такой режим не должен допускаться. Пуск двигателя с оборванной фазой невозможен, так как при этом не создается вращающееся магнитное поле.

Для анализа различных показателей работы электрооборудования с ним были проведены приборные исследования. Оборудование и приборы: ваттметры, мультиметры, трехфазный инвертор на базе микроконтроллера MB90F562 (Fujitsu) и силового интеллектуального модуля PS11033 (Mitsubishi) (рисунок 1), синхронный генератор, ЛАТР, источники постоянного регулируемого напряжения, испытательная установка – “черный ящик”, клещи токоизмерительные СЕМ DT-3353.



Рисунок 1 – Трехфазный инвертор MB90F562 (Fujitsu) и токоизмерительные клещи СЕМ DT-3353

Клещи токоизмерительные предназначены для измерения параметров фазных и сбалансированных трехфазных и однофазных электросетей. Прибор позволяет измерять напряжение, силу тока, активную, полную и реактивную мощность,  $\cos \varphi$ , фазовый угол.

В процессе исследований изучалось влияние частоты, напряжения и температуры на электропотребление и рабочие характеристики АД.

В качестве выходных значений регистрировались: напряжение, ток, частота сети, активная и полная мощность, КПД трехфазного инвертора; напряжение, частота, момент на валу, линейные токи, cosφ, частота вращения, подводимая активная и полезная мощности на валу, КПД АД.

В качестве объекта исследования были использованы АД номинальной мощностью 60, 1100, 1700 Вт.

**Сравнение характеристик АД при изменении напряжения и частоты с помощью трехфазного инвертора и синхронного генератора (СГ).** С помощью *однофакторного дисперсионного анализа* в программном продукте Microsoft Excel, StatGraphics и Statistica изучалось влияние трехфазного инвертора на электропотребление и рабочие характеристики АД. С интервалом 10 В изменяли напряжение на выходе трех-фазного инвертора, а затем – синхронного генератора, регистрируя выходные данные при фиксированных на-грузках на валу.

Для инвертора и синхронного генератора различие между средними линейными токами обмотки статора и частотой вращения ротора статистически значимо (на уровне соответственно  $p = 0,00667$  и  $0,216$ , то есть меньше, чем критическое значение  $0,05$ ), что обусловлено влиянием формы кривой напряжения. То есть от СГ при тех же нагрузках протекал меньший ток в статорной обмотке по сравнению с инвертором.

КПД АД значимо выше для пониженных напряжений, создаваемых СГ по сравнению с трехфазным инвертором.

На основании изменения входных и регистрации выходных параметров выдвигаем различные гипотезы о виде регрессионной зависимости между переменными с целью подбора уравнения регрессии. Приведем некоторые результаты *одиночной и множественной регрессии*, установленных в ходе проведенных исследований:

– КПД АД и КПД трехфазного инвертора существенно не изменяются с ростом напряжения при фиксированных нагрузках на валу;

– изменение частоты в диапазоне от 45 до 52 Гц при фиксированных нагрузках на валу значимо влияет на КПД АД ( $\eta = -0,002 f^3 + 0,330 f^2 - 16,11 f + 262,4$ ;  $R^2 = 1$ ), создавая локальный минимум на частоте 47 Гц и максимум при 51 Гц;

– наблюдается влияние частоты инвертора на его КПД ( $\eta = -0,005 f^3 + 0,778 f^2 - 38,77 f + 643,6$ ;  $R^2 = 1$ );

– исключение слагаемых (пошаговый регрессионный анализ в программе Statgraphics) незначимо ухудшило предсказательные возможности уравнения регрессии (коэффициент детерминации уменьшился). При этом значение приведенного коэффициента детерминации увеличилось.

Дальнейшие попытки добавления в уравнение еще не включенных слагаемых незначимо улучшают модель; а попытки удаления уже включенных в модель слагаемых значимо ее ухудшают, поэтому процедура пошагового регрессионного анализа была прекращена. В результате анализа итоговое множественное уравнение регрессии для КПД АД при изменении напряжения и частоты для неизменной нагрузки имеет вид

$$\eta = 0,2155 + 0,00935 f - 7 \cdot 10^{-9} U^3.$$

Приведем полученные коэффициенты:

R-squared = 81,9 percent – коэффициент детерминации, %;

R-squared (adjusted for d.f.) = 74,7 percent – приведенный к числу степеней свободы коэффициент детерминации, %;

Standard Error of Est. = 0,01337 – стандартная ошибка оценивания;

Mean absolute error = 0,0094 – средняя абсолютная ошибка;

Durbin-Watson statistic = 2,537 ( $P = 0,0735$ ) – коэффициент Дурбина – Ватсона и соответствующий ему максимальный уровень значимости.

Оценить влияние напряжения и частоты для КПД ЧПР с помощью процедуры пошагового регрессионного анализа не удалось ( $\eta = 0,64125$ ;  $R^2 = 0$ ). При этом КПД инвертора в зависимости от полезной мощности на валу имеет нелинейную зависимость, характеризующуюся почти линейной зависимостью до 50 % нагрузки инвертора, а затем возрастание имеет более слабо выраженный характер.

**Анализ результатов для изменения напряжения и частоты с помощью синхронного генератора:**

– уменьшение напряжения практически линейно ( $R^2 > 0,85$ ) уменьшало частоту вращения ротора, снижение тока статорной обмотки лучше всего описывалось экспоненциальной зависимостью (например, для АД 1,1 кВт:  $I = 1,322e^{0,005U}$  с  $R^2 = 0,895$ );

– изменение частоты значимо влияло на ток статорной обмотки и потребляемую из сети мощность в сторону уменьшения при снижении частоты. Это можно связать с потерями в стали, которые не зависят от его нагрузки АД и пропорциональны частоте в степени, близкой к 1,5, и могут быть определены по формуле

$$\Delta P_m = k_{уд} \left( \frac{B_{m \text{ дейст}}}{B_{m \text{ табл}}} \right)^2 \left( \frac{f_{\text{дейст}}}{f_{\text{табл}}} \right)^{1,5} m,$$

где  $k_{уд}$  – удельные потери для данной марки стали при заданных табличных значениях индукции и частоты; величина  $k_{уд}$  указывается в справочниках;  $B_{m \text{ табл}}$  – действительное амплитудное значение индукции в трансформаторе;  $m$  – масса стали сердечника.

**Анализ результатов для изменения напряжения и частоты с помощью трехфазного инвертора.** Был выполнен множественный корреляционный и регрессионный анализ в программном продукте Statistica для зависимости *тока холостого хода* от линейного напряжения и частоты.

Информационная часть окна указывает на следующие параметры анализа:

– коэффициент множественной корреляции  $R = 0,997$ ;

– коэффициент детерминации, показывающий долю общего разброса (относительно выборочного среднего зависимой переменной), которая объясняется построенной регрессией  $R^2 = 0,9945$ ;

– скорректированный коэффициент детерминации составил  $0,9927$ ;

– наблюдается большое значение  $F$ -критерия = 544 и даваемый в окне уровень значимости  $p = 0$ , показывающие, что построенная регрессия значима.

Регрессионная модель приняла вид

$$I_0 = 8,74 + 0,0306U - 0,2278f;$$

– аналогичным образом получим зависимость *мощности холостого хода* от линейного напряжения и частоты.

Регрессионная модель описывалась уравнением

$$P_0 = 505 + 2,5U - 16,25f.$$

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9686$ ; значение  $F$ -критерия = 46,27 и уровень значимости  $p = 0,0056$ ;

– зависимость  $\cos\varphi_0$  от линейного напряжения и частоты имеет вид

$$\cos\varphi_0 = 0,2207 + 0,00024U - 0,00275f.$$

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9686$ ; значение  $F$ -критерия = 61,71 и уровень значимости  $p = 0,000985$ .

**При изменении нагрузки двигателя** происходит изменение как тока  $I_1$  и мощности  $P_1$ , так и частоты вращения ротора  $n_2$ , скольжения  $s$ , КПД  $\eta$  и  $\cos\varphi_1$ . Зависимости  $n_2$ ,  $s$ ,  $M_2$ ,  $I_1$ ,  $\cos\varphi_1$ ,  $\eta$  и  $P_1$  от  $P_2$  при  $U_1 = \text{const}$  и  $f_1 = \text{const}$  называются *рабочими характеристиками асинхронного двигателя*. Их примерный вид (имелись отличия для различных мощностей) для значимо изменяющихся рабочих характеристик по сравнению с естественными [2] (сплошные линии) для АД представлен на рисунке 1: *a* (пунктиром) – тенденция к их изменению при уменьшении напряжения с помощью инвертора; *b* (точками) – с помощью СГ относительно малой мощности; *в* – указаны при уменьшении частоты инвертором.

Анализ полученных результатов позволяет выдвинуть следующие **выводы**:

– асинхронный электродвигатель, питаемый ШИМ напряжением, имеет более низкую эффективность, чем при питании синусоидальным напряжением, в связи с увеличением потерь, вызванных гармониками;

– при работе АД от частотных преобразователей должна оцениваться эффективность системы в целом, а не только электродвигателя;

– каждый случай должен быть соответствующим образом проанализирован с учетом характеристик как двигателя, так и преобразователя, учитывая следующие параметры: рабочую частоту, частоту переключений, диапазон скоростей, нагрузку и мощность двигателя, коэффициент гармонических искажений и т.д.;

– тип измерительных приборов чрезвычайно важен для правильной оценки электрических величин на системах с ШИМ напряжением. Правильные среднеквадратичные значения должны быть использованы для того, чтобы обеспечить верные измерения мощности;

– увеличение частоты коммутации повышает КПД двигателя и снижает КПД инвертора (из-за увеличения потерь на переключениях силовых ключей).

### Список литературы

1 **Дробов, А. В.** Электрические машины : учеб. пособие / А. В. Дробов, В. Н. Галушко. – Минск : РИПО, 2015. – 292 с.

2 **Черномашенцев, В. Г.** Электрические машины : учеб.-метод. пособие для самостоятельной проработки курс.: Ч. I. Трансформаторы. Асинхронные машины / В. Г. Черномашенцев, В. А. Пацкевич, В. Н. Галушко. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 129 с.

3 **Галушко, В. Н.** Надежность электроустановок и энергетических систем : учеб.-метод. пособие / В. Н. Галушко, С. Г. Додолев. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 154 с.

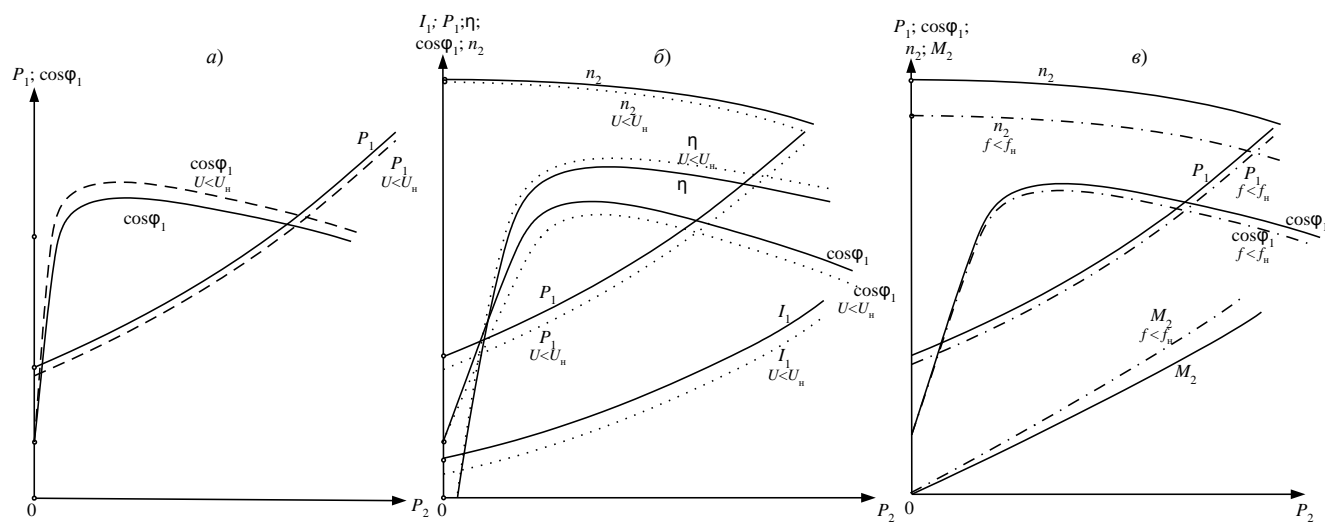


Рисунок 1 – Примерный вид значимо изменяющихся рабочих характеристик АД:

*a* – при изменении напряжения с помощью трехфазного инвертора;

*b* – при изменении напряжения с помощью СГ; *в* – при изменении частоты с помощью инвертора

Получено 26.01.2016

**D. N. Rakov, V. S. Mogila, A. V. Drobov, V. N. Galushko.** Analysis of influence of various factors on the working characteristic of asynchronous motors.

The description of influence of different factors on operation of drives with asynchronous tractive engines is provided. Operation of the engine is considered at the deviating tension and a breakaway of one of phases. The analysis of mechanical and electrical characteristics of the asynchronous engine in case of switching on is carried out to a circuit of the three-phase inverter and the synchronous generator. By results of researches the appropriate conclusions were drawn on influence of the three-phase inverter and the synchronous generator on operation of the asynchronous engine.

**АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ**

УДК 629.423.33:621.336.2

*А. В. АНТОНОВ, аспирант, Днепрпетровский национальный университет железнодорожного транспорта, Украина*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ «КОНТАКТНЫЙ ПРОВОД – ТОКОПРИЕМНИК» ПРИ ВНЕДРЕНИИ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ**

В статье определены основные проблемы, которые возникают в ходе эксплуатации контактных подвесок и токосъемных элементов электроподвижного состава при скоростном движении и разработана рекомендация по улучшению их работы. Проведен анализ выходов из строя проводов и тросов контактных сетей, исследованы проблемы, которые возникают при эксплуатации разных типов токоприемников и токосъемных элементов скоростных электропоездов, их влияние на надежность работы процесса токосъема. В ходе исследования установлено, что состояние контактной сети электрифицированных железных дорог Украины не соответствует требованиям, которые предъявляются для обеспечения надежной работы скоростных электропоездов. Установлено, что происходит обвальное старение контактной сети.

**Введение.** Повышение скоростей движения пассажирских и грузовых поездов на электрифицированных железных дорогах Украины приводит к возникновению значительных токовых нагрузок в контактной сети, что вызывает увеличение нагрева контактных проводов и тросов. Учитывая то, что значительная часть контактных сетей эксплуатируется более 40 лет, внедрение скоростного транспорта ведет к появлению целого ряда проблем, которые связаны с необходимостью обеспечения качественного и надежного токосъема. В то же время повышение скоростей движения электроподвижного состава ведет к ужесточению требований по надежности скользящего контакта, а решение проблемы повышения ресурса контактной пары «токосъемный элемент – контактный провод» становится еще более актуальным.

**Методика.** К устройствам, которые обеспечивают передачу электрической энергии от тяговых подстанций к электроподвижному составу относятся контактная сеть и токоприемник. Процесс передачи электрической энергии осуществляется непосредственно через контактную подвеску путем создания сильноточного скользящего контакта между контактным проводом и токосъемными элементами токоприемника, что сопровождается износом обеих контактирующих поверхностей. Контактный провод является одним из главных элементов контактной сети, от его работоспособности зависит надежность электрифицированных железных дорог, но при рассмотрении процесса токосъема необходимо также учитывать влияние материала токосъемных элементов.

Надежность токосъема состоит в обеспечении бесперебойности этого процесса при движении поездов с установленными скоростями, весовыми нормами, размерами движения при расчетных климатических условиях, для конкретного электрифицированного участка, при оптимальном сроке службы контактных

проводов и рациональном расходе токосъемных элементов [1].

Согласно [2, 3, 4] общие требования к контактным подвескам следующие:

- достижение равноэластичности подвески по всей длине пролета;
- повышенное натяжение контактных проводов, несущих и рессорных тросов;
- повышенные термостойкость и износостойкость, механическая прочность контактных проводов и тросов;
- минимизация по массе всех конструктивных элементов, непосредственно связанных с подвеской, при повышенных требованиях к их прочности и долговечности; надежная защита этих элементов от всех видов коррозии на полный срок эксплуатации;
- строгое выдерживание всех проектных геометрических параметров подвески (высота, зигзаг и др.) при монтаже, наладке и в процессе всего периода эксплуатации.

Помимо воздействия на контактный провод растягивающих сил, механических нагрузок и нагревания от протекания по нему тяговых токов во время взаимодействия с токоприемником он поддается механическому и электрическому изнашиванию, влиянию высоких температур, что приводит к возникновению значительного количества повреждений, интенсивного местного и локального износа проводов, возникновению аварийных ситуаций. Только за 2014 год количество повреждений контактных проводов возросло в два раза, по сравнению с 2013 годом, а удельная повреждаемость устройств контактной сети на 100 км ее развернутой длины возросла на 55,4 %, что является показателем повального старения контактной сети. На рисунке 1 приведена динамика изменения развернутой длины контактной сети Украины с указанием длины участков, которые эксплуатируются уже более 40 лет. Следует отметить, что главные пути электрифицировались первыми.

Такая тенденция старения контактной сети вызывает необходимость ежегодной замены по меньшей мере 400 км контактной сети для нивелирования ежегодного увеличения развернутой длины участков

со сроком эксплуатации более 40 лет.

На рисунке 2 приведено распределение повреждений проводов и тросов контактной сети железных дорог Украины за период с 2004 по 2014 год.

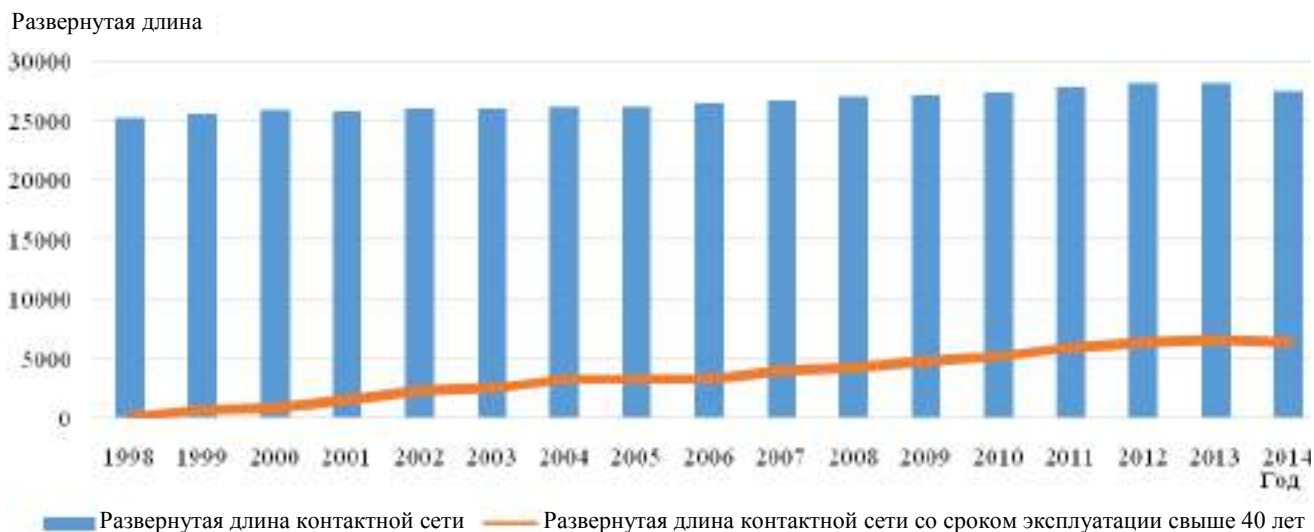


Рисунок 1 – Динамика изменения развернутой длины контактной сети

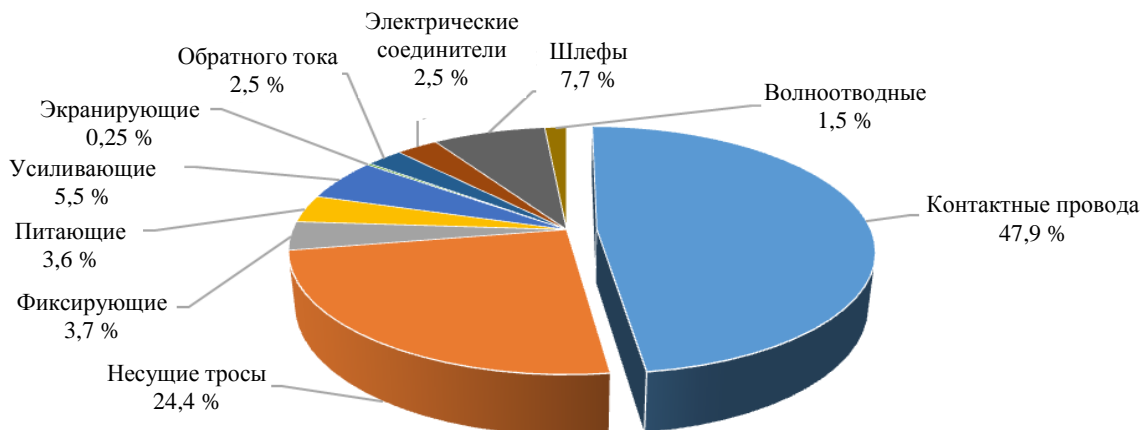


Рисунок 2 – Распределение повреждений проводов и тросов контактной сети

Согласно [4] одним из наиболее важных требований для контактных сетей скоростных участков является обеспечение равномерной эластичности при увеличенном натяжении контактных проводов и тросов, добиться чего невозможно при эксплуатации на главных участках пути проводов, которые используются уже значительный период времени. В соответствии с [3] при уменьшении сечения контактных проводов их прочность на растяжение резко падает, что вызывает необходимость уменьшения натяжения. Вместе с этим известно, что целью работ по совершенствованию качества токосяема является достижение наибольшей его экономичности, прежде всего на основе достижения долговечности контактного провода при обеспечении требуемой долговечности контактных вставок токоприемников и надежности их взаимодействия [5].

Постоянное повышение скорости движения электроподвижного состава и увеличение его мощности приводит к увеличению интенсивности воздействия разнообразных факторов, влияющих на уменьшение ресурса работы контактных проводов и токосяемных

элементов. Проведенный анализ показывает, что определяющими факторами интенсивности изнашивания контактных проводов являются условия эксплуатации, свойства материалов проводов и токосяемных элементов токоприемников электроподвижного состава [6, 7].

Резкое сокращение нормативного срока эксплуатации токосяемных элементов полозов токоприемников может возникнуть из-за проведения некачественного ремонта, неправильной эксплуатации, разнообразных перегрузок, использования некачественной продукции и проблем, связанных с некачественной регулировкой контактной сети, что может вызвать интенсивное механическое и электрическое изнашивание обоих элементов пары трения [8, 9].

На основе данных о повреждении полозов токоприемников электропоездов некоторых локомотивного депо, которые обслуживают электроподвижной состав переменного тока, было решено произвести анализ распределения повреждений полозов токоприемников в течение года. Для этого был применен алгоритм линейной



интерполяции массива данных и установлено, что характер распределения повреждений полозов токоприемников имеет резко выраженные сезонные колебания [6], вызванные воздействием различных параметров.

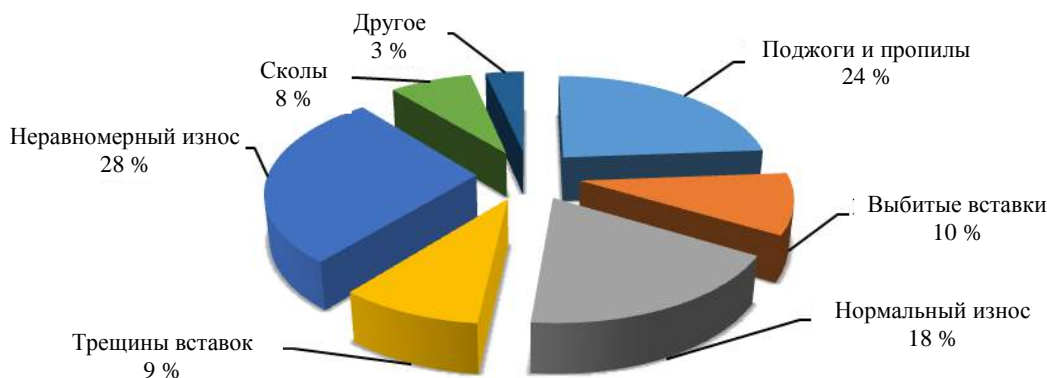


Рисунок 3 – Распределение неисправностей полозов токоприемников

В ходе исследования для определения зависимости видов повреждений и мест их расположения на полозе токоприемника проводился осмотр поверхности вставок в условиях локомотивных депо [8]. При анализе характера износа вставок были обнаружены два разных вида износа их поверхности. Первый и третий ряды вставок трехрядного полоза имели сколы различной площади. Причина появления сколов на передней, набегающей, части вставки первого ряда заключается в ударном воздействии на это место контактного провода [10]. Подпалы на сбегавшей части вставки третьего ряда в основном вызваны искровым и дуговым влиянием. Вставки второго ряда имеют меньше всего боковых сколов, поверхность на большей части вставок – шлифованная проводом.

Повышение скорости движения электроподвижного состава требует повышения надежности работы системы электроснабжения и, главным образом, обеспечения непрерывного токосъема.

На сегодня состояние контактной сети электрифицированных железных дорог Украины не соответствует требованиям, предъявляемым для обеспечения надежной работы скоростных поездов. Главными причинами отказов в работе устройств контактной сети являются: низкое качество обслуживания; механические разрушения, обрывы; разрегулирование; перекрытия и разрушения изоляции; бракованная арматура контактной сети; изношенность и старение проводов и тросов.

Главная причина повреждений контактных проводов – пережоги. По сравнению с 2004 годом их количество выросло в 4 раза. Частично это связано с появлением на железных дорогах Украины скоростных электропоездов Hyundai Rotem HR CS 2, в ходе эксплуатации которых только в 2014 допущено 207 случаев повреждений токоприемников, 64 из них – с износом системы защиты АДД. В ходе проведенного анализа выявлено, что повреждения токосъемных элементов в большинстве случаев вызваны неудовлетворительным состоянием контактной сети и частично конструктивными особенностями токоприемников.

На рисунке 3 можно увидеть, что наибольшая доля неисправностей, через которые необходимо проводить замену полозов токоприемников, приходится на поджоги с пропилами и неравномерный износ вставок.

Беспокойство вызывает «обвальное» старение контактной сети. В период с 1998 по 2014 год эксплуатационная длина электрифицированных путей, которые находятся в эксплуатации более 40 лет, увеличилась в 25 раз и составляет 23,2 % от общей протяженности.

Учитывая, что в первую очередь проводилась электрификация железных дорог на главных направлениях движения поездов, вопрос капитального ремонта контактной сети этих участков становится еще более актуальным.

Наряду с техническими к главным причинам, которые привели к многочисленным повреждениям, можно отнести крайне низкий уровень исполнительской и технической дисциплины работников хозяйства электроснабжения. Их халатное отношение к проведению ремонтов и осмотров контактной сети приводит в итоге, к появлению аварийных ситуаций.

Для обеспечения необходимого уровня качества контактной сети необходимо увеличить объемы капитальных ремонтов, а при проектировании новых участков контактной сети и их модернизации – предусматривать полную замену полукомпенсированных контактных подвесок компенсированными, с отдельной компенсацией контактных проводов и несущих тросов.

На скоростных электропоездах Hyundai Rotem HRCS2 и Shkoda EJ675, которые начали эксплуатироваться на железных дорогах Украины с 2012 года, используются токоприемники производства компании «Faveley-Lekov» (Франция – Чехия), серии AX-NG, полностью соответствующие межгосударственным техническим требованиям ОСЖД Р-668 и предназначенные для эксплуатации на участках со скоростью движения до 250 км/ч. Их рабочая высота составляет 2600 мм, нажатие может регулироваться с помощью системы управления в пределах от 50 до 120 Н. Токоприемники такой серии предназначены для эксплуатации на участках как переменного, так и постоянного тока, их нагрузочная способность заявлена производителем и составляет 2500 А (DC) при использовании соответствующих токосъемных элементов.

В процессе эксплуатации надежность работы токоприемников Hyundai Rotem HRCS2 оказалась суще-



ственно ниже, чем токоприемников Shkoda EJ675. Об этом свидетельствуют отчеты локомотивного хозяйства и хозяйства электроснабжения. Такая ситуация вызвана конструктивным отличием этих токоприемников: токоприемник электропоезда Hyundai Rotem HRCS2 имеет два полоза, которые жестко закреплены между собой на подрессоренной каретке, в то время как у токоприемников электропоезда Shkoda EJ675 на подвижной каретке установлены два полоза, которые имеют независимое друг от друга подрессоривание и не соединены жестко между собой.

В ходе эксплуатации установлено, что устойчивость полоза токоприемника электропоезда Hyundai Rotem HRCS2 при прохождении жестких точек несколько ниже, чем токоприемника электропоезда Shkoda EJ675, из-за чего он больше склонен к повреждению токо-съемных элементов (появление трещин, сколов, отслоение от несущего профиля).

Известна аналогичная ситуация, которая сложилась при эксплуатации токоприемника ТП-250 электропоезда «Сокол», где устанавливались два подрессоренных полоза, которые должны были работать независимо друг от друга, но из-за ошибочного решения эксплуатационников полозы этого токоприемника были жестко соединены между собой, что привело к преждевременному выходу из строя углеродных токосъемных элементов типа «С», которые на нём устанавливались. После исправления допущенной ошибки проблема самоликвидировалась.

На электропоездах Hyundai Rotem HRCS2 и Shkoda EJ675 устанавливаются токосъемные элементы марки RH83M6 и RH85M6 соответственно. Они производятся немецкой компанией «PanTrac» и представляют собой монолитные части длиной 1150 мм из углеродно-медного композиционного материала, пропитанные оловом. Технические характеристики материалов приводятся в документации производителя, оба материала обладают достаточно низким удельным электрическим сопротивлением – 7 и 4 мкОм соответственно, имеют одинаковые прочностные характеристики, но материал марки RH85M6 обладает несколько большей плотностью. При анализе токосъемных элементов установлена неравномерность распределения медной составляющей по длине полоза. Обнаруженные включения могут привести к появлению абразивного износа контактных проводов.

#### **Заключение.**

1 Для достижения повышения скорости движения электроподвижного состава на железных дорогах Украины необходимо достичь повышения надежности работы системы электроснабжения и, главным образом, обеспечить непрерывный токосъем, что является сложной задачей при имеющейся тенденции обвального старения контактных сетей.

Получено 12.12.2016

**A. V. Antonov.** Determination directions of increasing efficiency of the system «contact wire – current collector» with the introduction of high-speed traffic.

The aim of this work is to identify key issues that arise during the operation of the contact suspension and current collector of electric rolling elements at high-speed motion and development of recommendations on improvement of their work. In work the analysis of malfunctions of wires and cables, contact networks, investigated the problems that arise in the operation of various types of current collectors and current collecting elements of high-speed trains and their impact on the reliability of the process of current collection. The study established that the status of the contact network of electrified Railways of Ukraine does not meet the requirements to ensure reliable operation of high-speed trains, there is a total aging catenary.

2 Необходимо принять меры для повышения уровня исполнительской и технической дисциплины работников хозяйства электроснабжения и локомотивных депо.

3 Для повышения надежности работы токоприемников электропоезда Hyundai Rotem HRCS2 необходимо пересмотреть их конструктивные особенности, а также необходимо произвести сравнительные стендовые испытания на износ контактного провода при использовании токосъемных элементов марок RH83M6 и RH85M6.

#### **Список литературы**

- 1 **Фрайфельд, А. В.** Проектирование контактной сети / А. В. Фрайфельд, Б. Г. Брод. – М. : Транспорт, 1991. – 355 с.
- 2 **Купцов, Ю. Е.** Увеличение срока службы контактного провода / Ю. Е. Купцов. – М. : Транспорт, 1972. – 160 с.
- 3 ОСЖД Р610-8. Общие технические требования к системам тягового электроснабжения постоянного и переменного тока скоростных и высокоскоростных линий.
- 4 Правила устройства и технического обслуживания контактной сети электрифицированных железных дорог ЦЕ-0023: Приказ Укрзалізничниці от 20.11.2007 г. № 546Ц.
- 5 **Яндович, В. Н.** Сравнительный анализ контактных подвесок в странах Евросоюза и Украины: организация належного токосъема / В. Н. Яндович, В. Г. Сыченко, А. В. Антонов // Електрифікація транспорту. – 2014. – № 7. – С. 67–77.
- 6 **Купцов, Ю. Е.** Беседы о токосъеме и его надежности, экономичности и о путях совершенствования / Ю. Е. Купцов. – М. : Модерн – А, 2001. – 256 с.
- 7 **Большаков, Ю. Л.** Підвищення ресурсу вугільних струмозмінальних вставок струмоприймачів швидкісного електропотягового складу в умовах експлуатації / Ю. Л. Большаков, А. В. Антонов // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. Нац. ун-ту залізн. трансп. – 2015. – № 5. – С. 57–70.
- 8 **Большаков, Ю. Л.** Дослідження властивостей струмозмінальних елементів та їх впливу на ефективність роботи трибосистеми «контактний провід – вугільна вставка» / Ю. Л. Большаков, А. В. Антонов // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. Нац. ун-ту залізн. трансп. – 2015. – № 6. – С. 35–44.
- 9 **Большаков, Ю. Л.** Діагностування вугільних струмозмінальних вставок в умовах експлуатації / Ю. Л. Большаков, А. В. Антонов // Електрифікація транспорту. – 2015. – № 9. – С. 15–22.
- 10 **Антонов, А. В.** Определение возможных путей повышения эффективности работы угольных токосъемных вставок токоприемников электроподвижного состава / А. В. Антонов // Наука, творчество и образование в области электроэнергетики и электротехники – достижения и перспективы: тр. Всерос. науч.-практ. конф. – Хабаровск : ДВГУПС, 2015. – С. 70–75.
- 11 **Большаков, Ю. Л.** К вопросу выбора рациональной формы профиля контактных вставок токоприемников электроподвижного состава / Ю. Л. Большаков, И. С. Гершман, В. Г. Сыченко // Залізн. трансп. України. – 2007. – № 3. – С. 53–54.

УДК 621.331.3

Д. А. БОСЫЙ, кандидат технических наук, доцент, Е. Н. КОСАРЕВ, аспирант, Днепрпетровский национальный университет железнодорожного транспорта

## ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАСЧЕТОВ СИСТЕМ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Рассмотрены особенности расчета мгновенных схем при работе ряда тяговых подстанций постоянного тока на общую нагрузку. Для автоматизации расчетов расширено определение функции токораспределения, получены нелинейные зависимости, которые наиболее целесообразно использовать в современных средствах моделирования систем тягового электроснабжения. Особенности расчетов двухпутных участков предложено учитывать с использованием общей формулы нахождения сопротивления относительно тяговой нагрузки.

**Введение.** Система тягового электроснабжения электрифицированных участков железных дорог является сложной системой, в которой процесс электроснабжения тяговой нагрузки протекает под влиянием большого количества факторов детерминированного и стохастического характера.

В системе тягового электроснабжения для оценки пропускной способности и планирования мероприятий по усилению существующих технических средств определяющими факторами являются тип поезда, его вес, количество поездов на фидерной зоне и схема их пропуска, межпоездной интервал. На участках обращения скоростных поездов и поездов повышенной массы система тягового электроснабжения должна обладать соответствующей нагрузочной способностью. При пропуске таких поездов существенно возрастает токовая нагрузка в системе и, следовательно, более интенсивно происходит нагрев оборудования, снижается уровень напряжения в контактной сети, увеличиваются потери электроэнергии и усложняются условия работы устройств защиты.

В системе тягового электроснабжения постоянного тока по техническим условиям питания и секционирования выходит, что все тяговые подстанции электрифицированного участка работают на одну сеть. На практике методика электрических расчетов ограничивается одной межподстанционной зоной, что вызывает определенные неточности.

**Целью работы** является развитие методов расчета мгновенных схем, пригодных для последующего внедрения в современные имитационные средства моделирования систем тягового электроснабжения.

**Анализ публикаций.** До появления пакета программ NORD для тяговых и электрических расчетов в сфере проектирования и эксплуатации систем тягового электроснабжения существовавшие методики расчетов системы тягового электроснабжения не учитывали всех факторов и специфику конкретных участков железных дорог. Кроме этого, широкое распространение получили специализированные разработки средств моделирования систем тягового электроснабжения: Fazonord, Flow3, Fazonord-Расчеты, Fazonord-Качество (А. В. Крюков, В. П. Закарюкин), Иркутского государственного университета путей сообщения [1]; КОРТЭС (В. Е. Марский), Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ) [2]. Подобные разработки проводились также и Днепрпетровским национальным университетом железнодорожного транспор-

та, в частности PrEns (Я. Е. Савич) с последующим развитием в работах [3–5]; Матрикс (Р. С. Мыцко) [6] с последующим развитием в систему Поток (К. О. Калашников) [7].

В настоящее время в ДНУЖТ разработана программа iSET для расчетов систем тягового электроснабжения с применением принципов интеллектуального управления [8]. В основу моделирования положено пространственно-временное представление процесса электропотребления с использованием аналитических функций сопротивления, использование которых описано в [9] применительно к решению задачи регулирования напряжения в контактной сети.

**Методика расчета.** Для быстрого расчета мгновенных схем применим метод функций токораспределения, заключающийся в нахождении значений функции распределения токов в каждой точке с координатой тяговой сети. Ее значения в свою очередь показывают долю тока электроподвижного состава (ЭПС), которая потребляется фидером контактной сети тяговой подстанции. При нахождении нескольких ЭПС на фидерной зоне возможно использование принципа суперпозиции, поскольку полученные результаты будут использованы в качестве первой итерации для учета элементов со сложными характеристиками. Получение значений функций токораспределения для известных схем питания одной межподстанционной зоны не вызывает трудностей.

Рассмотрим методику определения функций токораспределения для нескольких межподстанционных зон однопутного участка. Расчет в общем виде проводится для электрифицированного участка, где  $L$  – длина каждой межподстанционной зоны составляет с количеством подстанций  $N$  (рисунок 1). При этом местоположение нагрузки учитывается переменной  $x$ .

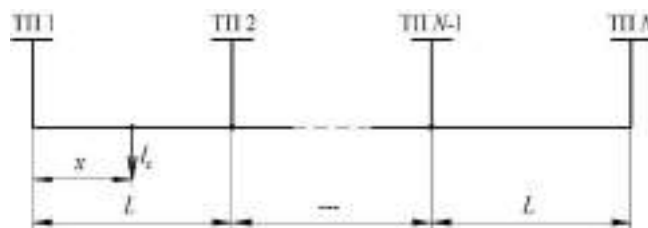


Рисунок 1 – Расчетная схема однопутного участка

Данная методика предполагает построение схемы замещения с учетом сопротивлений основных звеньев (рисунок 2).

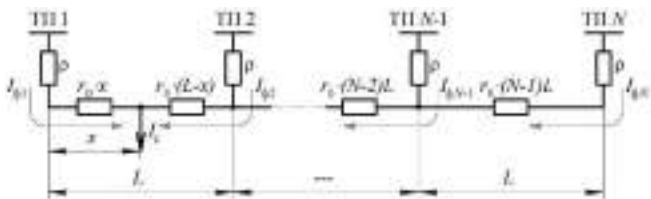


Рисунок 2 – Схема замещения расчетного однопутного участка

Токи фидеров подстанций относительно координаты местонахождения нагрузки  $x$  можно определить отношением падения напряжения на общем сопротивлении системы к сопротивлению участка, который проходит ток фидера каждой подстанции:

$$I_{\phi i} = \frac{\Delta U}{R_{\phi i}}, \quad (1)$$

где  $\Delta U$  – потери напряжения на общем сопротивлении системы, В;  $R_{\phi i}$  – сопротивление ветви эквивалентной схемы замещения (рисунок 3), Ом.

В общем виде

$$R_{\phi i} = \rho + r_0 x,$$

где  $\rho$  – эквивалентное внутреннее сопротивление тяговой подстанции, Ом;  $r_0$  – удельное сопротивление тяговой сети, Ом/км.

Применительно к принятой схеме замещения расчетного участка сопротивления каждой ветви могут быть выражены универсальной формулой

$$R_{\phi i} x = \begin{cases} \rho + r_0 (i-1)L - x, & 0 \leq x \leq (i-1)L; \\ \rho + r_0 x - (i-1)L, & (i-1)L \leq x \leq (N-1)L. \end{cases}$$

В формуле (1) падение напряжения

$$\Delta U = I_e R_{\Sigma}, \quad (2)$$

где  $I_e$  – ток, потребляемый электровозом, А;  $R_{\Sigma}$  – суммарное сопротивление эквивалентной схемы замещения (общее сопротивление системы) (рисунок 3), Ом.

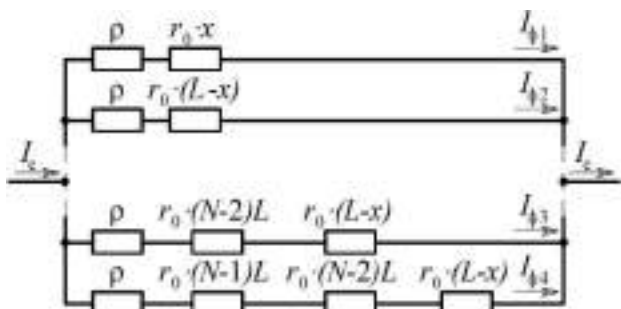


Рисунок 3 – Эквивалентная схема замещения

Суммарное сопротивление схемы рассчитывается по формуле параллельного соединения сопротивлений

$$\frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{R_{\phi 1}} + \frac{1}{R_{\phi 2}} + \dots + \frac{1}{R_{\phi (N-1)}} + \frac{1}{R_{\phi N}}, \quad (3)$$

где  $R_{\phi 1} \dots R_{\phi N}$  – суммарное сопротивление каждой ветви схемы, Ом.

Функция токораспределения, как известно, определяется в виде отношения тока фидера к току нагрузки. Подставив вместо тока фидера выражение (1) и заменив  $\Delta U$  выражением (2), получим

$$\varphi_i = \frac{I_{\phi i}}{I_e}; \quad \varphi_i = \frac{R_{\phi i}}{I_e}; \quad \varphi_i = \frac{I_e R_{\Sigma}}{R_i}. \quad (4)$$

После подстановки выражения (3) вместо  $R_{\Sigma}$  и сокращений получим искомое выражение для функций токораспределения каждого фидера

$$\varphi_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^N \frac{R_j}{R_i}}, \quad \text{или} \quad \varphi_i = \frac{1}{R_i \sum_{j=1}^N \frac{1}{R_j}}. \quad (5)$$

В качестве примера расчетов по данной методике на рисунках 4–9 показаны: функция токораспределения, токи фидеров тяговых подстанций, напряжение на токоприемнике ЭПС и потери мощности в тяговой сети для участка с пятью тяговыми подстанциями.

Принято, что все тяговые подстанции являются однотипными, имеют одинаковое внутреннее сопротивление и одинаковый уровень напряжения на шинах. Кроме того, тип контактной сети по всей длине участка и расстояния между смежными тяговыми подстанциями также принимаются одинаковыми. Принятые допущения не являются догматичными и использованы с целью обеспечения наглядности полученных результатов.

Расчеты выполнены для двух вариантов: когда электротяговая нагрузка определяется значением тока и для случая стабилизации электроподвижным составом потребляемой мощности. Для второго варианта использована методика [10], которая заключается в пересчете тока электровоза

$$I_e = \frac{U_{\text{ш}} - \sqrt{U_{\text{ш}}^2 - 4f(x)P}}{2f(x)}, \quad (6)$$

где  $U_{\text{ш}}$  – напряжение на шинах тяговой подстанции, В;  $P$  – мощность, реализуемая электроподвижным составом, Вт;  $f(x)$  – функция сопротивления тяговой сети, Ом, которая для случая ряда тяговых подстанций определяется как результирующее сопротивление всех ветвей для данной координаты  $x$ ,

$$f(x) = 1 / \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_{\phi i} x}$$

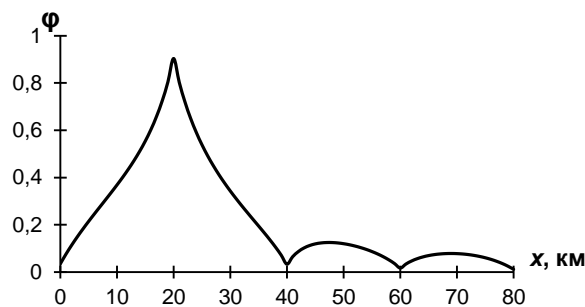


Рисунок 4 – Функция токораспределения фидера второй тяговой подстанции

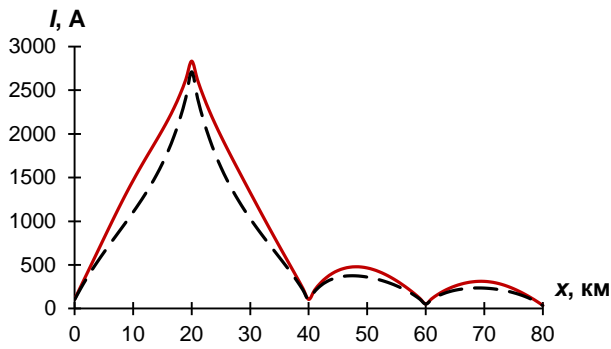


Рисунок 5 – Ток фидера второй тяговой подстанции при стабилизации мощности ЭПС (сплошная) и без нее (пунктирная)

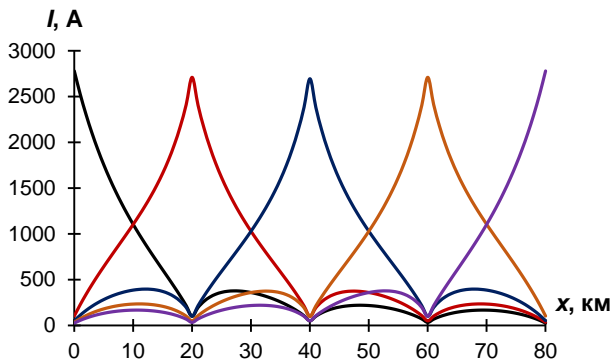


Рисунок 6 – Токи фидеров всех тяговых подстанций без стабилизации мощности ЭПС

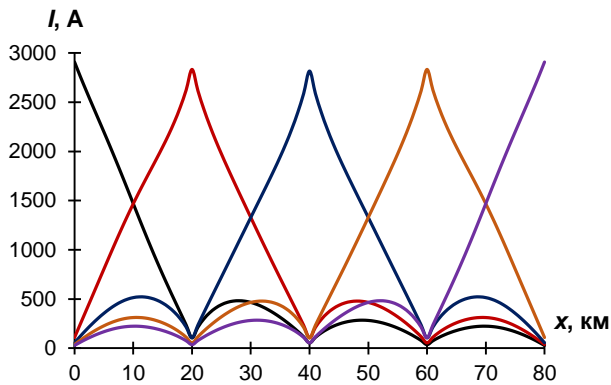


Рисунок 7 – Токи фидеров всех тяговых подстанций при стабилизации мощности ЭПС

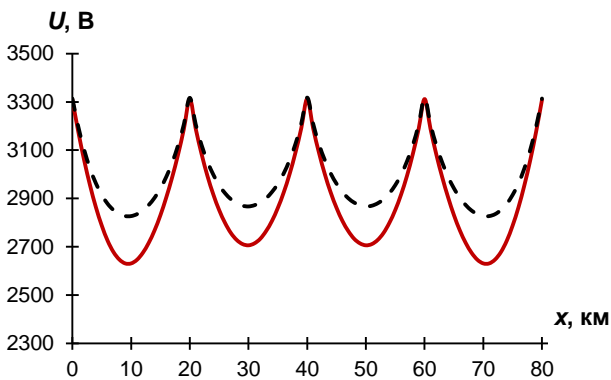


Рисунок 8 – Напряжение на токоприемнике ЭПС при стабилизации мощности (сплошная) и без нее (пунктирная)

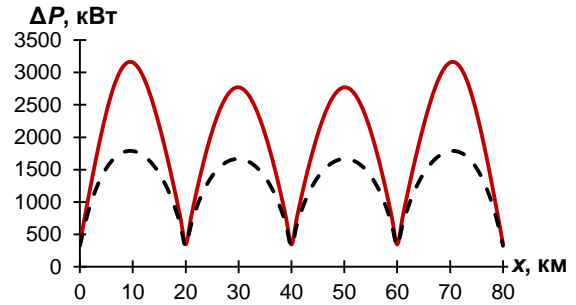


Рисунок 9 – Потери мощности в тяговой сети при стабилизации мощности (сплошная) и без нее (пунктирная)

В случае двухпутного участка расчет будет усложняться необходимостью учета схемы раздельного, узлового, параллельного, а в некоторых случаях – неполного параллельного питания. Обобщенная схема замещения (рисунок 10) для определения функции сопротивления учитывает местоположение электровоза относительно узлов параллельного соединения контактных подвесок.

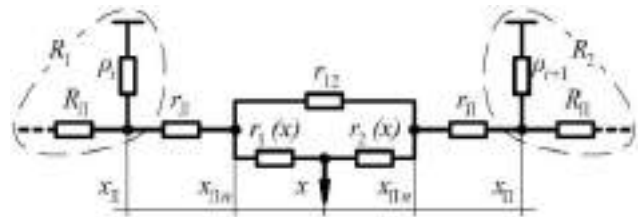


Рисунок 10 – Обобщенная схема замещения двухпутного участка тяговой сети

При этом следует отметить, что учету подлежат узлы только левее и правее от нагрузки, остальные не имеют влияния для данной координаты местоположения. Сворачивание схемы выполняется через преобразование «треугольник – звезда», таким образом, что функция сопротивления

$$f_x = \frac{r_1(x)r_2(x)}{r_1(x) + r_2(x) + r_{12}} + \quad (7)$$

$$+ 1 / \frac{1}{\frac{r_1(x)r_{12}}{r_1(x) + r_2(x) + r_{12}} + R_1 + r_{л}} + \frac{1}{\frac{r_2(x)r_{12}}{r_1(x) + r_2(x) + r_{12}} + R_2 + r_{п}},$$

где  $R_1, R_2$  – сопротивления слева и справа от рассматриваемых тяговых подстанций с учетом их внутреннего сопротивления;  $r_1(x), r_2(x)$  – сопротивления тяговой сети одного пути до ближайшего узла слева и справа от нагрузки;  $r_{12}$  – то же, между ближайшими узлами;  $r_{л}, r_{п}$  – сопротивления тяговой сети двух путей, между ближайшими узлами и соответствующими тяговыми подстанциями слева и справа.

Кроме расчета функции сопротивления (7) при наличии на участке нескольких тяговых подстанций необходимо учесть возможность протекания уравнительных токов.

Для этого методом суперпозиции рассчитывается токораспределение в общей схеме при наличии только одной ЭДС от каждой из тяговых подстанций. Затем результаты расчетов накладываются и находится результирующее токораспределение, которое определяет закон изменения напряжения холостого хода вдоль участка. Этот метод применим для случая инверторных тяговых подстанций. В случае неуправляемых преобразователей

необходимо учитывать случаи их запитания другими подстанциями с большим значением ЭДС.

Полученное таким образом распределение напряжения холостого хода вдоль участка может быть использовано в формуле (6) вместо  $U_{ш}$ , но с учетом его изменения относительно координаты.

Для рассматриваемого двухпутного участка, состоящего из четырех межподстанционных зон с разными схемами питания (рисунок 11), получим функцию сопротивления и остальные характеристики электрического расчета (рисунки 12–14).

При учете фактического внутреннего сопротивления тяговых подстанций (порядка 0,1 Ом) функция сопротивления  $f(x)$  принимает значения в точках их подключения до 30 % менее, чем учитывается параллельная работа каждой подстанции на общую нагрузку.

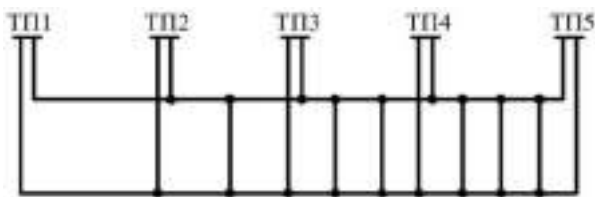


Рисунок 11 – Расчетная схема двухпутного участка

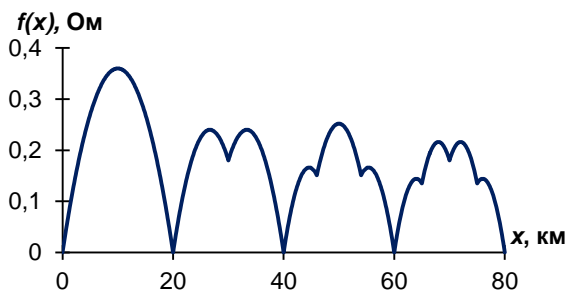


Рисунок 12 – Функция сопротивления участка

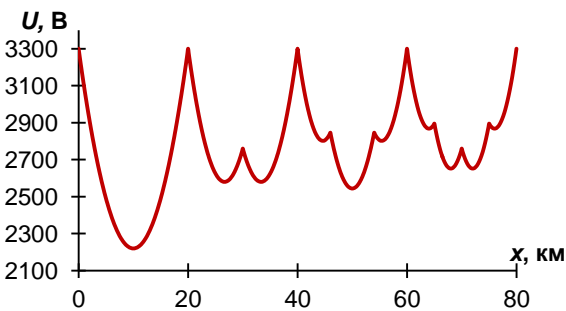


Рисунок 13 – Напряжение на токоприемнике ЭПС

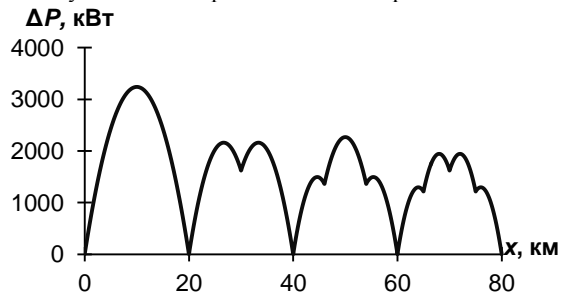


Рисунок 14 – Потери мощности в тяговой сети

Получено 12.12.2016

**D. A. Bosiy, E. N. Kosarev.** Features of the automated calculations the DC traction power supply systems.

The article describes the features of calculating the instantaneous schemes in the case of working a row of DC traction substations on a common load. It extends the concept of current distribution functions to calculate the nonlinear dependence that is most advisable to use in modern traction simulation systems. The features of the calculations the double-track sections suggested to consider using a general formula of finding resistance regarding the traction load.

**Выводы.** Проведенные расчеты показали, что количество тяговых подстанций на участке, которые принимаются в расчетную схему, влияет на уровень напряжения на токоприемнике ЭПС, токи фидеров подстанций и потери мощности в тяговой сети, т. е. на все характеристики электрического расчета.

Токи фидеров тяговых подстанций описываются нелинейными зависимостями, которые могут быть получены с помощью приведенных аналитических выражений. Характер нелинейности также зависит и от наличия систем стабилизации тяговой мощности на ЭПС.

Полученные результаты пригодны для последующего внедрения в современные имитационные средства моделирования, поскольку имеют возможность аналитической формализации, что, в свою очередь, сказывается на объемах и скорости выполнения расчетов.

#### Список литературы

- 1 **Крюков, А. В.** Компьютерные технологии для моделирования систем электроснабжения железных дорог переменного тока / А. В. Крюков, В. П. Закарюкин // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 3 (28). – С. 61–65.
- 2 **Герман, Л. А.** Сравнение методов расчета системы тягового электроснабжения при разных способах учета параметров внешней сети / Л. А. Герман, К. В. Кишкурно // Вестник ВНИИЖТ. – 2013. – № 1. – С. 16–21.
- 3 **Бобирь, Д. В.** Удосконалення режимів ведення вантажного поїзда з електричною тягою : авт. дис. ... канд. техн. наук / Д. В. Бобирь. – Д. : ДНУЗТ, 2007. – 22 с.
- 4 **Іванов, О. П.** Удосконалення режимів тяги поїздів з вартісними показниками при змінних тарифах на електроенергію: авт. дис. ... канд. техн. наук / О. П. Іванов. – Д. : ДНУЗТ, 2013. – 24 с.
- 5 **Кузнецов, В. Г.** Розвиток теоретичних основ енергозбереження в системах електропостачання тяги поїздів постійного струму : авт. дис. ... д-ра техн. наук / В. Г. Кузнецов. – Д. : ДНУЗТ, 2012. – 38 с.
- 6 **Кузнецов, В. Г.** Оценка потерь электроэнергии в тяговой сети магистральных железных дорог / В. Г. Кузнецов, Р. С. Мыцко, Д. А. Босий // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2006. – Вип. 12. – С. 36–40.
- 7 **Калашников, К. О.** Зменшення втрат електроенергії в тяговій мережі постійного струму шляхом вибору раціональної дислокації тягових навантажень : авт. дис. ... канд. техн. наук / К. О. Калашников. – Д. : ДНУЗТ, 2014. – 20 с.
- 8 Комп'ютерна програма «Інтелектуальна система електропостачання транспорту» (Intelligence System of Electrified Transport) : свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 60711 / Д. О. Босий, Є. М. Косарев; Україна / Зареєстровано 20.07.2015. – К. : ДСІВУ, 2015.
- 9 **Косарев, Є. М.** Регулювання напруги в контактній мережі електрифікованих залізниць постійного струму / Є. М. Косарев // Електрифікація транспорту. – 2015. – № 9. – С. 37–43.
- 10 **Босий, Д. О.** Методика розрахунку миттєвих схем системи тягового електропостачання для споживання постійної потужності / Д. О. Босий // Електрифікація транспорту. – 2014. – № 8. – С. 15.

## АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.13.05

*С. Н. КАРАСЕВИЧ, кандидат технических наук, ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта», г. Москва, Российская Федерация, С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

### ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «ЕВРОПЕЙСКИХ ИГР-2019» В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Проведение II Европейских игр в 2019 г. в Минске является важным событием, значимым не только для столицы Беларуси, но и для всей страны. Одной из важнейших задач успешного проведения подобного крупного спортивного события является обеспечение удобного передвижения участников и гостей соревнований. Сложность решения такой задачи обусловлена наличием высоких пиковых нагрузок пассажиропотока, связанных с проведением игр.

В данной статье приводится обзор методов прогнозирования транспортного спроса на время проведения массовых спортивных мероприятий, требования к такой прогнозной модели, задачи, решаемые при транспортном планировании таких мероприятий, краткий обзор мирового опыта решения подобных проблем и основные пути транспортного обеспечения Европейских игр-2019 в г. Минске.

**Н**а заседании Генеральной ассамблеи Европейских олимпийских комитетов, которая прошла в Минске 21 октября 2016 года, выбран город-организатор II Европейских игр-2019 – столица Беларуси Минск.

Одной из важнейших задач успешного проведения данного крупного спортивного события является обеспечение удобного прибытия/убытия и передвижения в городе-организаторе участников и гостей соревнований.

Интеграция, координация и мониторинг различных видов транспорта во время проведения крупного спортивного мероприятия представляет собой комплексную задачу из-за присутствия кратковременных, но очень значительных пиков спроса на перевозки.

Европейские игры – уникальное по своему характеру и масштабу захватывающее спортивное мероприятие. В таких условиях эффективность транспортного планирования и создание необходимой транспортной инфраструктуры во многом зависит от успешного использования прогрессивного мирового опыта крупных спортивных мега-событий.

Опыт проведения крупных массовых спортивных мероприятий свидетельствует о том, что заранее разработанные транспортная концепция и на ее основе комплексный операционный план транспортного обеспечения соревнований позволяет эффективно осуществлять общее планирование, интеграцию различных транспортных систем и операционное управление в данной области. При этом чем раньше начиналась работа по их планированию и подготовке, тем успешней они проводились.

Транспортное планирование всегда начинается еще на стадии подготовки заявки на проведение соревнований, а затем непрерывно продолжается на регулярной основе в соответствии с принятыми транспортной концепцией операционным планом.

Транспортное планирование крупных спортивно-зрелищных мероприятий – это поэтапный многоуровне-

вый процесс, начинающийся с укрупненного анализа и завершающийся детальными планами каждого индивидуального объекта транспортной инфраструктуры. Все фазы транспортного планирования должны быть последовательны и строго взаимосвязаны, иметь четкую и понятную структуру реализации, определять ответственных для выполнения поставленных задач в соответствии с заранее определенными сроками реализации.

Особую роль при транспортном планировании Европейских игр в Республике Беларусь играет анализ потребностей в услугах различных видов транспорта со стороны гостей и участников, а также оценка соответствия этих потребностей уровню развития имеющейся транспортной инфраструктуры на рассматриваемый момент времени.

Анализ транспортного спроса и транспортного предложения потребностей должен проводиться на регулярной основе. При этом важно принимать во внимание фоновые пассажирские и грузовые потоки. При планировании мероприятий целесообразно разработать меры по снижению уровня фонового потока. При разработке транспортной схемы прибытия-убытия необходимо надежное прогнозирование и следует рассмотреть различные сценарии транспортного спроса.

Важно понимать, что оцениваемые пиковые нагрузки, оказываемые на транспортную инфраструктуру, специфичны только в рамках конкретного проводимого мероприятия. Решение о коренной модернизации транспортной инфраструктуры с целью удовлетворения транспортного спроса должно приниматься в соответствии с политикой «эффективного транспортного наследия». В ряде случаев бывает целесообразно ограничиться временными мерами, если это возможно, не требующими больших материальных вложений.

Для определения с относительно высокой степенью достоверности объемов и структуры перспективных пассажиропотоков на различных видах транспорта целесообразен к использованию комплексный подход, предусматривающий применение различных методов

прогнозирования транспортной подвижности населения и клиентских групп соревнований, в т. ч.:

- методы аналогии и эвристические методы (экспертной оценки);
- методы, основанные на результатах обработки отчетно-статистических данных, методы экстраполяции и корреляционного анализа;
- методы оценки транспортной подвижности путем выявления латентных потребностей в передвижениях; методы, основанные на применении модельных комплексов, прошедших успешную апробацию.

Основным требованием к разрабатываемой прогнозной модели является создание достаточно детализованной комбинированной адаптивной модели, которая оперативно уточняет прогноз при поступлении новой информации по особенностям проведения соревнований.

Важным условием эффективности процесса транспортного планирования является участие в нем всех заинтересованных сторон на всех уровнях ответственности – общереспубликанском, городском, областном, ведомственном и т.д. Такая заинтересованная кооперация должна быть обеспечена с самого начала подготовительной работы.

Разрабатываемые транспортная концепция и планы должны быть строго взаимосвязаны с принятой концепцией проведения соревнований и размещения клиентских групп, концепцией обеспечения общественной безопасности.

В процессе транспортного планирования II Европейских игр в Республике Беларусь должны быть решены следующие основные задачи:

- разработка концепции и операционного плана транспортного обеспечения соревнований, включая создание специализированных транспортных систем для различных категорий клиентских групп с учетом требуемого сервиса транспортных услуг;
- маршруты, графики и расписания передвижения клиентских групп;
- транспортные планы спортивных объектов, включая оценку соответствия транспортных зон объектов соревнований, схем организации движения пешеходных и транспортных потоков на прилегающих территориях, внешних парковочных пространствах, а также внутри периметра безопасности объектов, спроса на транспортное обслуживание;
- системы управления транспортом и транспортным парком;
- регламенты обслуживания и предоставляемые сервисы для клиентских групп;
- разработка временных схем организации дорожного движения (ОДД) на период проведения соревнований, в т.ч. в зоне основных объектов;
- формирование предложений по совершенствованию улично-дорожной сети (УДС) и транспортной инфраструктуры города-организатора соревнований;
- разработка решений по оптимизации ОДД на маршрутах соревнований в условиях существующей УДС принимающего соревнования города;
- системы аккредитации транспортных средств, включая планирование выдачи пропусков и разрешений для доступа к транспортной системе соревнований, включая систему парковки;

– определение потребности в подвижном составе для каждой группы пользователей транспортной системы соревнований с дифференциацией по типам подвижного состава, в т.ч. определение механизмов привлечения дополнительного подвижного состава, определение требований к обеспечению хранения, эксплуатации, обслуживания подвижного состава, планирование механизмов контроля транспортных средств;

– определение мест размещения транспортного парка соревнований;

– разработка проектов единого стиля брендинга (цветографического оформления) подвижного состава;

– информационно-транспортное обеспечение соревнований, включая разработку системы навигации и маршрутного ориентирования пассажиров в пересадочных узлах, на объектах внешнего транспорта и информирование пользователей специальных транспортных систем о порядке и регламентах транспортного обслуживания, графиках, режимах и условиях его предоставления;

– программы подготовки и планирования транспортного персонала;

– разработка плана привлечения транспортного персонала, его обучения, стажировки, допуска к работе, бытового обеспечения, планирование системы управления персоналом, включая планирование работы персонала специальных служб (диспетчерских, ремонтных, эксплуатационных, парковочных и др.);

– библиотеки сценариев, отражающих последовательность действий всех участников транспортного процесса в экстренных ситуациях (планы управления рисками и резервными возможностями).

– определение «дорожной карты» реализации подготовительных мероприятий и механизма контроля за реализацией мероприятий, определяемых в ходе транспортного планирования.

Зарубежный опыт свидетельствует, что на время проведения соревнований оказывается эффективной организация временной маршрутной сети пассажирского транспорта общего пользования. Здесь в центре внимания вопросы, касающиеся определения схемы существующих (выделенных для движения общественного транспорта) и перспективных (выделенных на время проведения соревнований) полос приоритетного движения транспорта, разработка дислокации светофорных объектов, на которых предлагается реализовать алгоритмы приоритетного пропуска.

Временные схемы ОДД на период проведения Европейских игр в г. Минске должны быть направлены:

- на совершенствование организации движения пассажирского транспорта общего пользования как непосредственно в городе-организаторе соревнований, так и в зонах влияния;
- совершенствование ОДД и системы регулирования транспортных потоков;
- снижение нагрузки на участки УДС, обеспечивающие функционирование транспортной системы соревнований в период их проведения;
- обеспечение приоритетных условий движения транспорта Европейских игр и городского пассажирского транспорта;



- ограничение парковки и стоянки транспортных средств;
- ограничение движения грузового транспорта;
- улучшение условий дорожного движения и повышение его безопасности в целом.

Сценарий ОДД, связанный с введением временных ограничений на движение автомобильного транспорта, должен предусматривать компенсирующий план организации перехватывающих парковок, обслуживаемых общественным пассажирским транспортом (“Park and Ride”), либо находящихся в пределах пешеходной доступности от объектов соревнований (“Park and Walk”).

В ходе разработки концепции и операционного плана транспортного обеспечения соревнований следует проработать вопросы оказания транспортных услуг людям с ограниченными физическими возможностями, которые предполагают наличие специального транспорта (низкопольные автобусы и т.п.), а также особые требования к местам посадки и высадки таких пассажиров (пандусы, остановочные площадки в повышенном уровне и т.п.).

На период проведения Европейских игр-2019 целесообразно разработать и внедрить централизованную диспетчеризацию управления движением транспорта и дорожным движением, что подтверждается опытом проведения многих других спортивных мега-событий.

Сценарии действий в экстренных ситуациях должны быть предусмотрены планом действий в форс-мажорных и чрезвычайных обстоятельствах. При этом персонал специальных служб должен работать по заранее разработанным планам, расписаниям и инструкциям. Особенно актуальна разработка планов действий в случае возникновения нештатной ситуации в транспортной зоне объектов (в случае ДТП, закрытия участков УДС, непредвиденных пиковых нагрузок, неблагоприятных погодных условий).

В рамках построения планов транспортного обеспечения Европейских игр актуальна также разработка основных и резервных маршрутов для целевых клиентских групп (т.н. «протокольные маршруты движения клиентских групп»), которые должны быть согласованы с правоохранительными органами. Таким образом, будут предусмотрены маршруты движения на случай возникновения непредвиденных обстоятельств, используемые при заторах в городе-организаторе соревнований, ДТП и т.д.

Основные транспортные коридоры доставки клиентских групп соревнований по возможности должны проходить по основным магистралям и улицам принимающего соревнования города и оборудованных системой видеонаблюдения. При разработке маршрутов необходимо учесть требования и рекомендации организационного комитета, предъявляемые к времени доставки отдельных категорий клиентских групп между объектами соревнований.

Для доступа к транспортной системе соревнований, как правило, создаются системы аккредитации транспорта, допущенного к осуществлению пассажирских перевозок в период соревнований, а также системы контроля условий аккредитации.

Для оценки транспортных зон объектов Европейских игр целесообразно предусмотреть выполнение работ по компьютерному моделированию транспортных и

пешеходных потоков в зонах высадки и посадки пассажирского транспорта общего пользования, в периметрах безопасности для аккредитованного транспорта, по маршрутам движения от прилегающей территории до парковочного пространства в соответствии с разработанными схемами ОДД. Кроме того, эффективность комплекса мероприятий по реконструкции и строительству УДС, включенных в план, целесообразно оценить с использованием комплекса статического и динамического моделирования дорожно-транспортной ситуации.

Следует обеспечить привлечение достаточного числа транспортных и иных работников для надлежащего выполнения операционного плана транспортного обеспечения соревнований. К примеру, водители должны иметь необходимые знания, квалификацию и пройти дополнительное обучение, в частности по владению иностранным языком.

Необходима разработка детального плана предоставления информации и размещения указателей маршрутного ориентирования на общенациональном уровне, непосредственно в городе-организаторе и на основных объектах инфраструктуры и предусмотреть применение нескольких языков в информационных ресурсах. Актуально своевременно разработать специализированные интернет-сайты, чтобы предоставить четкую информацию о транспортных услугах.

В составе работ по определению механизмов контроля за реализацией мероприятий, определяемых в ходе транспортного планирования, должно быть предложено распределение ответственности за реализацию мероприятий между ведомствами и организациями в соответствии с их компетенцией при определении единого координационного центра управления.

Разрабатываемые концепция и операционный план транспортного обеспечения гостей и участников «Европейских игр-2019» должен рассматривать все виды транспорта, обеспечивать максимальную синергетическую эффективность за счет создания и использования мультимодальных перевозок. По выбранным схемам доставки пассажиров должна быть дана оценка параметрам и степени интеграции различных транспортных систем, задействованных в транспортном обеспечении соревнований, а также разработаны мероприятия, направленные на гарантированное обеспечение пропускной способности, безопасности, улучшение технологического и информационного обеспечения, задействованной транспортной инфраструктуры.

Таким образом, в результате проведенных исследований выполнено формирование общих стратегических и тактических подходов, планов и решений по транспортному планированию Европейских игр-2019 в городе-организаторе соревнований и на территории Республики Беларусь в целом. Разработанные рекомендации служат основой для дальнейших действий по обеспечению стабильного и эффективного функционирования транспортного комплекса во время проведения Европейских игр в 2019 году.

#### Список литературы

- 1 Карасевич, С. Н. Операционное планирование транспортного обеспечения Кубка Конфедераций FIFA 2017 года и Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 на территории Крас-



нодарского края / С. Н. Карасевич, В. В. Шуляев, А. А. Баскакова // Науч. вест. автомоб. трансп. / НИИАТ. – М., 2016. – Вып. 04-06. – С. 32–39.

2 **Карасевич, С. Н.** Создание специализированных авто-транспортных парков для транспортного обслуживания Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 в России / С. Н. Карасевич // Науч. вест. автомоб. трансп. / НИИАТ. – М., 2016. – Вып. 01-03. – С. 23–30.

3 **Донченко, В. В.** Транспортное планирование Кубка Конфедераций FIFA 2017 года и Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 в Российской Федерации / В. В. Донченко, С. Н. Карасевич, Ю. И. Кунин // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. тр. VII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22–24 октября 2015 г. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2015. – С. 129–135.

4 **Карасевич, С. Н.** Операционное планирование и управление транспортным обеспечением Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года на примере города Сочи / С. Н. Карасевич // Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Брест, 25–28 мая 2016 г.; редкол.: В. А. Головкин [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2016. – С. 170–176.

5 **Карасевич, С. Н.** Анализ международных практик транспортного обслуживания крупномасштабных футбольных первенств / С. Н. Карасевич // Развитие и модернизация улично-дорожной сети (УДС) крупных городов с учетом особенностей организации и проведения массовых мероприятий международного значения (в рамках подготовки к Чемпионату мира по футболу 2018 г.) : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 17–19 сентября 2014 г., Волгоград [Электронный ресурс] / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2014. – С. 44–49.

6 **Титов, И. В.** Концепция транспортного обеспечения Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 в России / И. В. Титов, В. В. Донченко, С. Н. Карасевич // Развитие и модернизация улично-дорожной сети (УДС) крупных городов с учетом особенностей организации и проведения массовых мероприятий международного значения (в рамках подготовки к Чемпионату мира по футболу 2018 г.) : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 17–19 сентября 2014 г., Волгоград [Электронный ресурс] / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2014. – С. 58 – 63.

Получено 30.03.2017

**S. N. Karasevich, S. A. Azemsha.** Transport planning of the European games 2019 in the Republic of Belarus.

The General Assembly of the European Olympic Committees, held in Minsk on October 21, 2016, defined the capital of the Republic of Belarus – the city of Minsk – as the host city of the II European Games. This co-existence is significant not only for the capital of Belarus, but for the whole country. One of the most important tasks for the successful holding of such a major sporting event is to ensure convenient movement of participants and guests of the competitions. The complexity of solving this problem is due to the presence of high peak traffic loads associated with the conduct of games.

This article provides an overview of methods for forecasting transport demand for the time of mass sports events, the requirements for such a forecast model, the tasks to be performed in the transport planning of such events, a brief overview of the world experience in solving such problems and the main ways of transporting European Games in 2019 in Minsk.

УДК 656.13:004.42

С. В. СКИРКОВСКИЙ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

### ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА МАРШРУТЕ

Предложен критерий выбора формы организации работы пассажирских транспортных средств (ПТС), отличающийся учетом затрат на эксплуатацию ПТС и потерями времени пассажиров. Установлена зависимость, позволяющая принять решение об организации работы ПТС на маршруте по интервалу или расписанию, повысить эффективность работы городского пассажирского маршрутизированного транспорта (ГПМТ) в межпиковый период за счет сокращения времени ожидания путем перехода от интервальной работы в часы "пик" на работу по расписанию в моменты спада пассажиропотока. На основании проведенных экспериментальных исследований получено численное значение интервала, при котором целесообразно организовать работу по расписанию.

Основной задачей организации движения ГПМТ является обеспечение высокого качества обслуживания пассажиров при минимальных издержках. Для повышения эффективности работы ГПМТ необходимо изменить форму организации работы ПТС на маршруте с целью сокращения затрат времени пассажиров на передвижение при сохранении достигнутого уровня качества их обслуживания [1]. Задача состоит в определении количества ПТС (интервала движения), необходимых для освоения сложившегося пассажиропотока, а также в выборе формы организации работы (по расписанию или интервалу). Такая задача решается при переходе от пиковых периодов к внепиковым и обратно.

Предлагается в качестве критерия определения момента изменения формы движения принять суммарные затраты, включающие транспортные потери от снижения пассажиропотока на маршрутной сети (МС), и потери пассажиров, связанных с ожиданием поездки и затрат перевозчика, обусловленных организацией процесса перевозки по различным формам работы ( $Z_p$  по расписанию и  $Z_n$  по интервалу).

Зависимость, позволяющая сделать выбор в пользу той или иной формы организации работы ПТС на линии, выглядит следующим образом:

$$Z_p \leq Z_n; \quad (1)$$

$$Z_p = Q_{п.ч.} t_{ож.р} C_{п.ч} + \frac{A_p l_o}{t_o} S_{км} + A_p S_ч + (A_m - A_p) S_{ч.пр}; \quad (2)$$

$$Z_n = Q_{п.ч.} t_{ож.и} C_{п.ч} + \frac{A_n l_o}{t_o} S_{км} + A_n S_ч + (A_m - A_n) S_{ч.пр}, \quad (3)$$

где  $Q_{п.ч.}$  – часовый пассажиропоток на наиболее напряженном участке маршрута, пас.;  $t_{ож.р}$ ,  $t_{ож.и}$  – среднее время ожидания пассажиром посадки при работе по расписанию и интервалу, ч;  $C_{п.ч}$  – стоимость одного пассажиро-часа ожидания посадки, бел. руб.;  $A_p$  и  $A_n$  – количество ПТС, работающих по расписанию и интервалу;  $l_o$  – длина оборотного рейса, км;  $A_m$  – расчетное количество ПТС, для работы на маршруте с учетом резерва;  $t_o$  – время оборота на маршруте, ч;  $S_{км}$  – переменные затраты, приходящиеся на 1 км пробега ПТС при работе на маршруте, бел.руб./км;  $S_ч$  – постоянные затраты, приходящиеся на час работы

ПТС, бел. руб./ч;  $S_{ч.пр}$  – постоянные затраты, приходящиеся на час простоя ПТС без работы, бел.руб./ч;

Количество ПТС, необходимых для перевозки пассажиров, рассчитывается по формуле [1, 2]

$$A_m = \frac{Q_{п.ч} t_o}{q_{опт} \gamma} = \frac{t_o}{I}, \quad (4)$$

где  $q_{опт}$  – оптимальная вместимость ПТС;  $\gamma$  – коэффициент использования вместимости;  $I$  – интервал движения ПТС на маршруте.

Количество ПТС, работающих по интервалу, рассчитывается по формуле

$$A_p = A_m K_{рез}, \quad (5)$$

где  $K_{рез}$  – коэффициент резервирования ПТС для работы по расписанию, принимается в размере 3 %, от общего числа ПТС, работающих на маршруте [3].

Оптимальное значение пассажироместимости единицы ПТС [4]

$$q_{опт} = \sqrt{\frac{2Q_{п.ч.} k_{пер} l_o a_{км1} + a_{ч1} (l_o / v_{то} + t_{ок})}{C_{пч} \eta_{см}}}. \quad (6)$$

Время ожидания при работе по интервалу

$$t_{ож.и} = \frac{I}{2}. \quad (7)$$

Время ожидания при работе ПТС по расписанию  $t_{ож.р}$  определяется на основе статистического анализа данных, полученных по результатам исследований.

Подставив формулы (5), (6) в выражения (2) и (3), получим

$$Z_p = Q_{п.ч.} \left( t_{ож.р} C_{п.ч} + \frac{l_o}{q_p \gamma_p} S_{км} + \frac{t_o}{q_p \gamma_p} S_ч \right) + \left( A_m K_{рез} - \frac{Q_{п.ч.} t_o}{q_p \gamma_p} \right) S_{ч.пр}, \quad (8)$$

$$Z_n = Q_{п.ч.} \left( \frac{I}{2} C_{п.ч} + \frac{l_o}{q_n \gamma_n} S_{км} + \frac{t_o}{q_n \gamma_n} S_ч \right) + \left( A_m - \frac{Q_{п.ч.} t_o}{q_n \gamma_n} \right) S_{ч.пр}. \quad (9)$$

Выражение (8) показывает в стоимостном выражении сумму затрат пассажиров, связанных с ожиданием посадки, и затрат ПТП на организацию движения на маршруте по расписанию, а (9) – по интервалу. Если  $Z_p$  меньше либо равно  $Z_n$ , то целесообразна форма организации движения ПТС по расписанию, в противном случае эффективнее будет работа по интервалу. Таким образом,

получена система уравнений (8), (9), позволяющая принять решение об организации работы ПТС на маршруте по интервалу или расписанию. Графическая интерпретация зависимостей (8), (9) представлена на рисунке 1.

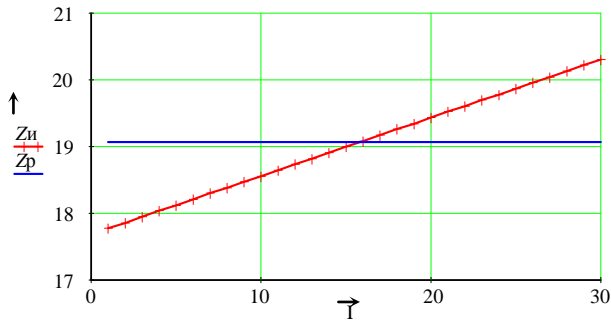


Рисунок 1 – Зависимость суммарных затрат при организации работы по расписанию  $Z_p$  и по интервалу  $Z_{и}$  от интервала движения ПТС на маршруте

Как видно из графиков зависимости суммарных затрат, включающих транспортные потери от снижения пассажиропотока на МС, потерь пассажиров, связанных с ожиданием поездки и затрат ПТП, обусловленных организацией процесса перевозки по расписанию [ $Z_p = f(I)$ ] или интервалу [ $Z_{и} = f(I)$ ], величина интервала, при котором целесообразно организовывать работу ПТС по расписанию, находится в интервале от 10 до 20 мин.

Для нахождения численного значения величины интервала, при котором необходимо переходить на работу по интервалу, преобразуем выражения (8) и (9) относительно  $I$ , полагая, что  $q_{р\Gamma} = q_{и\Gamma}$  и  $A_m = t_o / I$ , получим:

$$Z_p = Z_{и}; \quad (10)$$

$$\begin{aligned} Q_{п.ч} \left( t_{ож.р} C_{п.ч} + \frac{l_o}{q\gamma} S_{км} + \frac{t_o}{q\gamma} S_{ч} \right) + \left( \frac{t_o}{I} K_{рез} - \frac{Q_{п.ч} t_o}{q\gamma} \right) S_{ч.пр} = \\ = Q_{п.ч} \left( \frac{I}{2} C_{п.ч} + \frac{l_o}{q\gamma} S_{км} + \frac{t_o}{q\gamma} S_{ч} \right) + \left( A_m - \frac{Q_{п.ч} t_o}{q\gamma} \right) S_{ч.пр}. \end{aligned} \quad (11)$$

После преобразований будем иметь

$$t_{ож.р} C_{п.ч} + \frac{t_o}{I} S_{пр} (K_{рез} - 1) - I \frac{C_{п.ч}}{2} = 0, \quad (12)$$

или

$$I t_{ож.р} C_{п.ч} + t_o S_{пр} (K_{рез} - 1) - I^2 \frac{C_{п.ч}}{2} = 0. \quad (13)$$

Таким образом, решив полученное выражение относительно  $I$ , получим

$$I = \frac{\sqrt{(t_{ож.р} C_{п.ч})^2 + 2C_{п.ч} t_o S_{пр} (K_{рез} - 1) + t_{ож.р} C_{п.ч}}}{C_{п.ч}}; \quad (14)$$

$$I = \sqrt{t_{ож.р} + \frac{2t_o S_{пр} (K_{рез} - 1)}{C_{п.ч}}} + t_{ож.р}. \quad (15)$$

Необходимо отметить, что соотношение  $S_{пр}/C_{п.ч}$  является устойчивым в условиях инфляционных процессов, поскольку значение в числителе и знаменателе увеличивается практически пропорционально и равно 3,39 [5]. С учетом оплаты за вынужденный простой в размере 2/3 от тарифного оклада (ст. 71 ТК РФ) [6] соотношение  $S_{пр}/C_{п.ч} = 2,54$ . Произведем необходимые замены и

получим

$$I = \sqrt{t_{ож.р} + 91,44} + t_{ож.р}. \quad (16)$$

С целью определения величины времени ожидания пассажиром посадки в ПТС по расписанию  $t_{ож.р}$  проведены экспериментальные исследования на МС г. Гомеля. Для того чтобы по данным выборки можно было уверенно судить об интересующем признаке генеральной совокупности, необходимо, чтобы объекты выборки правильно его представляли. Выборка должна правильно представлять пропорции генеральной совокупности, т.е. она должна быть репрезентативной (представительной).

Согласно закону больших чисел можно утверждать, что выборка будет репрезентативной, если каждый объект выборки отобран случайно из генеральной совокупности и все объекты имеют одинаковую вероятность попасть в выборку. Если объем выборки велик, а выборка составляет незначительную часть совокупности, то различие между повторной и бесповторной выборками стирается. Суммарное количество возможных значений ограничено численностью населения города. На начало 2015 г. численность населения составляла более 526,9 тыс. человек, из них трудоспособного возраста – 330 тыс. человек; ежедневно ГПМТ перевозит более 250 тыс. пассажиров [7]. Учитывая значительный объем генеральной выборки, необходимо определить достаточный ее объем. Размер выборки для бесповторного отбора может быть определен по формуле [8]

$$n \geq \frac{t^2 \delta^2 N_r}{\varepsilon^2 N_r + t^2 \delta^2}, \quad (17)$$

где  $t$  – значение нормированного отклонения при гарантированном уровне вероятности (при  $P = 0,95$   $t = 1,96$  [8]);  $\delta$  – среднеквадратическое отклонение;  $N_r$  – размер генеральной совокупности;  $\varepsilon$  – предельно допустимая ошибка (рекомендуется принимать 0,05 [8]).

Размер выборки для повторного отбора может быть определен как

$$n \geq \frac{t^2 \sigma^2}{\varepsilon^2}. \quad (18)$$

Так как до момента исследований нет представления о величине времени ожидания, математическом ожидании начальной выборки и среднеквадратическом отклонении начальной выборки, необходимо провести предварительный сбор данных для оценки параметров.

После обработки данных исследований на ОП, обслуживаемом маршрутом ГПМТ, на котором работа ПТС организована по расписанию, в течение суток в программе «Statistica» [9, 10] установлено, что величина времени ожидания подчиняется нормальному закону распределения. Графическое представление полученной закономерности представлено на рисунке 2.

Таблица 1 – Основные статистические характеристики распределения времени ожидания посадки при работе ПТС по расписанию

Число наблюдений	Среднее значение	Минимум	Максимум	Среднеквадратическое отклонение
300	4,76	0,50	8,00	1,53

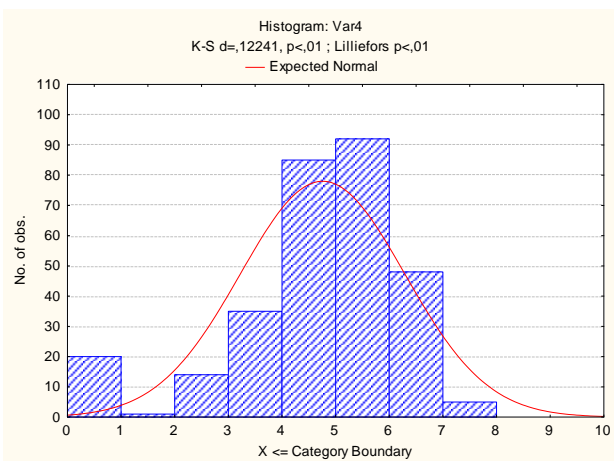


Рисунок 2 – Графическое представление закона распределения времени ожидания посадки при работе ПТС по расписанию

Тогда, подставив полученные результаты в выражение (17), выборочная совокупность для повторного отбора составит

$$n \geq \frac{1,96^2 \cdot 1,53^2}{0,05^2} = 3614 \text{ пас.}$$

Таким образом, для проведения требуемого анализа величины времени ожидания посадки при работе по расписанию необходимо получить выборочную совокупность из более чем 3614 значений. Полученные при проведении исследования данные были обработаны с помощью пакета «Statistica». Статистической обработкой определены законы распределения случайных величин времени ожидания посадки. Установлено, что они подчиняются нормальному закону распределения. Основные статистики, рассчитанные также с помощью программы «Statistica», приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики распределения времени ожидания посадки при работе ПТС по расписанию

Число наблюдений	Среднее значение	Минимум	Максимум	Среднеквадратическое отклонение	Стандартная ошибка
4562	5,19	0,10	10,20	1,50	0,02

Графическое представление полученной закономерности представлено на рисунке 3.

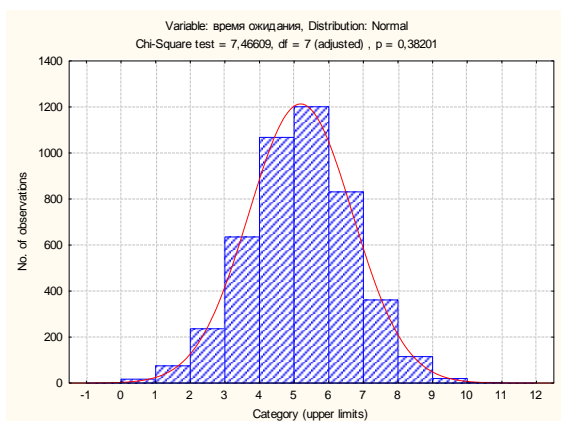


Рисунок 3 – Графический результат анализа, выполненного в модуле DistributionFitting

В целом распределение значений анализируемого признака на рисунке совпадает с нормальным. Это за-

ключение, основанное на визуальном анализе распределения, имеет и более строгое подтверждение в виде результатов теста  $\chi^2$ -квadrat (Chi-square test, см. в верхней части графика). Данный тест проверяет нулевую гипотезу о том, что наблюдаемое распределение признака не отличается от теоретически ожидаемого нормального распределения. Поскольку вероятность справедливости этой гипотезы  $P$  оказалась больше 0,05 (0,38201) и табличное значение  $\chi^2_{0,05;8} = 15,51$  (где 8 – число степеней свободы, равное разности количества интервалов разбиения и числа исчисленных статистических характеристик [11]) больше расчетного, то можно сделать вывод о том, что гипотеза о нормальности распределения верна.

Однако следует отметить, что мощность теста  $\chi^2$  при проверке нормальности распределения относительно невысока. Поэтому лучше воспользоваться другими тестами [12].

Наиболее предпочтительным является использование  $W$ -критерия Шапиро – Уилка (рисунок 4), поскольку он обладает наибольшей мощностью в сравнении со всеми перечисленными критериями (т.е. чаще выявляет различия между распределениями в тех случаях, когда они действительно есть) [11, 12].

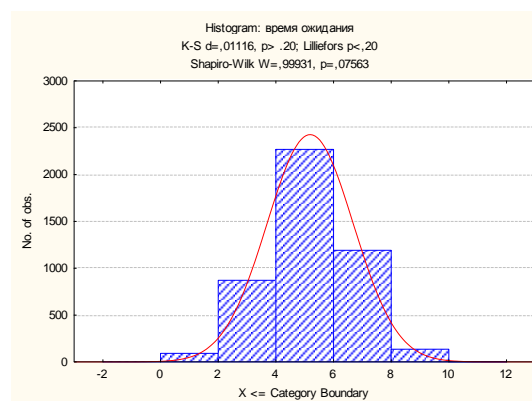


Рисунок 4 – Результат проверки нормальности распределения данных, выполненной при помощи модуля DescriptiveStatistics

Как и ранее, при  $P > 0,05$  следует вывод о том, что анализируемое распределение не отличается от нормального. Таким образом, в результате экспериментальных исследований установлено, что при работе по расписанию среднее значение времени ожидания составляет 5,2 мин. Подставив полученные значения в формулу (16), получим

$$I = \sqrt{5,2 + 91,44} + 5,2 = 15,0 \text{ мин.}$$

Следовательно, численное значение интервала, при котором целесообразно организовать работу по расписанию, определенное на основе исследования, составляет 15 мин.

### Список литературы

- 1 Скиркоцкий, С. В. Повышение эффективности городских перевозок пассажиров автобусами / С. В. Скиркоцкий // Вестник Белорус. гос. ун-та трансп.: Наука и транспорт. – 2006. – № 1–2. – С. 97–101.
- 2 Скиркоцкий, С. В. Совершенствование системы управления городским пассажирским транспортом / С. В. Скиркоцкий // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Междунар. науч.-техн. конф. Т. 1 / под общ. ред.

Б. М. Хрусталева, В. Л. Соломахо. – Минск : Технопринт, 2003. – С. 261–265.

3 **Спирин, И. В.** Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками : учеб. для студ. учреждений среднего проф. образования / И. В. Спирин. – М. : Изд. центр «Академия», 2010. – 400 с.

4 **Скирко́вский, С. В.** Совершенствование структуры парка подвижного состава пассажирского автопредприятия / С. В. Скирко́вский // Уральский научный вестник. – 2007. – № 2 (3). – Белгород : ООО «Руснаучкнига», 2007. – С. 26–32.

5 Об утверждении Методических рекомендаций по применению гибких систем оплаты труда в коммерческих организациях : постановление Минтруда и соцзащиты Респ. Беларусь от 30.09.2010 № 131 // Эталон-Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2011.

6 Трудовой кодекс Республики Беларусь. – 2-е изд., с изм. и доп. – Минск : Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2007. – 256 с.

7 Основные итоги переписи населения. Национальный состав, численность населения [Электронный ресурс]. – Режим

доступа : <http://census.belstat.gov.by/Intro.aspx>. – Дата доступа : 01.12.2015.

8 **Айвазян, С. А.** Прикладная статистика: Исследование зависимостей : справ. / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин ; отв. ред. С. А. Айвазян. – М. : Финансы и статистика, 1985. – 487 с.

9 **Боровиков, В.** STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. Боровиков. – СПб : Питер, 2001. – 656 с.

10 **Скирко́вский, С. В.** Исследование закономерностей движения автобусов и времени ожидания поездки / С. В. Скирко́вский // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. «Коммунальное хозяйство городов». – Киев : Техника. – 2006. – № 69. – С. 254–257.

11 **Корчагин, В. А.** Научные основы эксперимента на транспорте : учеб. пособие для вузов / В. А. Корчагин, И. В. Жилин. – Липецк : ЛГТУ, 2003. – 176 с.

12 **Суворов, В. А.** Математическая статистика. Ч. 2. Исследование зависимостей : учеб. пособие / В. А. Суворов. – Липецк : ЛЭГИ, 1999. – 80 с.

Получено 25.05.2017

**S. U. Skirkouski.** Justification of the choice of form of organization of passenger vehicles on the route.

Justified the choice of the form of organization of passenger vehicles (PV), characterized by cost accounting for the operation of PV and loss of time of passengers. The dependence, which allows to make a decision about the organization of the work of PV on the route through the interval, or schedule, which allows to increase the efficiency of urban passenger transport routed in magpily period by reducing the waiting time by switching from interval work in rush hours, for work scheduled in the moments of decline in passenger numbers. On the basis of the conducted experimental research the numerical value of the interval in which it is expedient to organize the work on schedule.

УДК 656.13:004.42

С. В. СКИРКОВСКИЙ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО МАРШРУТИЗИРОВАННОГО ТРАНСПОРТА

Рассмотрены факторы, влияющие на систему городских пассажирских маршрутизированных перевозок (СГПМТ). Определены неуправляемые и управляемые факторы и их влияние на результативность работы городского пассажирского маршрутизированного транспорта (ГПМТ). На основе анализа влияния управляемых и неуправляемых факторов на ГПМТ определены выходные параметры СГПМТ и критерий их оптимизации.

Предприятия, выполняющие городские пассажирские перевозки, решают задачу оптимизации перевозочной деятельности, достижения ситуации, когда провозные способности парка пассажирских транспортных средств (ПТС) соответствовали бы спросу на перевозки, при минимальных транспортных издержках [1]. Достичь такого равновесия можно при помощи комплексного решения задач по оптимизации процессов перевозки пассажиров и управлению предприятием. Несовершенство сложившейся системы управления также является причиной малоэффективной работы ГПМТ. Она не стимулирует работу большей части перевозчиков по снижению затрат и обеспечению качества транспортного обслуживания пассажиров. Все это обуславливает необходимость совершенствования управления ГПМТ.

Система управления ГПМТ функционирует на двух этапах [1]:

- 1) предварительная организация перевозок;
- 2) текущее выполнение перевозок.

На первом этапе производится разработка маршрутной сети (МС), а также выбор ПТС и определение их числа для работы на маршрутах. При этом должны решаться следующие задачи:

- получение информации об объемах перевозок пассажиров и пассажиропотоках;
- формирование рациональной МС;
- координация работы различных видов ГПМТ;
- нормирование скоростей и режимов движения;
- принятие тарифных схем;
- расчет технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей работы перевозчика.

Реализация функций на втором этапе обеспечивает функционирование разработанной системы перевозок пассажиров:

- заключение договоров с перевозчиком на обеспечение перевозок пассажиров;
- определение величин тарифов;
- определение числа ПТС для работы на маршрутах по сезонам года, часам суток и дням недели;
- разработка расписания движения ПТС;
- доведение информации до пассажиров;
- контроль за техническим состоянием ПТС;
- контроль за регулярностью движения ПТС;
- диспетчеризация движения ПТС для компенсации воздействия на систему перевозок внешних и внутренних факторов.

Внешними факторами, влияющими на устойчивость перевозочного процесса, являются:

- изменение спроса на перевозки во времени, по направлениям и участкам маршрутов;
- изменение условий движения за счет колебаний интенсивности движения транспортных средств во времени на дорожной сети;
- регулирование дорожного движения;
- природно-климатические условия и др.

Развитие и совершенствование ГПМТ, как любой другой отрасли народного хозяйства, невозможны без системного подхода к решению постоянно возникающих сложных проблем и задач. Системный подход предполагает четкое формулирование цели в решении той или иной группы задач, выявление проблем, определяет построение структуры системы, самого механизма выхода на цель [2]. Различные элементы, включаемые в систему, функционально взаимосвязаны и работают на нее, являются неотъемлемой ее частью. В этом проявляется целостность системы [3].

Руководствуясь принципами системного подхода, представим СГПМТ в виде совокупности управляемых, неуправляемых факторов и выходных параметров (рисунки 1).

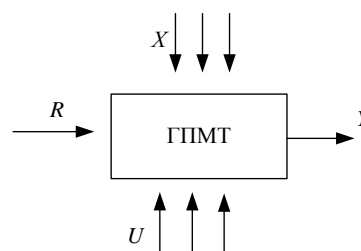


Рисунок 1 – Совокупность управляемых, неуправляемых факторов и выходных параметров:  
 Y – выходные параметры объекта; X – контролируемые входные параметры (неуправляемые факторы); U – регулируемые входные параметры (управляемые факторы); R – неконтролируемые воздействия

При решении любой оптимизационной задачи используются математические модели исследования, при этом под математической моделью понимается уравнение, связывающее параметр оптимизации с факторами, на него воздействующими. В общем виде это уравнение можно представить как

$$Z = \varphi(Y) = \varphi(X, U, R), \quad (1)$$

где  $\varphi(X) = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ ;  $\varphi(U) = f(U_1, U_2, \dots, U_n)$ .

Влияние неконтролируемых воздействий ( $R$ ) не учитывается из-за их незначительности. Помимо отбора управляющих параметров, должны быть установлены ограничения на эти параметры. Таким образом, для решения задачи оптимизации необходимо:

1) составить математическую модель объекта оптимизации:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, U_1, U_2, U_3); \quad (2)$$

2) определить критерий оптимальности и составить целевую функцию:

$$Z = \varphi(\bar{Y}) = F(\bar{X}, \bar{U}); \quad (3)$$

3) установить возможные ограничения, которые должны накладываться на переменные;

4) выбрать метод оптимизации, позволяющий найти искомые значения величин.

Выбор неуправляемых и управляемых факторов позволит получить требуемые выходные параметры СГПМТ и, таким образом, добиться повышения эффективности ее функционирования и обеспечения устойчивой городской мобильности. К *неуправляемым факторам* (рисунок 2) относятся: пункты тяготения пассажиров, места формирования пассажиропотоков, места формирования пассажиропотоков. Пункты тяготения пассажиров подразделяются на места приложения труда и культурно-бытовые объекты. На их расположение оказывают влияние особенности территориального, промышленного и культурного развития городских территорий [1]. Они практически неизменны в краткосрочной и среднесрочной перспективе, но оказывают существенное влияние на места формирования пассажиропотоков – начальные и конечные пункты маршрутов, а также промежуточные остановочные пункты (ОП), которые в свою очередь влияют на размер спроса на перевозки.

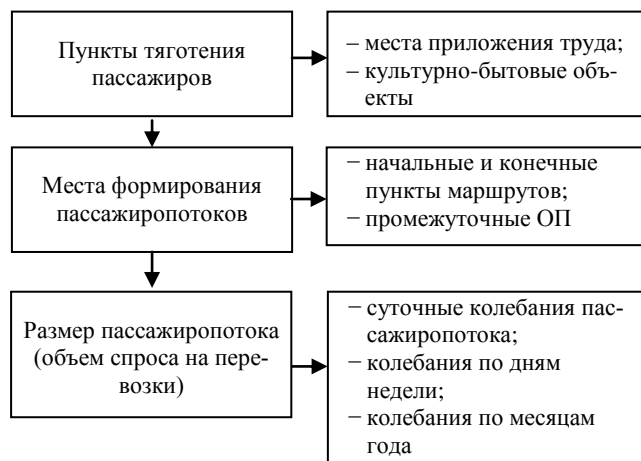


Рисунок 2 – Структура неуправляемых факторов

Известно [4, 5], что размер пассажиропотоков подвержен колебаниям в течение суток по часам, а также по дням недели и месяцам года. Для будних дней характерны два пиковых периода: 1) утренний, непродолжительный (1–1,5 ч), но обладающий и высокой напряженностью; 2) вечерний, менее напряженный, но более продолжительный по времени. В пиковые периоды, при недостаточной провозной способности на маршруте происходит их переполнение ПТС и коэффициент наполняемости достигает 1,1–1,2, что снижает качество перевозки пассажиров [1, 4].

Во внепиковый период происходит значительный спад пассажиропотоков. В этот отрезок времени преобладают деловые и культурно-бытовые поездки населения. В межпиковый период без принятия должных мер происходит снижение эффективности использования ПТС, существенное увеличение интервалов их движения, что, в свою очередь, приводит к увеличению времени ожидания пассажиром посадки и, соответственно, длительности поездки. В выходные и праздничные дни наблюдается другая ситуация – происходит постепенный рост пассажиропотоков до 11–12 часов дня и затем – их постепенное уменьшение [3–5].

К *управляемым факторам*, воздействующим на СГПМТ, относятся (рисунок 3): вид транспорта, маршруты перевозок, форма организации работы транспортных средств, параметры ПТС, информация о движении ПТС на маршрутах.

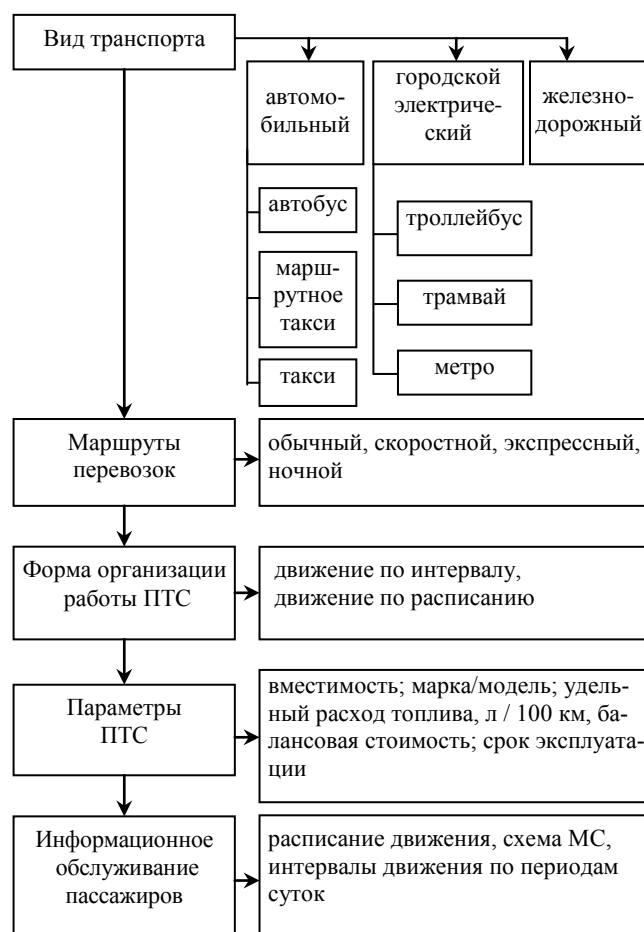


Рисунок 3 – Структура управляемых факторов

Перевозка пассажиров в черте города может осуществляться с применением автомобильного транспорта (автобус, маршрутное такси, такси), городского электрического транспорта (троллейбус, трамвай, метро) и железнодорожного. Выбор того или иного вида транспорта обусловлен сферой рационального их применения и определяется величиной пассажиропотока, необходимого для его освоения. Согласно действующему законодательству [6], перевозки пассажиров ГПМТ могут быть организованы на обычных, скоростных и экспрессных маршрутах. ПТС могут работать на маршруте, соблюдая определенный интервал движения или придерживаясь точного, доведенного до пассажира, расписания движения.



Выбор в пользу той или иной формы организации работы зависит от мощности пассажиропотока в определенный период времени, имеющегося количества и вместимости ПТС и не имеет четкого критерия.

Применяемые для перевозки пассажиров транспортные средства имеют следующие основные характеристики, влияющие на эффективность и качество процесса перевозки: вместимость (номинальная и максимальная), марка, модель, удельный расход топлива (л / 100 км), балансовая стоимость и срок эксплуатации.

*Информационное обслуживание пассажиров* – комплекс мер, направленных на предоставление пассажирам сведений, необходимых для планирования ими своих поездок и правильного пользования ГПМТ и включает: интервалы движения ПТС по периодам суток, рекламу; распространение справочников для пассажиров и схем МС; содержание в надлежащем порядке средств экипировки ПТС и указателей ОП; оборудование ОП информационными табло, сообщающими о времени прибытия очередного ПТС к ОП.

Для обоснования мероприятий по повышению эффективности использования ПТС нужно знать характер влияния отдельных эксплуатационных факторов на резульативные показатели – производительность ПТС, себестоимость перевозок и качество транспортного обслуживания пассажиров. Одним из основных показателей, характеризующих эффективность использования ПТС, является *производительность* – показатель величины транспортной продукции единицы ПТС за определенный период времени [3]:

$$P_c = \frac{q_n \gamma_c \eta_{cm}}{t_p}, \quad (4)$$

где  $q_n$  – номинальная вместимость ПТС, пас.;  $\gamma_c$  – статистический коэффициент использования вместимости ПТС;  $\eta_{cm}$  – коэффициент сменности;  $t_p$  – время рейса, ч,

$$t_p = \frac{l_m}{v_t} + t_{пп}, \quad (5)$$

где  $l_m$  – длина маршрута, км;  $v_t$  – техническая скорость движения ПТС, км/ч;  $t_{пп}$  – продолжительность остановки на ОП, ч.

Необходимо учитывать, что более высокое значение производительности обеспечивает снижение себестоимости перевозок и увеличение доходов и, как следствие, увеличение самоокупаемости, однако при этом ухудшаются качественные показатели пассажирских перевозок [7]. Среди многочисленных факторов, оказывающих влияние на производительность парка ПТС, можно выделить его структуру, организацию транспортного процесса, технического обслуживания и ремонта, форму организации работы ПТС на маршруте.

*Себестоимость перевозок* может быть выражена в виде суммы всех видов расходов, отнесенной на единицу объема перевозок и транспортной работы [7]:

$$S_{пол} = (S_{жк} + S_n) / P, \quad (6)$$

где  $S_{жк}$  – сумма эксплуатационных расходов, руб.;  $S_n$  – сумма накладных расходов, руб.;  $P$  – объем транспортной продукции, пас.км.

В практической деятельности ПТП появляется необходимость в определении себестоимости одного часа работы ( $S_{а.ч}$ ) и себестоимости одного километра пробега ПТС,  $S_{км}$ .

Себестоимость одного часа работы ПТС

$$S_{а.ч} = S_{пер} / v_э + S_{пост}, \quad (7)$$

себестоимость 1 км пробега ПТС

$$S_{км} = S_{пер} + S_{пост} / v_э, \quad (8)$$

где  $S_{пер}$  – сумма переменных расходов, приходящихся на 1 км пробега ПТС, руб./км;  $S_{пост}$  – сумма постоянных расходов, приходящихся на 1 ч работы ПТС, руб./ч;  $v_э$  – эксплуатационная скорость, км/ч.

Затраты на одну поездку пассажира на МС определяются по формуле

$$S = \frac{S_{км} l_{ср}}{q_{ср} \gamma_c}, \quad (9)$$

где  $S_{км}$  – средние удельные затраты на 1 км пробега ПТС, руб./км;  $l_{ср}$  – среднее расстояние поездки пассажиров, км;  $q_{ср}$  – средняя вместимость ПТС, пас.

Снижения затрат на перевозку пассажира можно достичь либо сокращением средних удельных затрат на 1 км пробега ПТС  $S_{км}$ , либо за счет повышения наполняемости ПТС  $\gamma_c$  для определенных значений среднего расстояния поездки пассажиров  $l_{пп}$  и средней вместимости ПТС  $q_{ср}$ .

Из приведенной зависимости (рисунок 4) затрат на 1 поездку пассажира от величины коэффициента использования вместимости (для  $S_{км} = 1,75$  бел. руб./км, выручка за перевозку одного пассажира – 0,17 бел. руб.,  $q_{ср} = 90$  пас.,  $l_{ср} = 4,93$  км) следует, что даже при существующих удельных затратах на 1 км пробега ПТС, при значении коэффициента использования пассажироместности  $\gamma_c = 0,37$  будет достигаться безубыточная работа перевозчика. Например, замена ПТС, работающих на маршруте в межпиковый период, при прочих равных условиях, на ПТС меньшей пассажироместности, вызывает одновременно уменьшение  $S_{км}$  и рост  $\gamma_c$  и тем самым снижает убыточность работы ПТП. Это не приводит к увеличению времени на передвижение и не снижает качество транспортного обслуживания пассажиров.

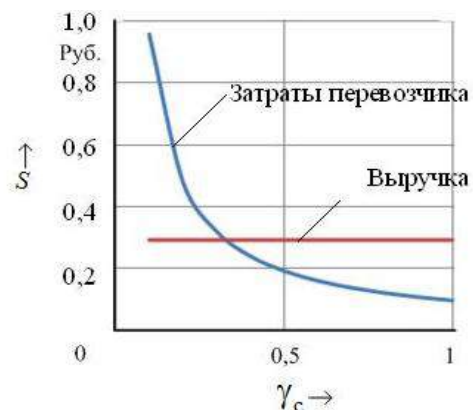


Рисунок 4 – Зависимость затрат  $S$  на 1 поездку пассажира от величины коэффициента использования вместимости  $\gamma_c$

Качество транспортного обслуживания пассажиров – совокупность свойств перевозочного процесса и системы перевозок пассажиров, обуславливающих соответствие их нормативным требованиям.

Свойства перевозочного процесса и системы перевоз-



зок определяют объективную особенность уровня организации и осуществления перевозок пассажиров: уровень развития МС, затраты времени пассажира: на передвижение в ПТС; пешее передвижение; ожидание посадки; наполнение ПТС пассажирами; комфортабельность транспортного передвижения; регулярность движения ПТС; беспересадочность сообщения.

Уровень развития маршрутной системы определяет потенциальную доступность передвижения на ПТС. При определении уровня развития МС используют характеристику – плотность маршрутной сети, численно равную отношению суммарной длины маршрутов к площади обслуживаемой территории. Средняя плотность МС для городов, имеющих только автобусный транспорт, должна составлять 2,0–2,5 км/км<sup>2</sup>. В случае одновременной работы в городе различных видов ГПМТ общая плотность МС может достигать 3,0–3,5 км/км<sup>2</sup>. Превышение нормативной плотности МС приводит к увеличению числа пересечений маршрутов, в результате чего снижаются скорости движения ПТС, падает их провозная способность [1, 3, 7].

Затраты времени пассажира на передвижение складываются из времени на пешее передвижение, поездки и ожидания ПТС. Время, затрачиваемое пассажиром на ожидание, расходуется непроизводительно, в связи с этим затраты, связанные с осуществлением передвижения, необходимо проанализировать с целью минимизации.

Затраты времени на пешее передвижение к остановке для посадки в ПТС в среднем равны времени пешего передвижения от остановки прибытия до цели поездки [4]:

$$T_{\text{пеш}} = \frac{60}{v_{\text{пеш}}} \left( \frac{1}{3\delta} + l_n/4 \right), \quad (10)$$

где  $v_{\text{пеш}}$  – скорость пешего передвижения, км/ч;  $\delta$  – средняя плотность МС, км/км<sup>2</sup>;  $l_n$  – средняя длина перегона, км.

Анализ выражения (10) показывает, что уменьшения времени на пешее передвижение можно достичь путем увеличения плотности МС или снижения средней длины перегона на маршруте. Согласно ТПК 45-3.03-227–2010 расстояние между ОП ГПМТ составляет 0,35–0,6 км, для скоростных и экспрессных маршрутов 0,8–1,2 и 1,5 км соответственно. Правилами перевозок пассажиров [5] установлено, что расстояние между ОП при многоэтажной застройке должно быть 350–800 м, при малоэтажной – 500–1000 м. При сложившемся уровне развития МС города и плотности застройки время пешего передвижения остается неизменным.

Затраты времени на ожидание посадки определяются тремя факторами: интервалом движения, точностью соблюдения расписания, вместимостью ПТС:

$$T_{\text{ож}} = \frac{I}{2} = 0,5 + P_{\text{отк}} I_{\text{эф}}. \quad (11)$$

Интервал движения ПТС на маршруте

$$I = \frac{q \cdot 60}{Q_{\text{max}}}. \quad (12)$$

Из выражения (12) следует, что увеличение вместимости ПТС приводит к росту интервала их движения на маршруте при неизменном значении величины пассажиропотока в рассматриваемый период (рисунок 5), что в свою очередь приводит к увеличению времени ожи-

дания ПТС и отрицательно сказывается на качестве транспортного обслуживания пассажиров.

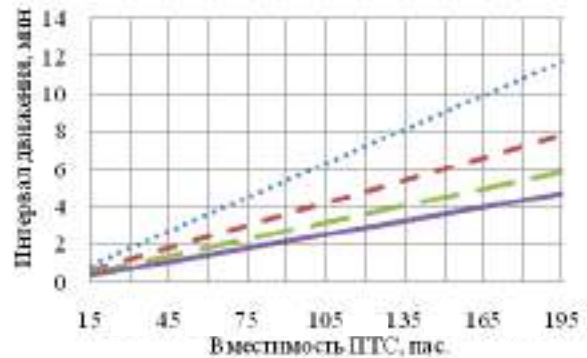


Рисунок 5 – Зависимость величины интервала движения ПТС от их вместимости, при различных значениях часового пассажиропотока:

.....  $Q = 1000$  пас./ч      - - -  $Q = 1500$  пас./ч  
 —  $Q = 2000$  пас./ч      —  $Q = 2500$  пас./ч

Среднее время на передвижение пассажира в ПТС определяется по формуле

$$t_{\text{дв}} = \frac{l_m}{v_c} = \frac{l_m}{v_T} + n t_{\text{ост}}, \quad (13)$$

где  $l_m$  – длина маршрута, км;  $v_c$  – скорость сообщения ПТС на маршруте, км/ч;  $v_T$  – техническая скорость движения ПТС, км/ч;  $n$  – количество ОП на маршруте, ед.;  $t_{\text{ост}}$  – продолжительность остановки на промежуточных ОП, ч.

Сократить затраты времени пассажира на передвижение можно за счет повышения скорости сообщения или технической скорости, уменьшения время простоя на промежуточных ОП и сокращения затрат времени на ожидание посадки. Скорость сообщения зависит, с одной стороны, от характеристик транспортного потока и системы организации дорожного движения на маршруте, а с другой – от тягово-скоростных и технико-эксплуатационных характеристик ПТС и количества и длительности остановок ПТС на маршруте для посадки/высадки пассажиров. На рисунке 6 представлены зависимости времени в движении от технической скорости при различных значениях времени стоянки ПТС на ОП.

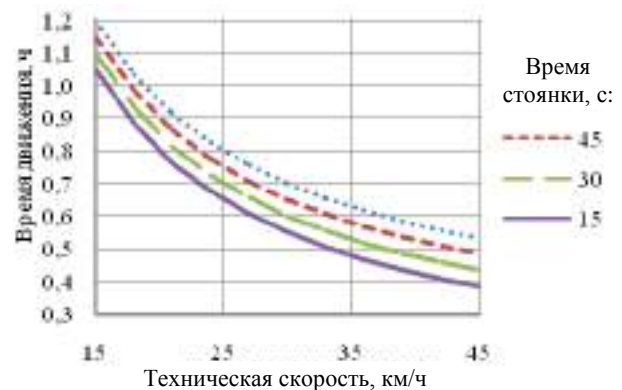


Рисунок 6 – Зависимость времени в движении от технической скорости при различных значениях времени стоянки ПТС на ОП

Анализ показывает, что величина времени стоянки на ОП существенно не влияет на время в движении

ПТС на маршруте, а ее сокращение вызовет снижение качества перевозки пассажиров за счет ухудшения условий посадки-высадки пассажиров в ПТС.

Наполнение ПТС пассажирами характеризуют статистическим коэффициентом использования вместимости ( $\gamma_c$ ), который численно равен отношению числа пассажиров, фактически находящихся в ПТС ( $q_\phi$ ), к его номинальной вместимости ( $q_n$ ) [8]:

$$\gamma_c = \frac{q_\phi}{q_n}. \quad (14)$$

Степень использования ПТС в течение суток характеризуется динамическим коэффициентом использования вместимости ( $\gamma_d$ ):

$$\gamma_d = \frac{P_\phi}{P_{\max}}. \quad (15)$$

Динамический коэффициент использования вместимости численно равен отношению фактически выполненной транспортной работы за сутки ( $P_\phi$ ) к максимальной возможной ( $P_{\max}$ ).

Комфортабельность транспортного передвижения. Понятие «комфорт» применительно к городским перевозкам характеризуется комфортом ожидания поездки, посадки в ПТС и поездки.

Комфорт ожидания поездки обеспечивается оборудованием и содержанием в надлежащем порядке ОП маршрутов и путей подхода к ним.

Регулярность движения ПТС – свойство следующих друг за другом ПТС прибывать в заданные пункты через равные промежутки времени. При малых интервалах движения (не свыше 10–15 мин) с точки зрения пассажира регулярным будет движение ПТС с равными интервалами. С точки зрения качества исполнения расписания движения имеет значение точность его исполнения.

Коэффициент регулярности движения ПТС – показатель, применяемый для количественной оценки регулярности движения. Определяется отношением числа рейсов, выполняемых в соответствии с расписанием движения, к числу рейсов, предусмотренных заданным расписанием.

Беспересадочность сообщения – возможность пассажиру совершить поездку без пересадки в пути следования. Количественно этот показатель характеризуется коэффициентом пересадочности  $K_{\text{п}}$ , который показывает среднее количество посадок, приходящееся на одну поездку.

Коэффициент пересадочности зависит от планировочной структуры города, типологии МС, наличия скоростного и экспрессного сообщений и находится в пределах от 1,1 при численности населения города до 250 тыс. чел. до 1,4 при численности свыше 1 млн чел. На основе оценки качества по каждому отдельно взятому показателю (дифференциальных оценок качества) устанавливают комплексную (интегральную) оценку качества, характеризующую совокупное качество всех учитываемых показателей [7, 8].

Таким образом, проанализировав управляемые и неуправляемые факторы и их влияние на ПГМТ, определим выходные параметры, СГПМТ (рисунок 7).



Рисунок 7 – Выходные параметры СГПМТ

Учитывая вышесказанное, целевая функция, выражающая снижение затрат на организацию и осуществление перевозок пассажиров, позволяющее достичь повышения самоокупаемости и качества перевозок пассажиров ГПМТ на основе оптимизации вместимости и интервалов движения ПТС, рационального их распределения по маршрутам и выбора рациональной формы организации работы на маршруте, может быть представлена следующим образом:

$$Z = Z_{\text{опт}} + Z_{\text{рм}} + Z_{\text{ф}} \rightarrow \min, \quad (16)$$

где  $Z_{\text{опт}}$  – потери от использования ПТС неоптимальной вместимости;  $Z_{\text{рм}}$  – потери, вызванные неоптимальным распределением ПТС по маршрутам;  $Z_{\text{ф}}$  – потери СГПМТ от нерациональной формы организации работы ПТС на маршруте.

Потери от использования ПТС неоптимальной вместимости определяется как сумма потерь  $Z_{\text{ч},ij}$ , вызванных их работой на  $j$ -м маршруте в  $i$ -й период времени в течение суток:

$$Z_{\text{опт}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Z_{\text{ч},ij} \rightarrow \min_q, \quad (17)$$

где  $m$  – количество часов в сутках,  $m = 24$ ;  $i$  – период времени работы ПТС на маршрутах  $i = 1, m$ ;  $n$  – количе-

ство маршрутов, по которым организовано движение ПТС при перевозке пассажиров;  $j$  – порядковый номер маршрута перевозки пассажиров ГПМТ,  $j = \overline{1, n}$ .

Потери, вызванные неоптимальным распределением ПТС по маршрутам, выражаются суммой затрат, вызванных работой ПТС  $k$ -й вместимости на  $j$ -м маршруте в  $i$ -й час суток, отличающейся от оптимального:

$$Z_{\text{pm}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r Z_{\text{pm},ijk} \rightarrow \min. \quad (18)$$

Потери СГПМТ от нерациональной формы организации работы ПТС на маршруте определяются как сумма затрат при работе по расписанию или интервалу на  $j$ -м маршруте в  $i$ -й час суток:

$$Z_{\text{ф}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \begin{cases} Z_{\text{p},ij} & \text{если } Z_{\text{p},ij} \leq Z_{\text{н},ij} \\ Z_{\text{н},ij} & \text{если } Z_{\text{p},ij} > Z_{\text{н},ij} \end{cases} \rightarrow \min. \quad (19)$$

Подставив выражения (17)–(19) в формулу (16), получим

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Z_{\text{ч},ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r Z_{\text{pm},ijk} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \begin{cases} Z_{\text{p},ij} & \text{если } Z_{\text{p},ij} \leq Z_{\text{н},ij} \\ Z_{\text{н},ij} & \text{если } Z_{\text{p},ij} > Z_{\text{н},ij} \end{cases} \rightarrow \min.$$

Таким образом, выражение (20) представляет собой целевую функцию, выражающую снижение затрат на организацию и осуществление перевозок пассажиров на основе оптимизации вместимости и интервалов движения транспортных средств, рационального их распределения по маршрутам и выбора рациональной формы организации работы.

### Список литературы

1 Скирко́вский, С. В. Совершенствование системы управления городским пассажирским транспортом / С. В. Скирко́вский //

Получено 25.05.2017

**S. U. Skirkouski.** Research of influence factors on the performance of the urban passenger transport routed.

Examines the factors that affect urban passenger transport routed (SUPTR). Defined by uncontrollable and controllable factors and their influence on the performance of the urban passenger transport routed (UPTR). Based on the analysis of the impact of controlled and uncontrolled factors in the UPTR, defined output parameters SUPTR and criteria of their optimization.

Наука – образованию, производству, экономике : материалы Междунар. науч.-техн. конф. Т. 1 / под общ. ред. Б. М. Хрусталева, В. Л. Соломахо. – Минск : Технопринт, 2003. – С. 261–265.

2 Курба́тов, В. И. Математические методы социальных технологий : учеб. пособие / В. И. Курба́тов, Г. А. Угольничский. – М. : Вузовская книга, 1998. – 256 с.

3 Аземша, С. А. Автомобильные перевозки пассажиров и грузов. Практикум : учеб. пособие / С. А. Аземша, С. В. Скирко́вский, С. В. Сушко. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 205 с.

4 Измерение эффективности работы городского пассажирского общественного транспорта / А. В. Вельможин [и др.] // Прогресс транспортных средств. – Волгоград, 2002. – С. 240–242.

5 Скирко́вский, С. В. Исследование изменения городских перевозок пассажиров во времени / С. В. Скирко́вский // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Ч. II / под общ. ред. В. И. Сенько. – Гомель : БелГУТ, 2003. – С. 15–17.

6 Правила автомобильных перевозок пассажиров : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 30 июня 2008 г. № 972 «О некоторых вопросах автомобильных перевозок пассажиров» // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 186, 5/28040; 2009. – № 105, 5/29628.

7 Спири́н, А. В. Повышение качества перевозки пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам совершенствованием организационно-функциональной структуры перевозчика : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / А. В. Спири́н. – Оренбург, 2013. – 150 с.

8 Скирко́вский, С. В. Повышение эффективности городских перевозок пассажиров автобусами / С. В. Скирко́вский // Вестник Белорусского гос. ун-та трансп.: Наука и транспорт. – 2006. – № 1–2. – С. 97–101.

9 Скирко́вский, С. В. Методика повышения эффективности перевозок пассажиров городским маршрутизированным транспортом / С. В. Скирко́вский, В. Н. Седюкевич, П. А. Пегин // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – № 1. – Оренбург, 2017. – С. 69–77.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 656.2.08

*Ю. И. КУЛАЖЕНКО, доктор физико-математических наук, А. А. ЕРОФЕЕВ, кандидат технических наук, В. Г. КУЗНЕЦОВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Изложены подходы к развитию системы государственного контроля безопасности транспортной деятельности участников перевозочного процесса на инфраструктуре железнодорожного транспорта Республики Беларусь. Установлены основные социально-экономические и нормативно-правовые условия реализации функций государственного контроля безопасности транспортной деятельности на железнодорожном транспорте в рамках Министерства транспорта и коммуникаций. Указаны приоритеты развития системы государственного контроля на основе создания двухуровневого взаимодействия – органа контроля и участника перевозочного процесса. Определены подходы к созданию участниками перевозочного процесса на железнодорожном транспорте системы управления безопасностью (СУБ), которая охватывает управленческие и производственные процессы. Представлена структура СУБ участника перевозочного процесса и основные мероприятия по реализации процессов совершенствования системы контроля транспортной деятельности.

Государственной программой развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы [1] в числе приоритетных задач определены повышение эффективности инвестиций в транспортную деятельность и создания привлекательности транспортной сферы экономики Беларуси на международном рынке транспортных услуг.

Развитие интеграции железнодорожного транспорта республики в общее транспортное пространство Союзного государства, Содружества Независимых Государств, Евразийского экономического союза, трансконтинентального пространства Азия – Европа и других связана с формированием адаптированной к международной практике и конкурентной среде системы оказания комплекса транспортных услуг, совершенствованием и развитием нормативной правовой базы в области транспорта, обеспечением взаимодействия с международными транспортными организациями, членом которых является Республика Беларусь, а также международными организациями, определяющими транспортную политику.

Достижение целевых показателей развития железнодорожного транспорта в период до 2020 года – рост грузооборота до 106,6 %, увеличение пассажирооборота до 100,9 %, снижение потребления топлива на тягу поездов на 15,3 %, снижение износа основных средств до 51 % [1] – предполагается решать путем обеспечения доступности, повышения качества и безопасности услуг железнодорожного транспорта, развития инфраструктуры и обновления подвижного состава железнодорожного транспорта, повышения эффективности использования материальных и нематериальных ресурсов.

Обеспечение безопасности услуг железнодорожного транспорта затрагивает деятельность множества участников перевозочного процесса, которые взаимодействуют на едином пространстве железнодорожного транспорта общего пользования Республики Беларусь.

Участники перевозочного процесса как субъекты транспортной деятельности обязаны иметь предусмотренные нормативно-правовыми актами (НПА) Республики Беларусь специальные разрешения (лицензии) и сертификаты соответствия и (или) декларации о соответствии объектов транспортной деятельности, а также выполняемых транспортных работ и оказываемых транспортных услуг требованиям технических нормативных правовых актов (ТНПА) [2]. Кроме того, обязательным условием транспортной деятельности является соблюдение участниками перевозочного процесса требований безопасности транспортной деятельности, под которой понимается состояние, обеспечивающее минимальную вероятность возникновения опасности для жизни, здоровья и имущества физических и юридических лиц.

В силу специфики работы на железнодорожном транспорте услуги, оказываемые с использованием инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования, железнодорожные перевозки отнесены к сфере деятельности естественной монополии [3]. Законом «О естественных монополиях» субъект естественной монополии должен соблюдать требования ТНПА, показатели безопасности и качества услуг, а также применять методы и технологии оказания услуг, обеспечивающие соблюдение принципа общественной безопасности и безопасности для жизни, здоровья, имущества граждан, имущества юридических лиц и окружающей среды.

В соответствии с законом «О железнодорожном транспорте» [4] управление перевозочным процессом на железнодорожном транспорте общего пользования возложено на государственное объединение «Белорусская железная дорога» (далее – Белорусская железная дорога). В Уставе Белорусской железной дороги [5], утвержденном постановлением Совета Министров Республики Беларусь, обеспечение безопасности движения является приоритетной задачей железной дороги и отнесена к ее компетенции.

В соответствии с законом [4] установлена обязанность организаций железнодорожного транспорта общего пользования обеспечивать безопасность движения и эксплуатации железнодорожного транспорта общего пользования и безопасные условия перевозок пассажиров, грузов, багажа и грузобагажа.

Обеспечение безопасности транспортной деятельности следует рассматривать как систему экономических, организационно-правовых, технических и иных мер, предпринимаемых органами государственной власти, участниками перевозочного процесса и иными заинтересованными лицами и направленных на предотвращение транспортных происшествий и снижение риска причинения вреда жизни или здоровью граждан, вреда окружающей среде, имуществу физических или юридических лиц.

Обязанности по обеспечению безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта возложены также на работников организаций железнодорожного транспорта общего пользования, в части их компетенции, профессиональной подготовки и соблюдения функциональных обязанностей.

Нормативно-правовое поле Республики Беларусь определяет функции государственного регулирования, управления и контроля транспортной деятельности (рисунок 1). Указанные государственные функции в области железнодорожного транспорта делегируются Президенту Республики Беларусь, Совету Министров Республики Беларусь, Министерству транспорта и коммуникаций Республики Беларусь и другим республиканским органам государственного управления в пределах их компетенции.

Государственное регулирование безопасности транспортной деятельности реализуется посредством формирования нормативно-правовой базы, разработки направлений развития в сфере безопасности, подтверждением соответствия объектов транспортной деятельности, работ и услуг требованиям ТНПА, лицензирования, установления требований по обеспечению безопасности транспортной деятельности, определения условий международного сотрудничества в области транспортной деятельности и иных нормативов и правил.

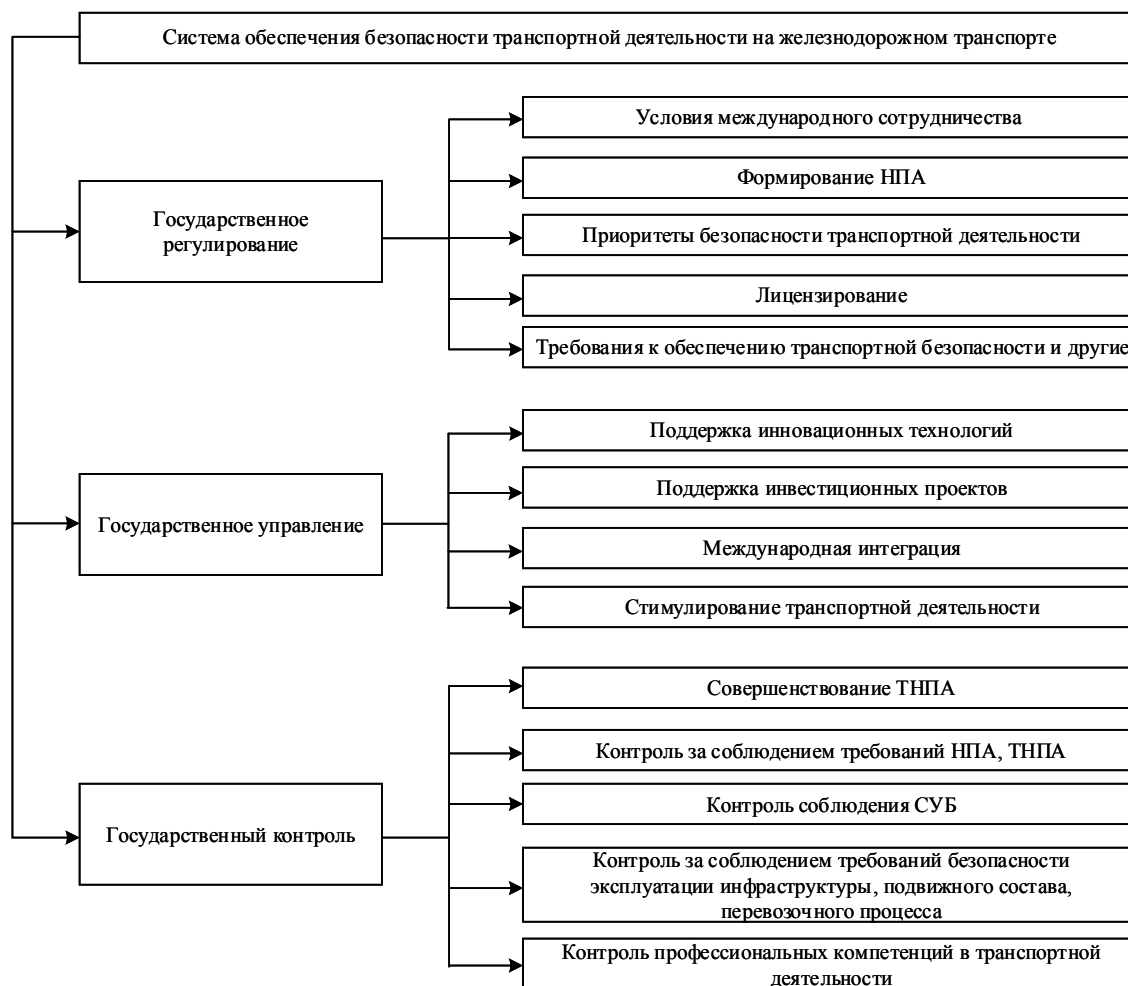


Рисунок 1 – Система обеспечения безопасности транспортной деятельности

Государственное управление безопасностью транспортной деятельности осуществляется посредством функций управления субъектами транспортной деятельности в соответствии с НПА Республики Беларусь, реализацией организационно-экономических мер поддержки повышения безопасности в процессе оказания транспортных услуг.

Государственный контроль обеспечения безопасности транспортной деятельности реализуется посредством проверки соблюдения субъектами транспортной деятельности НПА, а также требований безопасности движения.

Обеспечение безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта общего пользования, безопасные условия перевозок пассажиров, грузов,

багажа и грузобагажа осуществляется не только путем соблюдения установленных норм и правил, но и посредством контроля за их выполнением.

На железнодорожном транспорте общего пользования Белорусская железная дорога в соответствии с [5] осуществляет контроль за обеспечением безопасности движения и эксплуатации транспортных средств и в своем составе имеет специальные службы, реализующие эти функции.

Белорусская железная дорога как орган государственного контроля уполномочен [6] на проведение мероприятий технического (технологического, поверочного) характера в отношении железнодорожного транспорта как общего (в том числе иностранных перевозчиков), так и необщего пользования.

В структуре Белорусской железной дороги выстроена многоуровневая функционально-территориальная система контроля безопасности движения: в Управлении Белорусской железной дороги – служба безопасности движения; в отделениях дороги – аппарат главного ревизора по безопасности движения поездов; на крупных железнодорожных станциях, депо, дистанциях и других структурных подразделениях – специалисты по безопасности движения. Основные задачи службы и ответственных специалистов структурных подразделений:

- организация разработки совместно с причастными подразделениями дороги мероприятий по предупреждению нарушений безопасности движения поездов и осуществление контроля за их выполнением;

- организация работы и контроль за обеспечением безопасности движения поездов;

- осуществление контроля за проведением периодических проверок знаний работниками железной дороги НПА по вопросам обеспечения безопасности движения поездов.

Система контроля на железной дороге функционирует на основе НПА Республики Беларусь. Координирующим организационную деятельность в области безопасности движения является приказ Начальника Белорусской железной дороги от 05.01.2012 № 4Н «О совершенствовании работы по обеспечению безопасности движения поездов на Белорусской железной дороге» [7], которым установлены базовые направления системы мер по обеспечению безаварийной работы.

Планирование всего комплекса работ по обеспечению безопасности движения производится ежегодно, более детально – ежемесячно, и включает мероприятия, разрабатываемые на основе состояния безопасности движения поездов и планов социально-экономического развития Белорусской железной дороги. Регулирующие действия прежде всего построены на основе контроля соответствия системы движения поездов требованиям НПА и носят упреждающий характер.

Анализ рынка транспортных услуг на железнодорожном транспорте показывает значительную динамику интеграции Белорусской железной дороги, организаций железнодорожного транспорта Республики Беларусь в международное транспортное пространство, активное вовлечение перевозчиков и других участников перевозочного процесса в транспортную деятельность железнодорожных администраций-партнеров. Наиболее динамично развиваются интеграционные процессы в границах Единого экономического пространства России, Беларуси, Казахстана, Армении, Киргизии.

В настоящее время приняты ряд документов, предусмотренных к реализации в «Разделе 21. Транспорт» договора о ЕАЭС от 29.05.2014 [8], в том числе «Правила оказания услуг инфраструктуры» и «Правила доступа к услугам инфраструктуры железнодорожного транспорта в рамках Единого экономического пространства», определяющие основу формирования общего рынка транспортных услуг, а также отношения перевозчиков и операторов инфраструктуры по предоставлению доступа к услугам инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования. Принятие этих нормативных документов предполагает доступ иностранных перевозчиков к железнодорожной инфраструктуре и регламентацию требований к их деятельности в сфере безопасности движения.

В рамках Таможенного союза введены технические регламенты [9, 10], которые устанавливают требования к инфраструктуре, подвижному составу и затрагивают вопросы безопасности транспортной деятельности.

Изменились внутригосударственные условия функционирования железнодорожного транспорта: существенно выросла доля частных вагонов в рабочем парке дороги, усиливается конкуренция между владельцами подвижного состава на грузоперевозки. Железнодорожный транспорт Республики Беларусь имеет значительную сеть железнодорожного транспорта необщего пользования, объекты и субъекты которого также должны соответствовать требованиям документов в области железнодорожного транспорта.

Новые условия транспортной деятельности требуют развития системы обеспечения безопасности и совершенствования системы контроля в области железнодорожного транспорта, в т.ч. со стороны Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь (МТК).

**Целевым подходом к формированию новой системы контроля** является совершенствование контроля безопасности транспортной деятельности в области железнодорожного транспорта, обеспечивающее безопасное и устойчивое функционирование железнодорожной транспортной системы в целом и всех участников перевозочного процесса в частности.

**Создание системы государственного контроля предусматривает решение следующих задач:**

- формирование перспективной системы контроля безопасности транспортной деятельности в области железнодорожного транспорта путем создания двухуровневой системы, включающей государственный орган контроля и системы управления безопасностью участников перевозочного процесса;

- определение функций, задач и структуры государственного органа контроля безопасности транспортной деятельности в области железнодорожного транспорта и принципиальных подходов к его функционированию;

- установление требований к системе управления безопасностью участников перевозочного процесса;

- разработка мероприятий по созданию и формированию условий эффективной работы системы контроля.

**Развитие системы государственного контроля базируется на следующих приоритетах:**

- повышение уровня безопасности перевозочного процесса является важным государственным приоритетом развития железнодорожного транспорта Республики Беларусь;

– совершенствование системы контроля в области железнодорожного транспорта должно производиться с учетом максимального сохранения существующей на Белорусской железной дороге (владелец инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования Республики Беларусь) эффективной системы управления безопасностью движения;

– система контроля в области железнодорожного транспорта должна обеспечивать равноправные и не дискриминирующие условия функционирования для всех участников перевозочного процесса;

– функции государственного органа и участников перевозочного процесса по контролю в области железнодорожного транспорта должны быть согласованы и иметь единые целевые подходы к обеспечению безопасности транспортной деятельности.

Основой системы контроля безопасности транспортной деятельности в области железнодорожного транспорта является **двухуровневое взаимодействие**:

1) орган государственного контроля;

2) орган контроля участников перевозочного процесса.

Участники перевозочного процесса, осуществляющие деятельность в сфере железнодорожного транспорта Республики Беларусь, независимо от формы собственности в пределах своей компетенции должны обеспечивать безопасность перевозочного процесса (далее – безопасность) и соблюдение требований НПА Республики Беларусь, в том числе международных договоров Республики Беларусь [11].

Для обеспечения безопасности участники перевозочного процесса должны разработать и внедрить **систему управления безопасностью** перевозочного процесса (СУБ), состав которой определяется законодательством Республики Беларусь. Область действия СУБ охватывает управленческие и производственные процессы и распространяется на всех участников перевозочного процесса.

Система управления безопасностью создается самими участниками в соответствии с требованиями органа государственного контроля и регламентируется внутренними документами [12]. Соответствие СУБ нормативным требованиям подтверждается сертификатом безопасности, который выдает государственный орган контроля.

Государственный орган контроля создается в рамках МТК Республики Беларусь. Государственный орган должен обеспечивать систематический контроль и аудит СУБ участников перевозочного процесса.

Соответствие СУБ участника перевозочного процесса требованиям по безопасности определяется путем регулярного систематического контроля.

Участники перевозочного процесса обеспечивают безопасность путем осуществления комплекса организационных и технических мер, которые соответствуют требованиям государственной программы развития транспортного комплекса и НПА Республики Беларусь [1, 4, 13, 14].

Безопасность транспортной деятельности характеризуется комплексностью рассмотрения транспортной деятельности участника перевозочного процесса. Среди основных условий СУБ, которые должны быть обеспечены участниками перевозочного процесса:

– безопасные условия для жизни и здоровья человека, проезда пассажиров;

– безопасность перевозок грузов, багажа и грузо-багажа;

– безопасность движения при эксплуатации технических средств железнодорожного транспорта;

– охрана объектов железнодорожного транспорта, находящихся в их ведении;

– экологическая безопасность;

– противопожарная безопасность;

– санитарно-эпидемиологическая безопасность и другие аспекты безопасности.

Предметом государственного надзора является соблюдение участниками перевозочного процесса, осуществляющими транспортную деятельность, обязательных требований в области безопасности движения, эксплуатации железнодорожного транспорта, а также промышленной безопасности на железнодорожном транспорте.

Основные функции государственного органа контроля безопасности транспортной деятельности в области железнодорожного транспорта:

– контроль за соблюдением участниками перевозочного процесса требований безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, в соответствии с СУБ и требованиями НПА Республики Беларусь, в том числе международных договоров Республики Беларусь;

– контроль за состоянием безопасности транспортной деятельности участников перевозочного процесса в соответствии с требованиями ТНПА;

– участие в расследовании нарушений безопасности транспортной деятельности участников перевозочного процесса в соответствии с требованиями нормативных актов в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, перевозок опасных грузов на железнодорожном транспорте;

– лицензирование перевозочной и другой деятельности на железнодорожном транспорте в соответствии с компетенциями, возлагаемыми на государственный орган;

– организация и (или) участие в разработке ТНПА в области безопасности.

Реализации функций государственного контроля безопасности транспортной деятельности осуществляется компетентными структурными подразделениями, входящими в структуру Министерства транспорта и коммуникаций или подчиненных ему государственных организаций [15, 16]. Перечень задач, решаемых ими, определяется положением о государственном органе контроля в области железнодорожного транспорта.

Контроль за организацией обеспечения безопасности движения и эксплуатации на железнодорожном транспорте предполагается осуществлять путем проведения плановых и внеплановых проверок, в соответствии с законодательством Республики Беларусь. Допускается проведение внеплановых проверок в случаях транспортных происшествий на железнодорожном транспорте.

Обеспечение безопасности транспортной деятельности объектов возлагается на участников перевозочного процесса, которые должны иметь СУБ перевозочного процесса, адекватную заявленным ими видам транспортной деятельности (рисунок 2).

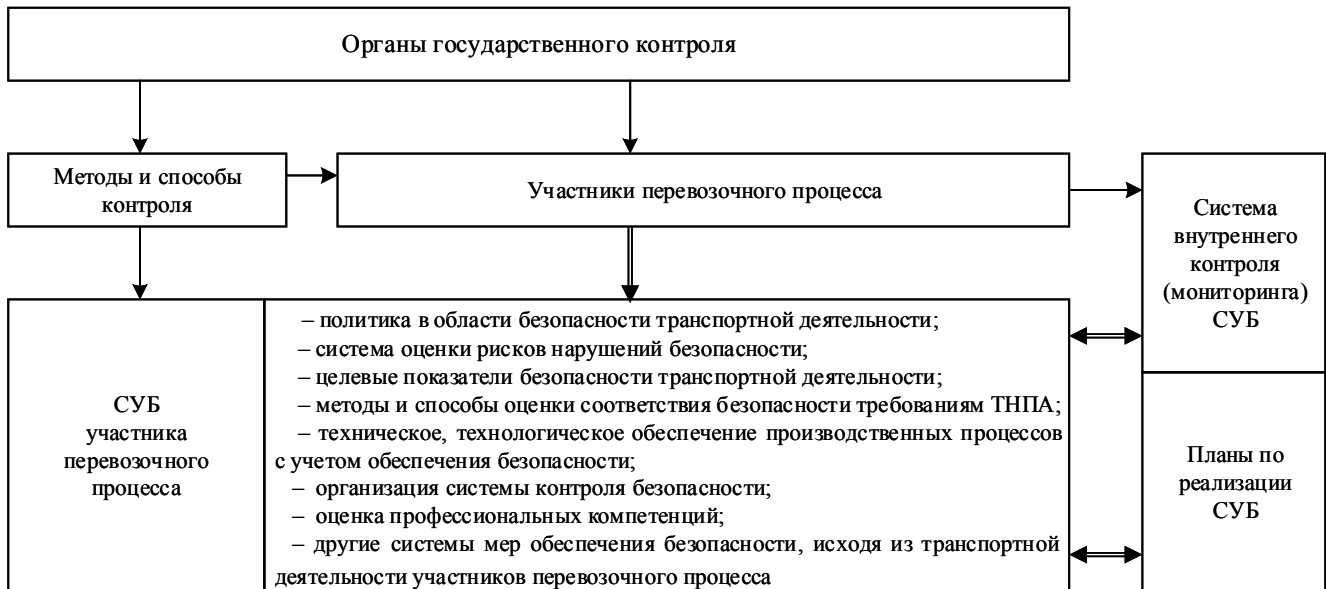


Рисунок 2 – СУБ перевозочного процесса

СУБ участников перевозочного процесса должна включать:

1) политику в области безопасности, устанавливающую приоритет безопасности при реализации транспортной деятельности и содержащую принципы управления безопасностью; деятельность персонала должна быть скоординирована данной политикой;

2) процедуры выявления опасностей и оценки рисков нарушений безопасности, меры по управлению рисками в области безопасности на железнодорожном транспорте, с указанием методов, исполнителей, ответственных за реализацию системы необходимых действий;

3) целевые показатели по безопасности на железнодорожном транспорте и связанные с ними планы мероприятий по достижению целевых показателей. Участник перевозочного процесса устанавливает цели (измеримые и достижимые), планы мероприятий по достижению этих целей (с указанием показателей, ответственных и сроков выполнения) в соответствии с требованиями ТНПА;

4) процедуру оценки соответствия безопасности транспортной деятельности требованиям нормативных правовых актов Республики Беларусь и технических регламентов;

5) обеспечение соответствующими людскими, производственными и финансовыми ресурсами, требуемыми для достижения целей по безопасности транспортной деятельности участника перевозочного процесса посредством:

- установления и распределения обязанностей, ответственности и полномочий работников участника перевозочного процесса в обеспечении безопасности;
- повышения квалификации персонала;
- наличия необходимой инфраструктуры, находящейся в рабочем состоянии и создания производственной среды для персонала;

6) проведение анализа деятельности участника перевозочного процесса с периодичностью, установленной внутренними документами участника перевозочного процесса, а также постоянного мониторинга и измерения показателей деятельности и периодического внутреннего аудита СУБ.

Структура СУБ участника перевозочного процесса и перечень решаемых в данной системе задач устанавливается внутренними документами участника перевозочного процесса.

Участник перевозочного процесса должен обеспечить контроль выполнения собственных процессов, а также процессов, переданных для исполнения сторонней организации. Методы и способы контроля таких процессов должны быть определены в системе управления безопасностью в зависимости структуры и характера управленческих и производственных процессов и их влияния на параметры безопасности перевозочного процесса.

**Совершенствование системы контроля безопасности транспортной деятельности в области железнодорожного транспорта** предполагает реализацию следующих мероприятий:

– развитие нормативно-правовой среды, касающейся обеспечения контроля безопасности транспортной деятельности;

– разработку нормативных документов, регламентирующих структуру, состав, функции и задачи государственного органа контроля безопасности транспортной деятельности в области железнодорожного транспорта;

– формирование государственного органа контроля безопасности транспортной деятельности в области железнодорожного транспорта и определение его уровня ответственности в системе государственного управления транспортной деятельностью;

– разработку нормативных документов (внесение изменений), регламентирующих систему управления безопасностью участников перевозочного процесса;

– гармонизацию требований государственного контроля к СУБ участника перевозочного процесса, способствующих их эффективному функционированию на транспортном рынке.

#### Список литературы

1 Государственная программа развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 гг. : утв. поста-



новлением Совета Министров Респ. Беларусь от 28 апр. 2016 № 345 : с изм. и доп. – Минск, 2016. – 78 с.

2 Об основах транспортной деятельности : Закон Респ. Беларусь от 05 мая 1998 № 140-3 : с изм. и доп. – Минск, 1998. – 8 с.

3 О естественных монополиях : Закон Респ. Беларусь от 16 дек. 2002 № 162-3 : с изм. и доп. [текст по состоянию на 31 дек. 2014]. – Минск, 2002. – 10 с.

4 О железнодорожном транспорте : Закон Респ. Беларусь от 6 янв. 1999 № 237-3 : с изм. и доп. – Минск, 1999. – 15 с.

5 Устав государственного объединения «Белорусская железная дорога» : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 10 янв. 2009 № 19 : с изм. и доп. – Минск, 2009. – 11 с.

6 Перечень мероприятий технического (технологического, поверочного) характера : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 30 ноября 2012 № 1105 : с изм. и доп. – Минск, 2012. – 16 с.

7 О совершенствовании работы по обеспечению безопасности движения поездов на Белорусской железной дороге : приказ Начальника Белорусской железной дороги от 05.01.2012 № 4Н. – Минск : Бел. ж. д., 2012. – 266 с.

8 Договор о Евразийском экономическом союзе : Закон Респ. Беларусь от 9 окт. 2014 № 193-3 : с изм. и доп. – Астана, 2014. – 428 с.

9 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. – 67 с.

8 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.

9 **Кузнецов, В. Г.** Формирование комплексной системы мониторинга состояния безопасности движения на железной дороге / В. Г. Кузнецов, О. Д. Савчук, Е. А. Федоров // Проблемы безопасности на транспорте : тр. VII науч.-практ. конф., 26–27 окт. 2006 г., Москва, доп. 2. – М. : МИИТ, 2006. – С. 16, 17.

10 **Кузнецов, В. Г.** Требования к системе безопасности перевозчика при организации перевозок на участках оператора инфраструктуры / В. Г. Кузнецов, Н. П. Улащик // Проблемы безопасности на транспорте : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Гомель. – Гомель : БелГУТ, 2015. – С. 139, 140.

11 О лицензировании отдельных видов деятельности : Указ Президента Респ. Беларусь от 01 сент. 2010 № 450 : с изм. и доп. – Минск, 2010. – 141 с.

12 Устав железнодорожного транспорта общего пользования : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 02 авг. 1999 № 1196 : с изм. и доп. – Минск, 1999. – 28 с.

13 Положение о Министерстве транспорта и коммуникаций Республики Беларусь : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 31 июля 2006 № 985 : с изм. и доп. – Минск, 2006. – 19 с.

14 Положение о Транспортной инспекции Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 04 сент. 2002 № 1218 : с изм. и доп. – Минск, 2002. – 19 с.

Получено 01.02.2017

**Y. I. Kulazhenko, A. A. Erofeev, V. G. Kuznetsov.** Improvement of mechanisms of state control of safety of transport activity on railway transport.

Approaches to the development of the system of state control over the safety of transport activities of participants in the transportation process on the infrastructure of the railway transport of the Republic of Belarus are outlined. The main socio-economic and regulatory legal conditions for the implementation of the functions of state control over the safety of transport activities in rail transport within the Ministry of Transport and Communications have been established. The priorities of the development of the state control system are indicated on the basis of the creation of a two-level interaction – the control body and the participant in the trans-shipment process. Approaches to the creation by the participants of the transportation process on the railway transport of the security management system (SMS), which covers managerial and production processes, are determined. The structure of the SMS of the participant in the transportation process and the main measures for implementing the processes for improving the control system for transport activities are presented.

УДК 656.222.3

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

## ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ

Рассмотрены основные концепции создания и уровни управления интеллектуальных систем. Определены особенности железнодорожной транспортной системы как объекта управления, которые не позволяют использовать типовые подходы интеллектуального управления. Установлены концептуальные подходы создания интеллектуальной системы управления перевозочным процессом, которые включают модели поведения системы, технологии реального масштаба времени и централизации информации, интегрированные адаптивные технологии управления перевозочным процессом. Рекомендована этапность разработки интеллектуальной системы управления и дано описание реализованных на Белорусской железной дороге этапов.

**В** современных условиях повышение эффективности функционирования железнодорожного транспорта неразрывно связано с увеличением уровня информатизации производственных процессов. При этом на смену информационно-справочным системам должны приходиться информационно-аналитические и информационно-управляющие системы. Из них наиболее перспективным на данный момент направлением является создание и внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

Существует множество определений таких систем, но большинство из них сводится к определению, установленному директивой 2010/40/EU of 7 July 2010 об оборудовании и интерфейсе ИТС [1]. В соответствии с данной директивой ИТС трактуется как система, в которой применяются информационные и коммуникационные технологии в сфере автотранспорта (включая инфраструктуру, транспортные средства, участников системы, а также дорожно-транспортное регулирование), и имеющую наряду с этим возможность взаимодействия с другими видами транспорта. То есть ИТС является монотранспортной системой с возможностью информационного обмена с системами других видов транспорта.

Таким образом, общепризнанное определение ИТС для различных видов транспорта, в том числе железнодорожного, как и регламентированные структура и состав таких систем на данный момент отсутствуют. Соответственно при проектировании интеллектуальной системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте (ИСУПП) необходимо отталкиваться от классических подходов и концепций создания интеллектуальных систем.

Одной из таких общих концепций является теория функциональных систем, разработанная в 1930–70-х годах советским нейрофизиологом П. К. Анохиным. Функциональная система по П. К. Анохину – кибернетическая схема управления, нацеленная на достижение полезных для организма результатов [2].

Необходимо также подчеркнуть, что теория функциональных систем П. К. Анохина – не единственная концептуальная проработка общих схем интеллектуальных систем управления, которые были выполнены в XX веке. К таким работам можно отнести:

1 Теория ситуационного управления (Д. А. Поспелов и др. соавт.).

2 Теория перцептивного контроля (В. Пауэрс).

3 Модель концептуальной рефлекторной дуги (Е. Н. Соколов).

4 Схемы “интеллектуальных” систем распознавания (Д. С. Чернавский).

5 Концепция и модели автономного адаптивного управления (А. А. Жданов).

6 Модели адаптивного критического контроля (П. Вербос, В. Ванч, Д. Прохоров).

Работы XXI века характеризуются большей практической направленностью. В них основное внимание уделяется выбору методов решения задач интеллектуального управления. Так, в работе [3] установлены следующие уровни интеллектуального управления:

*Уровень 0.* Робастное управление с обратной связью.

*Уровень 1.* Адаптивное управление – уровень 0 + адаптивные управляющие параметры.

*Уровень 2.* Оптимальное управление – уровень 1 + минимизация или максимизация функции качества.

*Уровень 3.* Плановое управление – уровень 2 + способность планировать заранее неопределенные ситуации, имитировать и моделировать неопределенности.

С точки зрения технологии принятия решений *интеллектуальная система (ИС)* – это информационно-вычислительная система с интеллектуальной поддержкой, решающая задачи без участия человека – лица, принимающего решение (ЛПР), в отличие от *интеллектуализированной системы*, в которой оператор присутствует. С позиции технологии принятия решений выделяют следующие виды **интеллектуальных систем**:

- 1) интеллектуальная информационная;
- 2) экспертная;
- 3) расчётно-логические;
- 4) гибридная интеллектуальная;
- 5) рефлекторная интеллектуальная.

ИС в настоящее время активно применяются в поисковых системах, при распознавании образов объектов, в системах поддержки принятия решений ситуационных центров, в отдельных промышленных производствах.

Однако использовать накопленный в других отраслях опыт для создания ИСУПП сложно. Это объясняет-

ся следующими особенностями железнодорожной транспортной системы:

- в перевозочном процессе участвуют динамические единицы, которые постоянно перемещаются в пространстве и требуют непрерывного, а не дискретного контроля и управления их дислокацией;

- отсутствует возможность «складирования» перевозочных ресурсов как компенсатора неопределенности в математических моделях;

- система сбора информации для принятия управленческих решений существенно рассредоточена, из-за чего возникают задержки в передаче информации пользователям. В связи с этим в определенные периоды времени приходится принимать решения в условиях неполной или недостоверной информации;

- системы управления перевозочным процессом оказывают непосредственное влияние на безопасность движения, сохранность подвижного состава и грузов, безопасность перевозки пассажиров, что не позволяет использовать робастные интеллектуальные системы;

- объемы передаваемой и обрабатываемой информации о ходе перевозочного процесса на железнодорожном транспорте существенно превышают объемы информации самых крупных промышленных предприятий, что требует более производительных технологий и технических средств обработки данных;

- на железнодорожном транспорте используется множество информационных моделей, которые интегрированы между собой как вертикально, так и горизонтально. При возможных переходах на новые модели возникают угрозы технологической устойчивости транспортной системы;

- тесная интеграция моделей железнодорожного транспорта не позволяет реализовывать отдельные модули, а требует комплексного подхода к решению всего перечня задач.

В настоящее время значительное внимание созданию ИС на железнодорожном транспорте уделяется за рубежом. К признанным мировым лидерам (Германия, Великобритания, США, Япония) присоединяются Китай, Индия и др. Вместе с тем создаваемые системы в большинстве случаев относятся к интеллектуализированным информационным системам, в которых окончательное решение принимает человек, будь то работник железной дороги, пассажир или грузовладелец, а к ИС в классическом их понимании можно отнести только определенные элементы.

Внедрение интеллектуальных технологий управления на железнодорожном транспорте России предусмотрено Стратегией развития ОАО РЖД до 2030 года. Для этого начата реализация проекта по созданию Единой интеллектуальной системы управления железнодорожным транспортом. Необходимость создания такой системы обусловлена сложностью решаемых задач и динамичностью окружающей среды, требующей непрерывной адаптации системы к внешним воздействиям. На данный момент определена общая архитектура системы, решены отдельные теоретические задачи, накапливается опыт создания

прикладных решений [4]. Однако о каких-либо готовых к промышленному использованию ИТС говорить пока рано.

Таким образом, задачи создания интеллектуальных железнодорожных транспортных систем остаются нерешенными, что не позволяет использовать опыт их реализации на Белорусской железной дороге, а тем более купить готовый программный продукт. В связи с этим при создании ИСУПП требуется не только качественная математическая постановка, но и доскональное знание подходов к решению эксплуатационных задач транспорта.

Создание ИСУПП является распределенным во времени процессом, в котором функциональные подсистемы разрабатываются последовательно-параллельно. При проектировании подсистем предусматривается возможность их автономного функционирования. В связи с этим необходимо определить такие концептуальные подходы к созданию элементов ИСУПП, которые позволят при агрегировании получить синергетический эффект и достигнуть целей создания системы. Предлагаются следующие подходы к созданию системы [5].

*Поведение системы.* ИСУПП характеризуется проактивным поведением. Система, имея полную ситуационную осведомленность об объекте управления, выдает конкретные решения диспетчерскому аппарату и контролирует их выполнение. Проактивное поведение требует рациональной децентрализации в принятии решений и декомпозиции системы, в которой каждый элемент обеспечивает высокий уровень самоорганизации. Функционирование элементов системы должно быть организовано с учетом достижения общесистемных целевых параметров, а локальное решение конфликтов или эскалация на верхний уровень управления, при невозможности решить самостоятельно, приводят к динамическому согласованному перепланированию между всеми элементами и подсистемами.

*Реальный масштаб времени.* В ИСУПП должны формироваться управляющие решения в течение временных интервалов, соизмеримых со временем хода производственных процессов. На разных уровнях и элементах системы должны быть установлены временные границы реакции системы. Для систем реального масштаба времени решение, полученное после истечения заданного временного отрезка, соответствует неправильному. Для решения данной задачи необходимо повышение оперативности и достоверности поступающей информации с помощью новых технологий, таких как техническое зрение, мобильные устройства, спутниковые и речевые технологии.

*Интегрированные адаптивные технологии управления перевозочным процессом.* Реализация ИСУПП возможна только при разработке интегрированных технологий управления перевозочным процессом, которые обеспечиваются за счет создания единой технологии производственной деятельности подразделений железнодорожного транспорта, выраженной во взаимоувя-

занном наборе технологий по отдельным производственным функциям. При этом создаваемая система призвана обеспечить контроль технологии как в стратегическом плане, так и в части соблюдения дисциплины при выполнении технологических операций. В связи с этим параллельно с созданием ИСУПП необходимо разрабатывать сквозные технологии управления производственными процессами, учитывающие специфику работы объектов железнодорожного транспорта различных уровней.

Интеллектуальную основу ИСУПП составляет адаптивное планирование и динамическое распределение ресурсов. Плановые задачи и выделяемые на их выполнение ресурсы корректируются в режиме реального времени с учетом сложившейся обстановки. При решении таких задач используются эвристические алгоритмы, в основу которых положены комплексные технологии, рассмотренные выше. Практическая реализация таких технологий, организация взаимодействия между собой и с другими участниками перевозок требует пересмотра действующих нормативных документов и разработки адаптивных технологий перевозочного процесса.

*Централизация информации.* Одним из самых важных принципов работы ИСУПП, который позволяет говорить о реализации управляющей системы, является выполнение цикла «план – действие – контроль – корректировка» в автоматическом режиме. Информационная модель системы должна адекватно отображать единый производственный процесс и своевременно формировать регулировочные (корректирующие) решения. Этот подход предполагает:

- решение всего комплекса задач на основе единой среды исполнения;
- централизованное ведение динамических объектов моделей (поездная, вагонная, локомотивная, бригадная) для всех уровней управления;
- агрегирование имеющихся на железнодорожном транспорте информационно-управляющих решений в единое информационное пространство.

Использование приведенных выше концептуальных подходов к созданию ИСУПП позволит сократить затраты и сроки на разработку функциональных подсистем и повысить «полезность» выходных решений системы.

Работы по созданию ИСУПП на Белорусской железной дороге уже начаты и ведутся в рамках проекта «Комплексная система управления поездной работой на Белорусской железной дороге» (КС УПР БЧ), в котором участвуют кроме БелГУТа Конструкторско-технический центр Белорусской железной дороги (разработчик систем диспетчерской централизации и автоматизированного построения графика исполненного движения), Международный деловой альянс ИВА (разработчик ИАС ПУР ГП, АС ССП), Главный расчетный информационный центр Белорусской железной дороги и др.

Предусмотрены следующие **этапы формирования ИСУПП:**

1 Создание информационных и математических моделей перевозочного процесса на основании единой дорожной сети передачи данных, разработка и внедрение информационно-справочных систем, поэтапный переход к современным микропроцессорным системам диспетчерской централизации на участках Белорусской железной дороги.

2 Разработка и внедрение интеллектуализированных информационно-планирующих систем, ориентированных на оперативный диспетчерский аппарат ЦУП, реструктуризация системы управления перевозками на отделениях Белорусской железной дороги.

3 Переход к интеллектуальным системам прогнозирования, планирования, управления и поддержки принятия решений, проведение мероприятий по дополнительной централизации и концентрации управления на дороге, реструктуризация системы управления перевозками на линейном уровне, планирование перспективных мероприятий, разработка необходимой технической, технологической и нормативно-правовой документации.

На данный момент в значительной мере решены задачи первого этапа: контроль и отображение состояния устройств СЦБ, отслеживание поездной ситуации, автоматизация задания маршрутов следования поездов, ведение исполненного графика движения и приложений к нему, анализ выполнения графика, ведение вагонной и локомотивной моделей дороги в рамках системы ИАС ПУР ГП. Внедрение данного комплекса задач позволило существенно снизить загрузку поездных диспетчеров. В результате потребное количество диспетчерских кругов сократилось с 33 до 21.

К задачам второго этапа относятся: построение прогнозного графика движения поездов, планирование состава образования на станциях и обеспечения локомотивами и локомотивными бригадами составов, готовых к отправлению на основе имитационного моделирования поездной работы. В настоящее время большинство из этих систем находится в промышленной и опытной эксплуатации в ЦУП. В их разработке принимали участие специалисты Белорусской железной дороги и сотрудники БелГУТа. Внедрены в промышленную эксплуатацию автоматизированная система сбора заявок и планирования предоставления «окон» АС «Окна» и система учета и выдачи предупреждений на поезда АС «ПРЕД», а также система оперативного планирования состава образования УСОГДП и система автоматического построения прогнозного графика движения поездов АС ПГДП.

На всем полигоне дороги действует сквозная система сменно-суточного планирования погрузки-выгрузки. Параллельно специалистами НИЛ УПП БелГУТа выполнены работы по автоматизации разработки нормативного и вариантных графиков движения поездов, решены отдельные задачи автоматизации расчета плана формирования поездов. Внедрение задач второй очереди позволило обеспечить ритмичность пропуска поездопотоков, сократить простой составов на станции в ожидании отправления, снизить потребный парк поездных локомотивов.

Таким образом, созданы предпосылки для внедрения интеллектуальных систем управления третьей очереди. К таким системам относятся: автоматическое приготвление поездных маршрутов, выдача рекомендаций по вводу поездов в график движения, оптимальному скрещению и обгону поездов, регулировочным мерам по недопущению или ликвидации затруднений в пропуске поездов.

По предварительным оценкам внедрение ИСУПП в полном объеме и переход к интеллектуальному ситуационному управлению позволит увеличить производительность поездных локомотивов не менее чем на 5 %, сократить оборот вагонов на 2,5 % и на 30 % повысить производительность труда оперативных работников.

#### Список литературы

1 Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council of 7 July 2010 on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road

transport and for interfaces with other modes of transport Text with EEA relevance. Official Journal L 207, 06/08/2010 P. 1 – 13.

2 **Анохин, П. К.** Системные механизмы высшей нервной деятельности / П. К. Анохин. – М. : Наука, 1979. – 453 с.

3 **Кришнакумар, К.** Имунный адаптивный критик в задаче автономного управления летательными аппаратами. Искусственные иммунные системы / К. Кришнакумар, Д. Нейдхофер. – М., 2006. – 344 с.

4 **Матюхин, В. Г.** ИСУЖТ. Концепция и реализация / В. Г. Матюхин, А. Б. Шабунин // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. (ИСУЖТ-2012) : тр. Первой науч.-техн. конф. – М. : ОАО «НИИАС», 2012. – С. 15–18.

5 **Ерофеев, А. А.** Концептуальные подходы к созданию интеллектуальной системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте / А. А. Ерофеев // Информационные технологии и системы 2015 (ИТС 2015) : материалы Междунар. науч. конф. / редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2015. – С.44–45.

Получено 09.05.2017

**A. A. Erofeev.** Prerequisites establishment of the intelligent management system of transport process.

The basic concepts of creation and levels of management of intellectual systems are considered. The peculiarities of the railroad transport system as a control object that do not allow the use of standard approaches of intellectual control are determined. The conceptual approaches to the creation of an intelligent transportation management system are established, which include models of system behavior, real-time technology and centralization of information, integrated adaptive control technologies for the transportation process. The stages of the development of the intellectual control system are determined and the description of the stages implemented at the Belarusian Railroad is described.

УДК 656.222.3

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

## ВЛИЯНИЕ СБОЕВ В ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ НА ПЕРЕВОЗОЧНЫЙ ПРОЦЕСС

Установлены основные виды отказов и сбоев, которые могут встречаться в информационно-управляющих системах железнодорожного транспорта. Определены количественные параметры задержек в обработке данных в системе управления перевозочным процессом на Белорусской железной дороге. Предложена методика оценки влияния сбоев в информационно-управляющих системах на перевозочный процесс. Данная методика учитывает виды рисков возникновения сбоев и их вероятностные характеристики. Апробация методики произведена на примере Информационно-аналитической системы поддержки управленческих решений для грузовых перевозок Белорусской железной дороги. По итогам исследования были установлены типы зависимостей коэффициентов величины изменения натуральных показателей от продолжительности сбоев. Разработаны рекомендации по минимизации потенциальных дополнительных затрат железной дороги в случаях сбоев в информационно-управляющих системах.

**В**недрение информационно-управляющих и интеллектуальных систем управления на железнодорожном транспорте позволяет, с одной стороны, снизить затраты на организацию и реализацию перевозок, а с другой – делает перевозочный процесс зависимым от режимов функционирования таких систем. Даже незначительные по продолжительности сбои в функционировании систем могут повлечь за собой существенные изменения в технологии работы подразделений железнодорожного транспорта, а в критических случаях – не позволяют выполнять свои основные функции.

Наиболее уязвимыми в данном аспекте являются технологии работы подразделений железнодорожного транспорта, для которых используется информация из дорожного уровня – как единственного источника данных для принятия решений. В данной статье в качестве примера такой системы рассмотрена Информационно-аналитическая система поддержки управленческих решений для грузовых перевозок (ИАС ПУР ГП), которая действует на Белорусской железной дороге. Она охватывает **полный цикл управления перевозками** [1]:

I Долгосрочное планирование и нормирование перевозок (нормативный график движения, план формирования поездов, планирование потребности в локомотивах, локомотивных бригадах, парке вагонов).

II Среднесрочное планирование и нормирование перевозок (согласование заявок на перевозки, регулировочные задания, корректировки плана формирования, графика движения, техническое нормирование перевозочных средств).

III Оперативное управление перевозками: сменное суточное планирование (грузовая работа, поездная работа, регулировка порожних вагонопотоков, работа локомотивов и локомотивных бригад); текущее планирование (на 3–6 часов); диспетчерское управление (ликвидация отклонений).

IV Информатизация технологических операции с объектами перевозочного процесса (начальных/конечных, в пути следования).

V Учет и анализ выполненных перевозок.

Исходные данные для функционирования ИАС ПУР ГП поступают из действующих на железной доро-

ге систем линейного уровня: АСУС, АРМ ОСТЦ, САПОД, «Неман» и др.

Логическая взаимосвязь между решаемыми на разных стадиях управления задачами обеспечивает преемственность исходных данных и выходных решений, но делает решение задач невозможным без полноценного функционирования базы данных грузовых перевозок (БД ГП).

Потенциальные отказы и сбои в ИАС ПУР ГП по степени их влияния на систему управления перевозочным процессом можно разделить на несколько крупных групп:

- искажения вычислительного процесса и данных, вызывающие полное прекращение выполнения функций системой управления на длительное или неопределенное время;

- отказ, в значительной степени обесценивающий результаты предыдущего функционирования;

- искажения, кратковременно прерывающие функционирование системы и малоискажающие накопленные данные и выдаваемые результаты;

- частичный отказ или длительный сбой, в некоторой степени обесценивающий предыдущие результаты;

- искажения кратковременные и малоотражающиеся на вычислительном процессе и обрабатываемых данных;

- сбои, практически не обесценивающие результаты функционирования комплекса программ.

При оценке потенциальных затрат, которые может понести железная дорога при сбоях в работе ИАС ПУР ГП важно выявить вероятность возникновения того или иного вида отказов, а также длительность восстановления и глубину последствий от возникающих отказов. При оценке этих параметров использован математический аппарат:

- теории вероятности;

- математической статистики;

- теории надежности;

- теории диагностики.

В результате анализа сбоев в системах дорожного уровня в зависимости от влияния на организацию перевозочного процесса выделены их следующие виды:

1 Задержки, связанные с обработкой запросов СРУ ИАС ПУР ГП.

2 Сбои, связанные с неработоспособностью программного комплекса в течение продолжительного времени.

3 Сбои, связанные с неработоспособностью технических средств, в том числе устройств энергоснабжения.

Считаем, что вычислительных ресурсов системы достаточно в том случае, если отсутствуют задержки, связанные с ожиданием CPU, или их значения минимальны.

Время задержки – это время, в течение которого адресные пространства определённого сервис-класса не получали процессорного времени. Алгоритм косвенной оценки времени состоит в том, что для перевода из процентного выражения во временное (в часы) достаточно умножить процент задержек на время, в течение которого осуществлялось измерение, и на коэффициент активности  $W$  (частное от числа интервалов, когда адресные пространства сервис-класса были активными, к общему числу интервалов).

По итогам фактических исследований установлено, что для ряда подсистем ИАС ПУР ГП максимальное зафиксированное значение задержек, связанных с ожиданием CPU, составляет 100 %, а среднее превышает 30 %.

За исследуемые сутки суммарное время ожидания CPU ИАС ПУР ГП по всем подсистемам составляет 34 ч. Среднее время ожидания CPU ИАС ПУР ГП в целом за 24 ч на один сервис-класс – 2,83 ч, а максимальное – 8,7 ч. В результате анализа статистических данных установлено:

1) простои ИАС ПУР ГП, связанные с неработоспособностью программного комплекса, изменяются в диапазоне от 5 до 72 мин и носят случайный характер. При увеличении объема статистической выборки можно предположить, что предельное значение величины простоя может достигать нескольких часов. В связи с этим предлагается оценивать ущерб от простоя ИАС ПУР ГП продолжительностью до 12 ч (возможно, с теоретической точки зрения, увеличение периода до 24 ч);

2) в процессе функционирования ИАС ПУР ГП регулярно возникают задержки в обработке запросов пользователей различных уровней. Предельное время ожидания ответа при этом может достигать нескольких минут (а суммарное за сутки – до 8,7 ч по одному классу задач). Для таких случаев необходимо рассматривать возможный ущерб, который возникает в системе управления перевозочным процессом за счет повышения энтропии информации.

При оценке влияния сбоев в ИАС ПУР ГП на организацию перевозочного процесса важно знать не только вероятность сбоя в той или иной системе, но и величину риска влияния этого сбоя на перевозочный процесс. Для этой цели выполнена классификация рисков по различным признакам.

По степени влияния на перевозочный процесс риски подразделяются [2]:

1) на частичные, когда запланированные показатели, операции, результаты выполнены частично, но без потерь (например, задержки в оформлении поездных документов, не приводящие к задержкам отправления поездов с технических станций);

2) допустимые, когда запланированные показатели, операции, результаты не выполнены, но потерь нет (например, отсутствие возможности оформления перевозочных документов не привело к потерям доходов,

так как документы будут оформлены в более поздний период);

3) критические, когда запланированные показатели не выполнены, есть определенные потери (например, в связи с невозможностью формирования сортировочного листка возникли дополнительные простои в подсистеме прибытия станции);

4) катастрофические, когда невыполнение запланированного результата влечет за собой разрушение субъекта или невозможность реализации технологического процесса (такие ситуации в данном случае не рассматриваются, так как присутствует возможность перехода на ручное оформление документации, хотя и со значительными потерями).

При оценке рисков и связанных с ними возможных дополнительных затрат следует учитывать, что в определенных случаях существует возможность уменьшить негативные последствия путем диверсификации.

В зависимости от возможности уменьшения степени риска путем диверсификации риски подразделяются следующим образом:

1) диверсифицируемые, которые могут быть устранены или сглажены за счет диверсификации используемых технологий (навыки ручного ведения поездным диспетчером графика исполненного движения при выходе из строя ГИД, сбор информации для сменно-суточного планирования по телефонным каналам связи и т.п.);

2) недиверсифицируемые, которые нельзя уменьшить путем внедрения «ручных» технологий. Для железной дороги в чистом виде такие риски отсутствуют.

По времени возникновения можно выделить риски:

1) возникающие на подготовительной стадии. Это, например, отсутствие технологий работы объекта (станции, депо и т.п.) при неработоспособности систем дорожного уровня; ошибки на стадии разработки проектной документации на дорожные системы, которые приводят к снижению надежности функционирования ниже заданного уровня и т.п.);

2) связанные с созданием объекта. К ним относятся ошибки в разработанном программном обеспечении, закупка оборудования ненадлежащего качества либо закупка оборудования в неполном объеме, несвоевременная подготовка ИТР и рабочих к функционированию систем;

3) в связи с функционированием объекта. На этой стадии могут проявиться риски:

а) эксплуатационные – несанкционированный доступ к системе; заражение системы вирусами; дефектные программы и данные, нарушающие работу программного обеспечения;

б) социальные – трудности с набором квалифицированной рабочей силы, угроза забастовок, недостаточный для удержания персонала уровень оплаты труда, недостаточная квалификация кадров;

в) технические – высокий износ оборудования, несвоевременное обновление технических средств.

Частота возникновения непроизводительных затрат является важной характеристикой величины риска. Она может измеряться количественно (с помощью вероятностей или статистических частот) или качественно, т.е. путем экспертного выделения следующих классов:

– *редкие риски*, для которых характерна малая частота

та реализации риска, т.е. малая вероятность наступления ущерба;

– *риски средней частоты*, для которых характерна средняя частота реализации риска, т.е. средняя вероятность наступления ущерба;

– *частые риски*, для которых характерна высокая частота реализации риска, т.е. высокая вероятность наступления ущерба.

При оценке рисков и связанных с ними дополнительных затрат принимается, что ИАС ПУР ГП находится в неработоспособном состоянии в течение от 1 до 24 часов. Большой период нахождения системы в неработоспособном состоянии представляется маловероятным (за исключением случаев природных и техногенных катастроф. В таких случаях возникают затраты непосредственно от самих катастроф, а затраты от неработоспособности ИСУПП будут опосредованными).

В разработанной методике рассматриваются только *допустимые* и *критические* риски. *Частичные* риски не рассматриваются, так как в случаях их наступления дополнительные затраты отсутствуют либо проявляются опосредованно через другие виды рисков. *Катастрофические* риски из рассмотрения также исключены, так как неработоспособность систем дорожного уровня не приводит к разрушению объекта, а реализация функций управления перевозочным процессом остается возможной, хотя и при значительных затратах.

Все риски дополнительных затрат железной дороги, возникающие при аварийном простое ИАС ПУР ГП, будем считать диверсифицируемыми, так как всегда можно разработать такую технологию, которая позволит реализовать функции организации перевозочного процесса без использования системы, но с большими затратами. То есть при оценке затрат необходимо рассматривать не общие затраты, связанные с невозможностью реализации той или иной функции, а только их определенную долю, связанную с увеличением затрат при использовании «ручных» технологий. При увеличении периода неработоспособности ИАС ПУР ГП доля таких затрат будет увеличиваться.

Анализ эксплуатационной работы железной дороги и технологии выполнения отдельных операций перевозочного процесса позволил установить укрупненные функции управления, на которые непосредственно влияет работоспособность ИАС ПУР ГП [2]:

1) оперативное управление работой:

- поездной;
- станционной;
- грузовой;

2) оперативное планирование работы:

- поездной;
- грузовой;
- станционной;

3) оперативное регулирование.

Расчет общей величины затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3, \quad (1)$$

где  $Y_1, Y_2, Y_3$  – затраты, возникающие соответственно в системах оперативного управления, планирования и регулирования.

В общем виде величина затрат, возникающих в результате сбоев в системе информационного обеспечения перевозочного процесса,

$$Y = \sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^n e_i \Delta I_i k_1 k_2, \quad (2)$$

где  $e_i$  – расходная ставка на измеритель эксплуатационной работы;  $\Delta I_i$  – величина изменения  $i$ -го измерителя эксплуатационной работы в результате сбоев в системе информационного обеспечения перевозочного процесса в  $j$ -й час сбоя;  $k_1$  – коэффициент, учитывающий величину изменения натуральных показателей эксплуатационной деятельности дороги при возникновении сбоев;  $k_2$  – коэффициент, учитывающий величину риска изменения натуральных показателей эксплуатационной деятельности дороги при возникновении сбоев;  $n$  – количество видов ущерба в рассматриваемой подсистеме;  $t$  – продолжительность сбоя, ч.

При выполнении расчетов произведена оценка изменения каждого показателя в отдельности в соответствии параметрами перевозочного процесса. Для этих целей установлено свыше 30 параметров, по каждому из которых установлены аналитические зависимости их изменения от продолжительности сбоя в информационных системах, а также определены значения величины и частоты риска их изменения.

При установлении показателей использовались следующие инструменты исследования:

– фактические показатели работы подразделений Белорусской железной дороги и их сопоставление со статистикой сбоев, связанных с неработоспособностью программного комплекса;

– статистические данные по эксплуатационной надежности станций;

– программный комплекс имитационного моделирования технологического процесса переработки транзитного вагонопотока на железнодорожной сортировочной станции «ПК ИМ ТП ПТВ ЖДС» (свидетельство о регистрации № С20110009; заявл. 26.01.2011; зарегистрир. 10.02.2011 // Национальный центр интеллектуальной собственности Республики Беларусь. – 2011);

– экспертные данные, полученные в результате обсуждения с оперативными работниками и руководством различных уровней.

По итогам исследования были установлены типы зависимостей коэффициентов величины изменения натуральных показателей от продолжительности сбоев.

В период с 0 до 4 ч из семи оцениваемых групп величин ущерба наибольший ущерб оказался в системе оперативного управления поездной работой, далее за ним – ущерб в системе оперативного управления станционной работой, затем – в системе оперативного управления грузовой работой (рисунок 1).



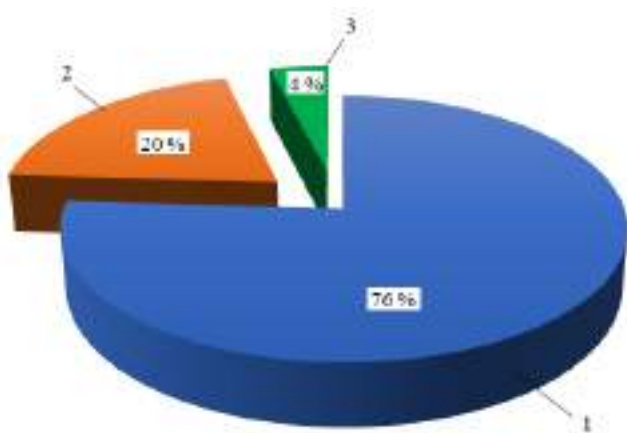


Рисунок 1 – Структура распределения величины ущерба в системе эксплуатационной работы Белорусской железной дороги при величине простоя ИАС ПУР ГП от 0 до 4 ч:

- 1 – оперативное управление поездной работой;
- 2 – оперативное управление станционной работой;
- 3 – оперативное управление грузовой работой

С 4 до 12 ч появляется дополнительный ущерб в связи с неэффективным планированием поездной и станционной работы.

После 12 ч сбоя на второе место по значимости выходит ущерб в системе оперативного планирования грузовой работы и в системе оперативного управления станционной работой (рисунок 2).

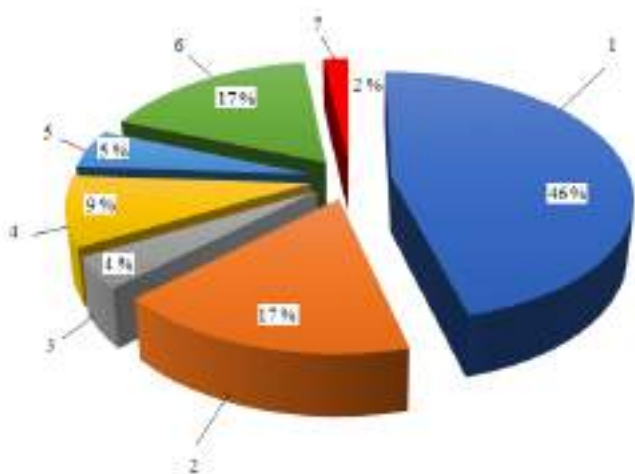


Рисунок 2 – Структура распределения величины ущерба в системе эксплуатационной работы Белорусской железной дороги при величине простоя ИАС ПУР ГП от 12 до 24 ч: оперативное управление работой:

- 1 – поездной; 2 – станционной; 3 – грузовой;
- 4 – планирование поездной;
- 5 – планирование станционной;
- 6 – планирование грузовой;
- 7 – регулирование

Зависимость суммарной величины ущерба для Белорусской железной дороги от продолжительности сбоев в ИАС ПУР ГП приведена на рисунке 3. Данная зависимость является полиномиальной второй степени.

Расчеты, выполненные на основании данных о среднесуточном грузопотоке за 2016 г., показывают, что при простое ИАС ПУР ГП в течение 24 ч дополнительные затраты дорога на организацию перевозочного процесса составят свыше 420 тыс. долларов США.

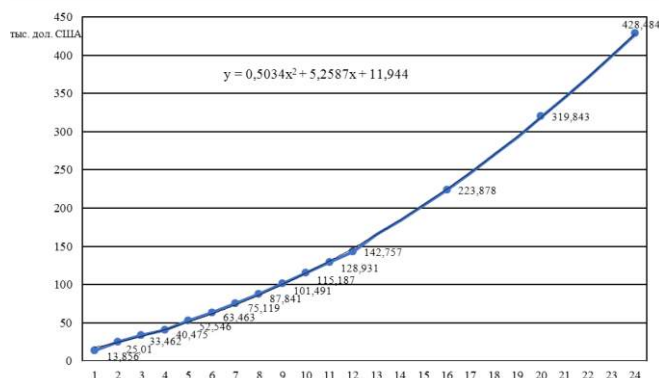


Рисунок 3 – График зависимости величины общей ущерба Белорусской железной дороги от продолжительности сбоев в ИАС ПУР ГП

С целью снижения величины рисков и ущерба в системе организации перевозочного процесса на железной дороге при возникновении сбоев в информационных системах дорожного уровня необходимо предусматривать предупредительные меры и профилактические мероприятия.

Можно рекомендовать следующие меры и мероприятия:

1 Создание полноценных резервов программно-аппаратных комплексов ИАС ПУР ГП, в том числе «горячего» и «холодного». В настоящее время все оборудование находится в непрерывной эксплуатации, и такие резервы отсутствуют.

2 Внедрение мероприятий по уменьшению времени восстановления программно-технических комплексов. К таким мероприятиям можно отнести разработку и внедрение эффективных программных тестов и контрольной аппаратуры, построение устройств на типовых унифицированных блоках с созданием их резерва; повышение квалификации обслуживающего персонала, в том числе путем проведения специализированных курсов повышения квалификации и тематических учений.

3 Резервирование каналов связи между вычислительным центром и основными пользователями, в первую очередь ЦУП.

4 Разработка технологий работы линейных предприятий в условиях отсутствия связи с ИРЦ дороги. К ним можно отнести безмашинное формирование поездной документации и станционной отчетности, ведение графиков исполненного движения, формирование сортировочных листков, натуральных листов на поезд и т.п.

В перспективе с развитием ИАС ПУР ГП, ростом уровня информатизации процессов управления величины рисков и потенциальных ущербов будут возрастать. В связи с этим внедрение каждой информационной технологии должно предусматривать порядок работы в условиях сбоев.

Количественная оценка величины рисков и возможного возникновения дополнительных затрат при сбоях в системах дорожного уровня позволяет более объективно оценить их влияние на перевозочный процесс.

#### Список литературы

1 **Ерофеев, А. А.** Информационные технологии на железнодорожном транспорте : учеб.-метод. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Информационные технологии на железнодорожном транспорте / А. А. Ерофеев, Е. А. Федоров. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 256 с.

2 **Чернова, Г. В.** Управление рисками : учеб. пособие / Г. В. Чернова, А. А. Кудрявцев. – М. : ТК Велби, Изд-во «Прспект», 2003. – 160 с.

3 **Ерофеев, А. А.** Влияние сбоев в информационных системах дорожного уровня на организацию перевозочного процесса / А. А. Ерофеев // Транспортный комплекс в регионах: опыт и перспективы организации движения : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. А. А. Платонова. – Воронеж : Руна, 2015. – № 1. – С. 11–15.

Получено 10.05.2017

**A. A. Erofeev.** The impact of failures in information management systems on the transportation process.

The main types of failures and malfunctions that can occur in information and control systems of railway transport are established. The quantitative parameters of delays in data processing in the control system of the transportation process at the Belarusian Railway are determined. The technique of an estimation of influence of failures in information-controlling systems on a transportation process is offered. This technique takes into account types of risks of occurrence of failures and their probabilistic characteristics. Approbation of the methodology was carried out on the example of the Information and Analytical System for Support of Management Decisions for Freight Transportation of the Belarusian Railways. Based on the results of the study, the types of dependence of the coefficients of the magnitude of the change in the natural indices against the duration of failures were established. Recommendations are developed to minimize the potential additional costs of the railway in cases of failures in information management systems.

УДК 656.212.5

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

## ЭКИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ-СПУТНИКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ С УЧЕТОМ ТРАНСПОРТНОГО СООБЩЕНИЯ


С первоначальными типами расселения населения Беларуси связаны и современные типы городских поселений, основанные на межпоселенных трудовых связях, формированию которых способствовали транспортные коммуникации (главные дороги и губернский тракт). Это позволило в дальнейшем по данным направлениям обеспечить строительство железных дорог, которые способствовали урбанизации прилегающих к ним территорий. Таким образом, железнодорожная магистраль как средство коммуникации активизировала деловое общение населения территорий, пролегающих к ней, оказала влияние на переустройство быта и, можно сказать, явилась двигателем социально-экономического прогресса в XX веке.

На ранних этапах формирования и развития (VIII–IX вв.) города-спутники на территории Беларуси в современных ее границах чаще всего являлись резиденциями столицы или оборонительными крепостями на подступах к ней и представляли собой укрепленные городища, где с течением времени сосредоточение ремесленной и торговой деятельности содействовало росту городского населения.

Так, в летописях IX–XI вв. представлены 10 горо-

дов, среди них Полоцк, Туров, Заславье, Брест, Витебск, Минск, Орша, Пинск и др., а в XI–XIII вв. – Гродно, Волковыск, Слуцк, Борисов, Рогачев, Гомель, Брагин, Мозырь и др., которые в данном историческом периоде могут быть рассмотрены как поселения, представляющие собой первичные формы геопространственной организации расселения, на которую оказали значительное влияние природные и природно-этно-географические особенности этнического природопользования (таблица 1).

Таблица 1 – Краткая характеристика системы расселения населения в Беларуси в XI–XVI вв.

Карта-схема размещения поселений	Экистические особенности		Среднее расстояние между городами
	Зональный тип расселения	Характер изменений	
	Крупноселенный (южная часть республики)	Пространственный (преобладание больших поселений (до 3–5 тыс. жителей), расположенных вдоль долин рек или балок)	От 30 до 50 км (в радиусе часовой транспортной доступности)
	Среднеселенный (центрально-южная часть республики)	Структурный (переход от менее сложной, однородной к более дифференцированной, усовершенствованной сети поселений)	
	Мелкоселенный (северно-центральная часть республики)	Территориальный (создание новых населенных пунктов, освоение новых территорий, концентрация населения в наиболее развитых и крупных населенных пунктах и т. п.)	

Анализ карты-схемы показал, что крупные поселения были «жестко» привязаны к таким рекам, как Днепр, Неман, Буг и др., которые являлись водным транспортным сообщением между ними и осями древнего каркаса расселения (рисунок 1).

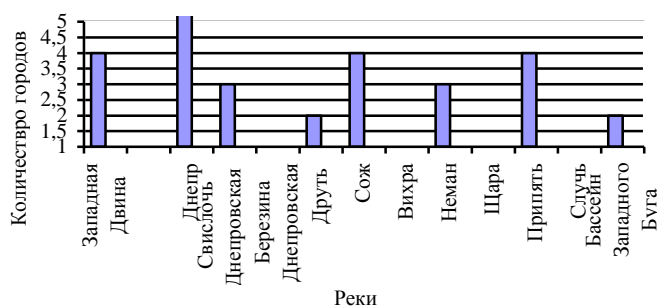


Рисунок 1 – Размещение городов относительно водоразделов рек на территории Беларуси в XI–XVI вв.

Как видно из рисунка 1, наибольшее количество городов в IX в. располагается на берегах таких рек, как Днепр, Западная Двина, Сож, Припять. В X в. количество городов на берегах Днепра увеличилось, особенно на правом его берегу, где наблюдается их наибольшее число при относительно равномерном размещении. Все города расположены недалеко от границ плотностно-территориальных образований в устьях рек, что связано с необходимостью выполнения функций административного и хозяйственного (княжеского, а не местного) центра, контролировавшего транспортные пути – водные и сухопутные [2]. По территории современной Беларуси проходили водные пути, соединившие через реки Черное и Балтийское моря, которые можно рассматривать как первые международные транспортные коридоры.

В конце XI в. развитие системы расселения постепенно отходит от привязки к водным коммуникациям и начинает ориентироваться на сухопутные пути передвижения, формируя дорожный тип

расселения, именуемый в дальнейшем трактовым [1]. В местах пересечения речных и сухопутных путей возводились замки, рядом с которыми формировались города. Система размещения замков в XIV–XVIII вв. определялась сетью местных и транзитных коммуникаций, способствовавших появлению городских поселений. При этом их внешний периметр изначально представлял собой систему оборонительных сооружений (рвов и валов с рavelинами и бастионами), которая с течением времени заполнялась и начиналась застройка внешней, незащищенной территории, что способствовало образованию новых кварталов и новому кольцу укреплений, согласно правилам фортификации своего времени. Например, в плане форму круга имели Минск, Слуцк и др.

Таким образом формировался центр города, расположенный внутри окружавших его жилых районов, который не имел возможности территориального расширения при увеличении функциональной нагрузки, пропорциональной его росту в целом, что способствовало формированию системы «центр – периферия», в которой несмотря на взаимодействие и постоянное «подтягивание» периферии, сохраняется некоторая ее отдаленность от центра, что приводит к возникновению территориального неравенства, усиливающего неравномерность экономического роста, вызывая через миграционные процессы изменения в системах расселения. Имманентная неравномерность экономического развития территорий, прилегающих к городу, привела к стратификации не только социально-экономического, но и экзистенциального пространства. В связи с этим фокус развития перемещается на окружающую город территорию, что способствовало возникновению поселений-спутников (чаще всего на основе существующих небольших населенных пунктов) различного профиля, формируя, можно сказать, прототип агломерации, где, с одной стороны, жизненно важные элементы размещаются за его пределами, а с другой – на подступах извне (рисунок 2).



Рисунок 2 – Карта-схема размещения прототипов поселений-спутников на территории Беларуси в XVI в.  
○ – первые поселения-спутники

Процесс указанного взаимодействия городов и поселений-спутников обеспечивается транспортным сообщением, являющимся связующим элементом и ос-

новным коммуникативным звеном миграции населения, совершающего поездки с различными целями. При этом следует отметить, что основным принципом прокладки дорог, которыми пользовалось население при сухопутных передвижениях пешком либо гужевым транспортом, являлось кратчайшее расстояние перемещения. В XVIII–XIX вв. по территории Беларуси проходили несколько сухопутных дорог и шляхов (таблица 2).

Представленные в таблице 2 города и поселения-спутники размещены на дорогах или вблизи них. Дороги соединяли Рогачев, Чечерск и Гомель с западными и восточными землями через днепровское междуречье. Вдоль Друти проходил путь из Рогачева на северо-запад и юго-запад, к Добысне и далее к Березине. Дороги, которые в XVIII–XIX вв. проходили через Жлобин, возможно, ранее пересекали Днепр южнее, в районе Стрешина, где в Древнерусскую эпоху находилось большое городище с посадами или подходило к нему в устье Добысны.

Таблица 2 – Краткая характеристика сухопутных дорог Беларуси в XVII–XVIII вв.

Коммуникации и маршрут следования		Протяженность маршрута, км
Главные дороги	Петербургско-Киевская	1224
	Могилевско-Житомирская	572
Губернская	Чернигов – Минск	Около 400
Шляхи и грунтовые дороги	Рогачев –Толочин	194
	Рогачев – Поболово	Около 30
	Рогачев – Новое Место	132
	Жлобин – Белица	Около 260
	Белица – Лоев – Городок	Около 400
	Белица – Новое Место	55
	Новое Место – Добрянка	Около 600
Правобережный путь (правый берег Днепра)	Могилев – Быхов – Рогачев – Лоев	Около 230
Левобережный путь	Могилев – Пропойск – Чечерск – Гомель	Около 200

На основании картографического метода в исторических исследованиях М. Ф. Спиридонова, В. Е. Кудряшова и др. установлено, что древние города располагались на расстоянии одного дневного перехода по реке на веслах от 70 до 100 км либо одного дневного перехода пешком (с грузом от 30 до 50 км), т. е. радиус зоны влияния города-центра был равен расстоянию по воде либо расстоянию дневного пешего перехода [2, 3].

Сфера влияния наиболее крупных и значимых военно-политических и ремесленно-торговых городов-центров увеличивалась прямо пропорционально их значимости.

Таким образом, сухопутные коммуникации связывали города и населенные пункты между собой и способствовали их развитию, которое осуществлялось равномерно, без резких колебаний. Следует отметить, что с первоначальными типами расселения населения Беларуси связаны и современные типы городских поселений, основанных на межпоселенных трудовых связях, формированию которых способствовали транспортные коммуникации (главные дороги и губернский



тракт), имеющие значительную протяженность, что позволило в дальнейшем по данным направлениям обеспечить строительство железных дорог, которые способствовали урбанизации прилегающих к ним территорий.

В настоящее время в городах Республики Беларусь происходит освоение прилегающих территорий на основе структурных осей, сложившихся на главных направлениях внешних транспортных связей, которые являются частью структурного каркаса всей системы расселения. Сегодня насчитывается от 3 до 5 структурных осей, зависящих от степени развитости узла, а направление и интенсивность освоения – от уровня развития города и положения его в системе расселения, которую можно характеризовать как полицентрическую центрально-бассейновую, где сочетание экономических центров и городских агломераций сформировано бессистемно вокруг промышленных центров [4, 5]. Сравнительно ограниченное количество внешних связей обусловлено разреженной системой населенных мест, недостаточно развитой транспортной инфраструктурой в некоторых районах и тем, что пригородное население сосредоточилось вдоль главных транспортных коммуникаций, связывающих его с городом-центром (таблица 3).

Таблица 3 – Основные направления внешних транспортных связей в системе расселения в Республике Беларусь

Внешние транспортные связи	Условные обозначения
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ – г. Минск, столица Республики Беларусь;</li> <li>● – региональная система расселения (областной центр);</li> <li>● – центр большой системы расселения;</li> <li>● – подцентр большой системы расселения;</li> <li>● – малой системы расселения;</li> <li>↔ (красный) – транспортные связи подцентра в большой системе расселения;</li> <li>↔ (зеленый) – транспортные связи центра в малой системе расселения;</li> <li>--- – транспортные связи малой системы расселения</li> </ul>

Как видно из рисунка 3, система расселения в пределах Республики Беларусь и регионов может быть рассмотрена как единое целое и объединяющая городские и сельские поселения, построенная по иерархии подчинения (столица – областные и районные центры) и состоящая соответственно из национальной, региональной и местных систем расселения (таблица 4).

Национальная система расселения включает территорию Республики Беларусь, где городом-центром является столица страны Минск, а городами национального значения определены областные центры, ставшие сегодня многофункциональными промышленно – развитыми городами с численностью населения от 250 до 500 тыс. человек, где размещены высшие учебные заведения, учреждения здравоохранения, культуры и искусства, информационно-аналитические центры, крупные торговые предприятия и т. д.

Таблица 4 – Краткая характеристика систем расселения в Республике Беларусь

Система расселения	Город-центр	Краткая характеристика
Национальная	Минск	Территория Республики Беларусь
Региональная	Областные центры (Брест, Витебск, Гомель, Гродно, Могилев)	Административные районы, сформированные на базе городов-спутников
Местная	Районные центры (Речица, Слоним, Калинковичи, Лунинец и др.)	Административные районы, включающие городские и сельские поселения во главе с городом-центром, функцию которого выполняет центр административного района

Центрами региональных систем расселения являются областные центры, которые обеспечивают координацию развития административных районов, сформированных на базе городов-спутников. Например, для г. Гомеля таким городом-спутником является г. Добруш, для Бреста – Жабинка и т. д. К городам-центрам регионального значения также относятся промышленно развитые города с численностью населения от 100 до 250 тыс. жителей, где имеются культурно-просветительские, медицинские учреждения, сеть торгово-бытового обслуживания населения прилегающих районов и специализированные профессиональные учебные заведения (Барановичи, Бобруйск, Борисов, Лида, Мозырь, Молодечно, Орша, Пинск, Полоцк, Новополоцк, Солигорск).

В составе региональных систем расселения следует рассматривать городские поселения субрегионального значения с численностью населения не менее 50 тыс. жителей, которые, как правило, специализируются на промышленном производстве, выполняют функции межрайонных центров по медицинскому, культурно-бытовому обслуживанию и торговле, образуя подцентры большой системы расселения (Жлобин, Жодино, Кобрин, Речица, Светлогорск, Слоним, Слуцк, Сморгонь). Города этой категории, располагая значительным экономическим и социально-культурным потенциалом, являются центрами притяжения для прилегающих малых городов и сельских поселений. В перспективе эти города можно рассматривать как дополнительные центры регионального значения, что требует развития соответствующего транспортного обслуживания.

Следует отметить, что особенностью территориального распределения вышеназванных городов является их достаточно равномерное размещение при неравномерном расположении больших городов – областных центров, что создает предпосылки для обеспечения относительно равномерного транспортного обслуживания по всей территории Республики Беларусь. При этом устойчивая зона влияния такого города распространяется в радиусе 15–20 км, а вдоль развитых транспортных

магистралей дальность может увеличиваться до 30 км [4–6].

Таким образом, создание поселений-спутников можно рассматривать как продолжение эволюции расселения, имеющей экзистенциальные особенности, проявляющиеся в зависимости от временного периода и развития транспортного сообщения. Спутники явились средством использования потенциала городов-центров и решения их усложнившихся социально-экономических и градостроительных проблем, основанных на интенсивных и разнообразных связях, трудовой и учебной маятниковой миграции, в постоянных культурно-бытовых поездках населения.

**Выводы.** Исследование показало, что формирование и развитие городов-спутников необходимо рассматривать в исторической ретроспективе, позволяющей выделить различные факторы, оказывающие при этом значительное влияние, например, транспортное сообщение. В научной литературе выбранное направление исследования разработано недостаточно полно и разносторонне. Поэтому данная работа делает возможным

Получено 10.05.2017

**T. A. Vlasuk.** Features of moving at formation and progress cities-satellites in Republic Belarus In view of the transport message.

With the original types of resettlement population of Belarus related and modern types of urban settlements, based on the mezhpосelennyh labour relations, the formation of which contributed to transportation (main roads and County tract), with considerable length. This allowed further according to the areas to ensure the construction of railways, which contributed to the urbanization of the surrounding territories. Thus, the railway as a means of communication has increased business communication of the inhabitants of the territories stretching to it, has influenced life and rebuild, you might say, has been the engine of economic and social progress in the XX century.

расширение знаний относительно поиска путей развития и интеграции городов-спутников в системе «город-центр – город-спутник – город-центр» на основе экзистенциальных особенностей территории и ее транспортного обслуживания.

#### Список литературы

- 1 **Семенов-Тянь-Шанский, В. П.** Район и страна : [моногр.] / В. П. Семенов-Тянь-Шанский. – М. : Гос. изд-во, 1928. – 312 с.
- 2 **Темушев, В. П.** Гомельская земля в конце XV – перв. пол. XVI вв. Территориальные трансформации в пограничном регионе / В. П. Темушев. – М. : Квадрига, 2009. – 192 с.
- 3 **Спірыдонаў, М. Ф.** Узнаўленне публікацыі Метрыкі ВКЛ / М. Ф. Спірыдонаў // Беларускі гістарычны агляд. – Т. 3, сш. 2. – С. 272.
- 4 **Лаппо, Г. М.** Экономический опорный каркас территории и его роль в расселении / Г. М. Лаппо // Матер. IV советско-польского семинара по урбанизации. – М.; Киев, 1979.
- 5 **Хорев, Б. С.** Проблемы городов / Б. С. Хорев. – М. : Мысль, 1975. – 427 с.
- 6 **Семенкевич, Д. И.** Градостроительство и региональная планировка. Курс лекций / Д. И. Семенкевич. – Минск, 2004. – 85 с.

УДК 656.222.4

Е. А. ФЕДОРОВ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## СТРУКТУРНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПРИ ИХ ИНТЕГРАЦИИ В ПОЕЗДООБРАЗОВАНИЕ И ГРАФИК ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Изложены принципы композиции транспортных потоков участников перевозочного процесса на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта. Определены типы потоков и идентифицированы процессы интеграции товарной массы в систему поездообразования и график движения поездов для целевого планирования пропуска поездов на объектах. Установлены временные и физические характеристики транспортных потоков, влияющие на способ их реализации при процессно-объектном моделировании графика движения поездов. Дано распределение возможных долей участия перевозчиков в организации поездных назначений в зависимости от их доходности.

Современный рынок участников железнодорожных перевозок, сложившийся с учетом тенденций ограничения деятельности естественных монополий и обеспечения равноправного доступа к услугам инфраструктуры железнодорожного транспорта, отличается расширением состава возможных участников по сравнению с традиционным подходом: грузоотправитель – перевозчик – грузополучатель. В структуре организации перевозочного процесса углубляется разделе-

ние участников рынка железнодорожных перевозок в соответствии с располагаемыми материальными ресурсами и (или) реализуемыми функциями по обеспечению перевозки грузов.

Основными участниками, определяющими образование транспортного потока, являются: грузоотправитель, грузополучатель, перевозчик, владелец инфраструктуры, оператор инфраструктуры, оператор железнодорожного подвижного состава, экспедитор (рисунок 1).

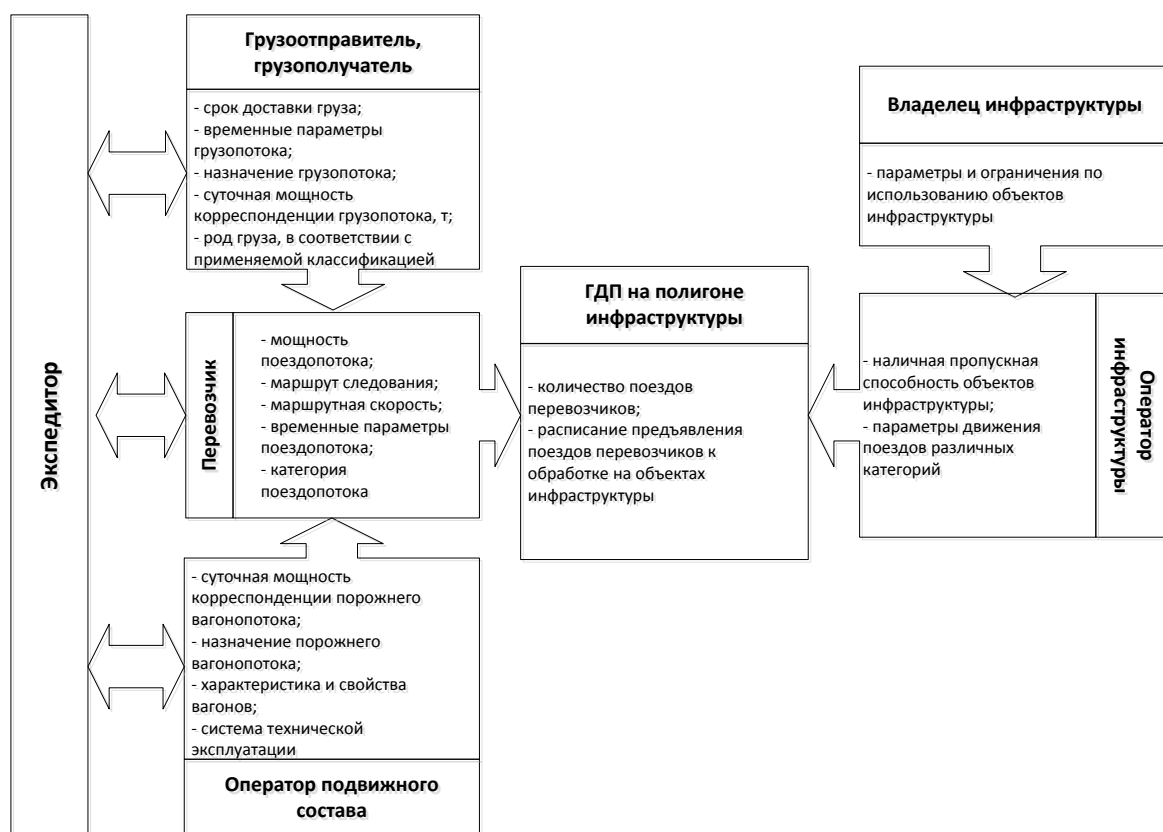


Рисунок 1 – Функциональная структура взаимодействия участников железнодорожных перевозок при организации перевозочного процесса

В структуре участников рынка железнодорожных перевозок часто наблюдается совмещение функций транспортной деятельности в результате сложившихся структурных особенностей, например, Белорусская железная дорога, ОАО «РЖД» и многие другие совмещают в настоящее время функции оператора инфраструктуры и перевозчика.

Высокий уровень отправительской маршрутизации,

потребность в организации передвижения порожних маршрутов операторов подвижного состава, обеспечение равноправного доступа независимых перевозчиков к услугам инфраструктуры железнодорожного транспорта приводит к потребности в согласовании множества локальных планов формирования поездов и повышают роль графика движения поездов (ГДП) как техно-

логического регулятора взаимоотношений участников перевозочного процесса.

Существующие принципы разработки ГДП, основанные на использовании традиционного инфраструктурно-ориентированного подхода, не позволяют достичь синергетического эффекта для участников перевозочного процесса. Обеспечение роли системного регулятора взаимоотношений участников рынка железнодорожных перевозок может быть достигнуто в случае применения процессно-объектного подхода к построению ГДП, позволяющего реализовать процессы продвижения поездопотоков перевозчиков в транспортной сети на всем маршруте их следования с соблюдением целевых задач перевозки и ограничений участков инфраструктуры.

Для целевого планирования пропуска поездов на

объектах инфраструктуры необходимо идентифицировать процессы интеграции товарной массы в систему поездообразования и ГДП.

Транспортные потоки образуются исходя из целевых потребностей в обеспечении перемещения товаропотоков между элементами производственно-сбытовой сети: производства, товарораспределительных центров, товаротранспортной логистической сети, потребителей.

Транспортная трансформация товарной массы клиентов представляет собой процесс последовательного преобразования товаропотоков в грузо-, вагоно- и поездопотоки, предъявляемые оператору инфраструктуры к перевозке клиентами железнодорожного транспорта или перевозчиками. Принципиальная схема процесса приведена на рисунке 2.

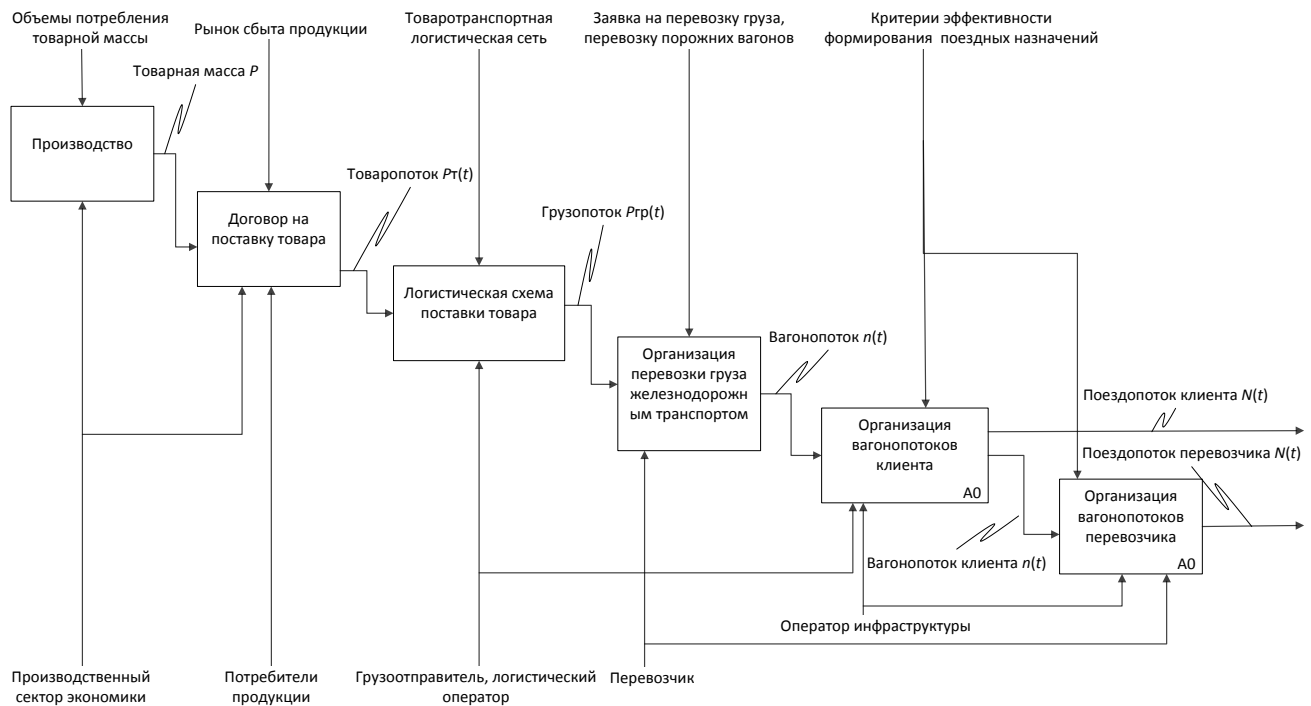


Рисунок 2 – Процесс интегрирования потоков клиентов в ГДП

Свойства транспортных потоков клиентов влияют на структуру, характеристики поездов и их прокладку на ГДП. Определяющими свойствами товаропотоков, влияющими на адаптивные свойства ГДП на участках инфраструктуры, являются:

- вектор перемещения товаропотока от производителя к потребителю  $\vec{s}_i^{пр}; \vec{s}_j^{потр}$ ;
- транспортная масса товаропотока  $P_i^T(T)$ ;
- срок поставки товара  $T_{пост}$ ;
- категория товара в соответствии с применяемой классификацией  $Z_T$ .

Структура и размеры товаропотоков, предъявляемые к перевозке, могут иметь детерминированный и стохастический характер и определяются, в первую очередь, изменениями конъюнктуры рынков сбыта продукции, потребителей транспортных услуг.

Для установленных векторов перемещения товаропотоков в процессе их идентификации на инфраструктур-

туре определяются маршруты их следования по товаротранспортной логистической сети в соответствии с используемыми схемами доставки продукции.

Между узлами сети в результате агрегации сонаправленных товаропотоков формируются корреспонденции грузопотоков клиентов:

- вектор перемещения грузопотока между станциями погрузки и выгрузки  $\vec{s}_j^{потр}; \vec{s}_j^{выгр}$ ;
- мощность корреспонденции грузопотока, определяемая как сумма входящих в него товаропотоков  $P_j(t) = \sum_{i=1}^n P_i^T(t)$ ;
- срок доставки груза  $T_{гр,j}$ ;
- род груза в соответствии с применяемой на транспорте классификацией  $Z_{гр}$ .

Интегрирование потоков клиентов в ГДП предполагает процесс определения способа его включения



в организованные поезда и продвижения по заданному вектору перемещения в зависимости от суммарной транспортной массы: выделенной категорией поездного назначения (отправительский маршрут, техноло-

гический маршрут, контейнерный или контрейлерный маршрут и др.) или в составе организованных планом формирования категорий поездов перевозчика (рисунок 3).

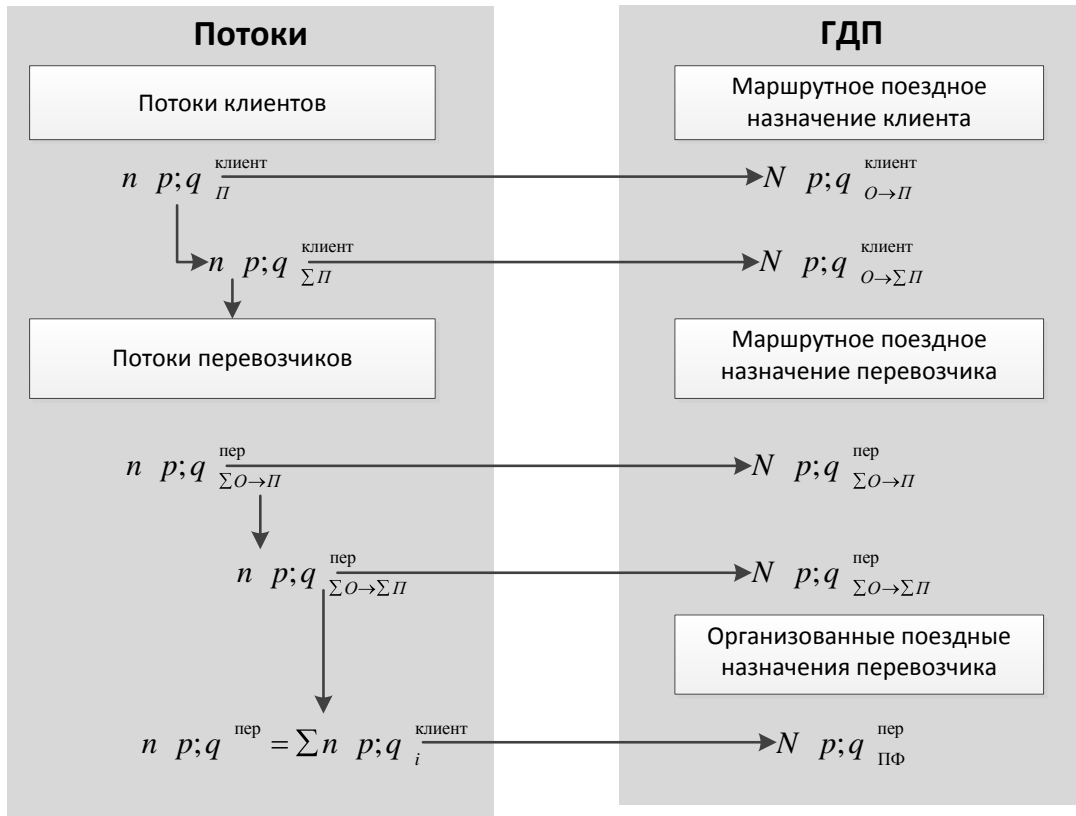


Рисунок 3 – Схема определения способа организации вагонопотоков клиентов в поезда

Эффективность использования способа перемещения потока оценивается путем сопоставления затрат времени и денежных средств на организацию его продвижения различными категориями поездных назначений. Методика расчета приведена в [1].

К выделенным категориям поездных назначений относятся:

– маршрутное поездное назначение клиента:

$N p; q_{O \rightarrow П}^{клиент}$  – поездное назначение, при котором поток предъявляется к перевозке одним клиентом – грузоотправителем на одной станции, назначением на одну станцию в адрес одного грузополучателя;

$N p; q_{O \rightarrow \Sigma П}^{клиент}$  – поездное назначение, в котором поток предъявляется к перевозке одним клиентом – грузоотправителем на одной станции, назначением на одну станцию в адрес нескольких грузополучателей;

– маршрутное поездное назначение перевозчика:

$N p; q_{\Sigma O \rightarrow П}^{пер}$  – поездное назначение, в котором поток предъявляется к перевозке несколькими клиентами – грузоотправителями на одной станции, назначением на одну станцию в адрес одного грузополучателя;

$N p; q_{\Sigma O \rightarrow \Sigma П}^{пер}$  – поездное назначение, в котором поток предъявляется к перевозке несколькими клиентами – грузоотправителями на одной станции, назначением на одну станцию в адрес нескольких грузополучателей.

Потоки клиентов, не включенные в выделенные поездные назначения (не маршрутизируемые) агрегируются в струи вагонопотоков для расчета плана формирования поездов перевозчика и формирования организованных поездов:

$$n p; q^{пер} = \sum n p; q_i^{клиент} \rightarrow N p; q_{ПФ}^{пер}. \quad (1)$$

В процессе интеграции потоков клиентов в график движения поездов выделяются временные, объемные и структурные параметры транспортных потоков (рисунок 4), влияющие на способ их реализации в графике движения поездов:

– регулярность образования потока в расчетный период перевозки; позволяет дифференцировать нитки графика по степени их стохастичности:

«ядро» графика движения, включающее нитки для поездов со стабильными временными параметрами предъявления к перевозке;

«факультативные» нитки – для обеспечения движения поездов, имеющих стохастический характер предъявления к перевозке;

«резерв» графика движения – для обеспечения движения поездов при возникновении отклонений в системе организации движения поездов, вызванных системными колебаниями объемов вагонопотоков, техническими, технологическими отказами или прочими причинами;

– стационарность предъявления потока к перевозке; позволяет установить точное время или интервалы предпочтительного предоставления нитки графика, интервалы предоставления ниток;

– погонная нагрузка поездопотока; определяет допустимые структурные свойства грузопотока, включаемого в поезд для организации их движения по участкам инфраструктуры и диапазон их изменения в момент начала процесса разработки ГДП.

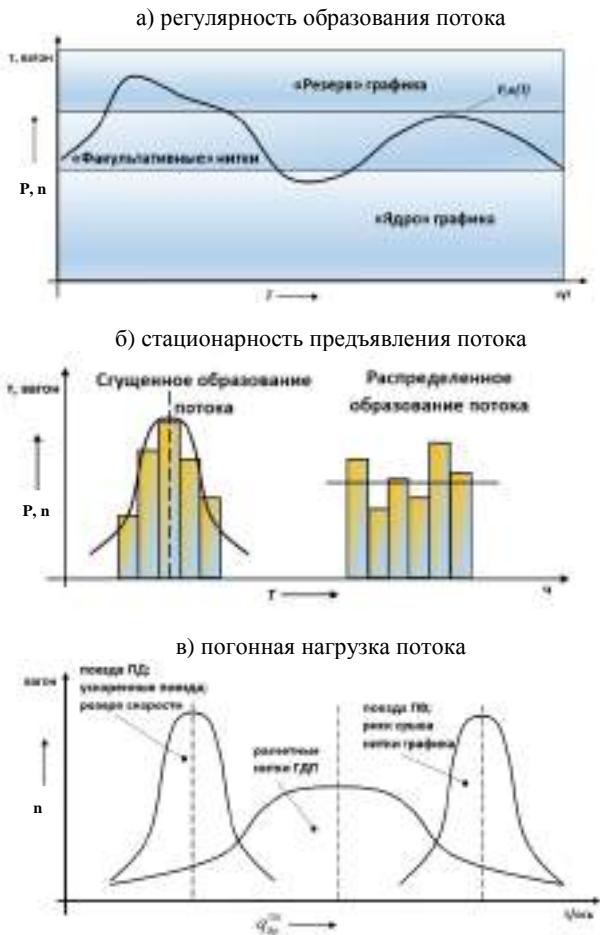


Рисунок 4 – Параметры транспортных потоков, влияющие на способ их реализации в графике движения поездов

Современный рынок железнодорожных перевозок формирует конкурентную среду участников перевозочного процесса, в которой каждый перевозчик предлагает различные условия по стоимости и срокам перемещения товарной массы клиентов, которые во многом зависят от вариантов организации вагонопотоков в поезде.

Согласно [2] затраты перевозчиков по транспортировке единицы груза на инфраструктуре определяются затратами на начально-конечные операции и на движение:

$$e_{(p;q)}^{\text{пер}} = \bar{b}_c a_{\tau} + b_{(p;q)}^{\tau} l_{(p;q)}, \quad (2)$$

где  $\bar{b}_c$  – коэффициент вида сообщения по отношению к инфраструктуре (внутреннее, ввоз, вывоз, транзит);  $a_{\tau}$  – ставка за начально-конечные операции;  $b_{(p;q)}^{\tau}$  – ставка за перемещение груза по маршруту;  $l_{(p;q)}$  – расстояние перемещения груза.

Вовлечение перевозчика в выполнение начально-конечных операций зависит от рода перевозимого груза, используемого подвижного состава, технических возможностей перевозчика и определяется в условиях договора на перевозку груза.

Затраты на перемещение груза по маршруту устанавливаются при идентификации поездных назначений перевозчиков в процессе технико-экономической оценки возможных вариантов освоения предъявляемых потоков каждого клиента и их совокупности.

Возможности перевозчиков по организации поездопотоков формируются исходя из размеров и структуры вагонопотоков в соответствии с заключенными договорами с клиентами, наличия в распоряжении перевозчика ресурсов для обеспечения перевозочного процесса, а также возможностей по доступу к инфраструктуре в рамках договорных отношений с владельцем инфраструктуры.

Для каждой заявленной корреспонденции вагонопотока перевозчик устанавливает набор поездных назначений, в составе которых будет осуществляться перемещение потока, из множества доступных ему вариантов. Выбор поездных назначений осуществляется по критериям эффективности, используемым перевозчиком при организации вагонопотоков в поезде:

$$n(p;q)_{ij} = \text{opt} \begin{cases} N(p;q)_i, \dots, N(p;q)_m; \\ \dots \\ N(p;q)_l, \dots, N(p;q)_s. \end{cases} \quad (3)$$

В процессе интегрирования потоков перевозчиков в ГДП (рисунок 5) в зависимости от мощности вагонопотоков и временных параметров их предъявления к перевозке формируются поездные назначения различных категорий:

1) со станций зарождения вагонопотоков:

–  $N(p;q)_{\text{пр}}$  – прямые, направленные на станцию назначения (или распыления) вагонопотока. Характеризуют, как правило, однородностью структуры вагонопотока в составе назначения и стабильными формализуемыми временными характеристиками с высокой степенью сгущенности предъявления к перевозке;

–  $N(p;q)_{\text{МР}}$  – в системе местной работы, предназначенные для передачи маломощных корреспонденций вагонопотоков на технические станции для концентрации в струи вагонопотоков перевозчика. Структура и размеры вагонопотоков в таких назначениях стохастичны, временные характеристики поездного назначения дискретны и устанавливаются перевозчиком;

2) с технических станций:

–  $N(p;q)_{\text{техн}}$  – организованные маршруты на станцию назначения (или распыления) вагонопотока. Образуются в результате слияния на технической станции вагонопотоков с разных станций зарождения назначением на одну станцию погашения потока. Образование поездного назначения данной категории происходит, как правило, в том случае, если исходные вагонопотоки недостаточно мощны для выделения в прямое назначение, но стабильны во времени. Структура вагонопотока при этом может быть определена на основании характе-

ристик потоков, образующих данное назначение. Данные поездные назначения регулярны во времени образования и при поступлении исходных потоков на техническую станцию в поездах с постоянным расписанием (например, в местных) могут обладать высокой степенью стационарности;

–  $N(p; q)_{\text{ПФ}}$  – поездные назначения между техниче-

скими станциями, организованные для обеспечения совместного попутного перемещения вагонопотоков на части маршрута следования с дальнейшим поступлением преимущественно в переработку. Структура вагонопотока и временные характеристики образования поездов данных поездных назначений имеют наиболее стохастичный характер.

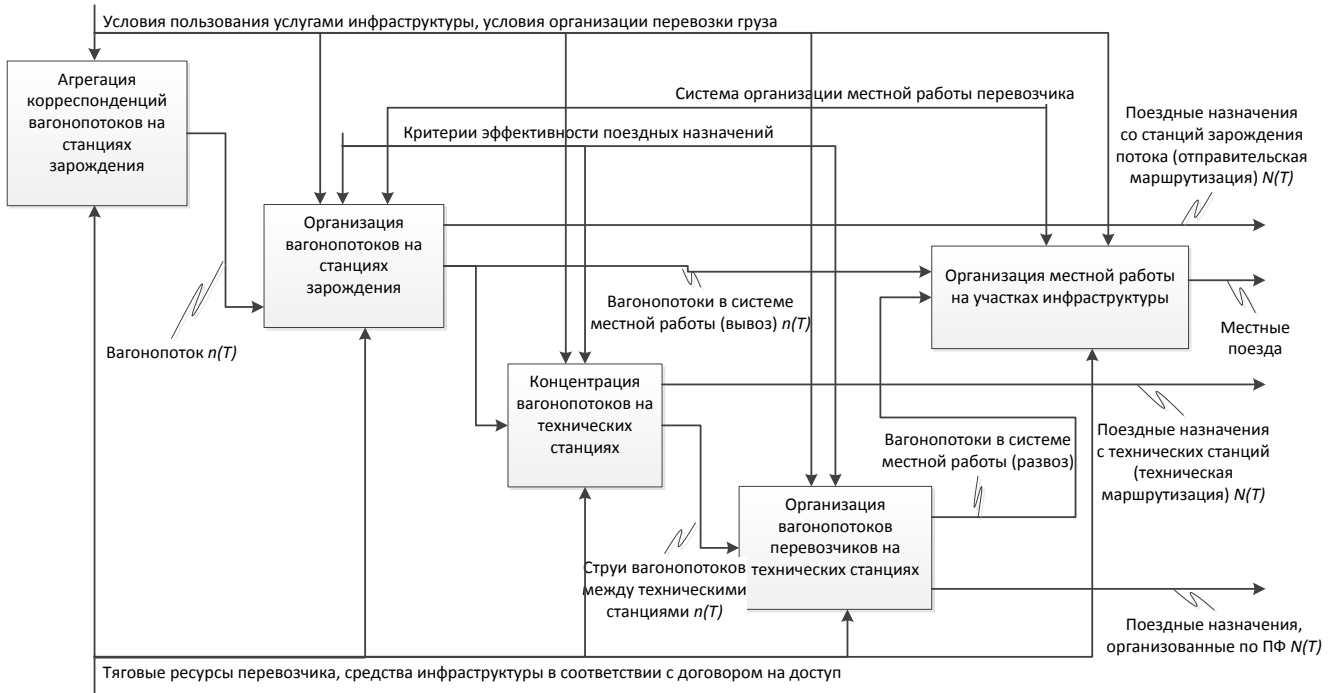


Рисунок 5 – Процесс интегрирования потоков перевозчиков в ГДП

Продвижение вагонопотоков по маршруту следования осуществляется одним из доступных перевозчику наборов поездных назначений. Варианты включения вагонопотоков в назначения характеризуются различной себестоимостью перевозки вагона в связи с возникновением дополнительных затрат на организацию развоза вагонов в системе местной работы, накоплению вагонов при формировании назначения плана формирования поездов перевозчика на попутных технических станциях:

$$\begin{aligned}
 C_1^{\min}(n_i) &: N(p; q)_{\text{пр}}; \\
 C_1^{\text{mid}}(n_i) &: N(p; q)_{\text{МРi}} \rightarrow N(p; q)_{\text{техн}} \rightarrow \\
 &\rightarrow N(p; q)_{\text{МРj}}; \\
 C_1^{\max}(n_i) &: N(p; q)_{\text{МРi}} \rightarrow N(p; q)_{\text{ПФ1}} \rightarrow \\
 &\rightarrow \dots \rightarrow N(p; q)_{\text{ПФm}} \rightarrow N(p; q)_{\text{МРj}}.
 \end{aligned}
 \quad (4)$$

При обеспечении равноправного доступа к услугам инфраструктуры поездные назначения могут формироваться различными перевозчиками. По характеру взаимоотношений с владельцем инфраструктуры перевозчики подразделяются на внутренних, являющихся структурными подразделениями транспортного предприятия – владельца инфраструктуры, и внешних, независимых перевозчиков, действующих на основании договорных отношений с владельцем инфраструктуры. В условиях естественной монополии государства на инфраструктуру железных дорог общего пользования внутренним перевозчиком, как правило, выступает

национальный перевозчик, сформированный государственным транспортным предприятием.

Возможность участия различных перевозчиков в организации поездных назначений определяется объемом и структурой привлеченных потоков клиентов, наличием и условиями использования тяговых, технических, людских и иных ресурсов для обеспечения перевозочного процесса на инфраструктуре. Распределение степени участия перевозчиков в системе организации поездных назначений различных категорий в зависимости от затрат ( $C$ ) на их организацию имеет вид, представленный на рисунке 6.

Внешние перевозчики проявляют наибольшую степень участия при занятии сегмента прямых поездных назначений  $N(p; q)_{\text{пр}}$  со станций зарождения потоков клиентов, которые не требуют дополнительных трансформаций в пути следования и, соответственно, являются наиболее доходными по сравнению с другими вариантами организации вагонопотоков в поездах.

В сегменте поездных назначений с технических станций  $N(p; q)_{\text{техн}}$  у внешних перевозчиков возникают ограничения по обеспечению маршрута следования вагонопотока, связанные с организацией его продвижения к техническим станциям в системе местной работы. Внешние перевозчики должны организовывать местные поездные назначения для развоза корреспонденций незначительной мощности или заключать субподрядные договора с национальными перевозчиками.

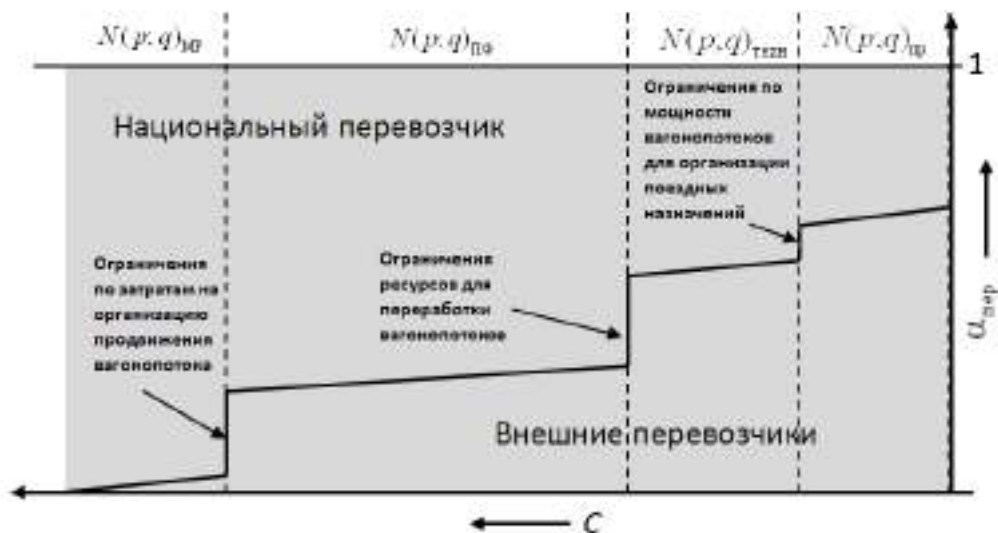


Рисунок 6 – Распределение степени участия перевозчиков в организации поездных назначений

Сегмент поездных назначений между техническими станциями  $N(p; q)_{\text{ПФ}}$  предполагает дополнительно наличие у перевозчика ресурсов (собственных или привлеченных) для переработки вагонопотоков в пути следования, содержание которых при недостаточных объемах переработки вызывает значительные дополнительные затраты.

Поездотоки в системе местной работы  $N(p; q)_{\text{МР}}$  являются обеспечивающими для вариантов следования маломощных корреспонденций вагонопотоков с предварительным их накоплением на технических станциях. Участие внешних перевозчиков возможно в случае организации ими поездных назначений с технических станций.

В структуре рынка перевозочного процесса ключевое место, как правило, занимает национальный перевозчик, а внешние перевозчики конкурируют в первую очередь за маршрутные назначения, которые характеризуются высокой степенью регулярности и имеют сгущенное образование по установленным периодам времени.

Идентификация транспортных потоков перевозчиков в системе организации движения поездов, определение их временных, объемных и структурных параметров, влияющих на способ их реализации в графике движения поездов создает основу для реализации процессно-объектного подхода к построению ГДП. Приме-

нение данного подхода позволяет реализовать процессы продвижения поездотоков перевозчиков в транспортной сети на всем маршруте их следования с соблюдением целевых задач перевозки и ограничений участков инфраструктуры, что способствует получению синергетического эффекта перевозочной деятельности.

#### Список литературы

- 1 Методические рекомендации по организации вагонопотоков на Белорусской железной дороге : [утв. приказом заместителя Начальника Белорусской ж. д. от 30.12.2013 г. № 1294НЗ]. – Минск : Белорусская ж. д., 2013. – 320 с.
- 2 Еловой, И. А. Тарифы логистических транспортно-технологических систем (теория и методы расчетов) / И. А. Еловой. – Гомель: БелГУТ, 2001. – 336 с.
- 3 Негрей, В. Я. Расчетные вагонопотоки для разработки плана формирования поездов / В. Я. Негрей, С. В. Дорошко // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2016. – № 2. – С. 26–31.
- 4 Федоров, Е. А. Информационное обеспечение процессно-объектной модели разработки графика движения поездов на инфраструктуре железной дороги / Е. А. Федоров // Информационные технологии и системы 2016 (ИТС-2016) : материалы Междунар. науч. конф. – Минск : БГУИР, 2016. – С. 38–39.
- 5 Федоров, Е. А. Процессное моделирование разработки графика движения поездов / Е. А. Федоров // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2015. – № 2. – С. 70–72.

Получено 12.05.2017

**E. A. Fedorov.** Structural composition of transport flows at them integration in the training and training schedule.

The main provisions concerning the transport flows performed by the transportation process at the infrastructure facilities-tours of the railway transport are set out. The types of flows and identified documents that can be used in the process of trips and trips for trips on sites are determined. The temporal and physical characteristics of transport streams that affect their implementation during processing-but-object modeling of train traffic patterns are established. The distribution of possible shares of carriers in the organization of travel assignments is given depending on their profitability.

УДК 656.222.3

К. М. ШКУРИН, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

### СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОВ

Рассматривается влияние времени нахождения подвижного состава в движении на величину эксплуатационных расходов. На примере участка Минск – Орша анализируется зависимость участковой скорости и времени следования по участку от его категории. Дано обоснование целесообразности применения критерия минимизации времени нахождения подвижного состава в движении при разработке плана формирования.

**В** условиях мирового экономического кризиса и сложившегося в последние годы сокращения грузопотоков особую важность на железнодорожном транспорте приобретает задача организации перевозочного процесса при минимальных эксплуатационных расходах. Так, в плане организации вагонопотоков на Белорусской железной дороге на 2016 год было отмечено, что одной из задач организации вагонопотоков в поездах является обеспечение минимальных расходов на перевозки.

Таким образом, критерий минимизации эксплуатационных расходов является одним из определяющих при сравнении различных вариантов пропуска вагонопотока. При этом особую важность должна приобрести задача сокращения времени нахождения поездов в движении. Это связано с тем, что стоимость локомотиво-часа работы значительно превышает стоимость вагоно-часа. Так, в соответствии с Методическими рекомендациями по расчету экономических параметров, позволяющих оценить эксплуатационные расходы по технологическим операциям услуг железнодорожного транспорта общего пользования, утвержденными приказом Начальника Белорусской железной дороги от 20.12.2016 № 376Н, укрупненная расходная ставка на 1 час движения одиночного локомотива составляет 499,32 руб. в тепловозной тяге и 447,63 руб. – в электровозной. В то же время стоимость одного вагоно-часа (далее – ваг.ч) составляет 1,33 руб. Таким образом, стоимость 1 часа движения локомотива в тепловозной тяге эквивалентна стоимости 375 ваг.ч, а в электровозной – 336 ваг.ч.

Приведенные данные показывают, что изменение системы организации вагонопотока может позволить достичь значительного экономического эффекта за счет сокращения времени нахождения локомотивов в движении даже при увеличении затрат в вагоно-часах. При этом даже в рамках одного участка железной дороги существуют значительные расхождения в участковой скорости для поездов различных категорий (таблица 1).

Рассмотрим распределение времени и участковой скорости различных поездов для одного из участков Белорусской железной дороги.

Для анализа были использованы данные о среднем времени следования грузовых поездов различных категорий по участку Минск – Орша в октябре 2015 года.

Относительная частота  $W$  распределения времени  $t_{yч}$  и участковой скорости  $v_{yч}$  следования грузовых поездов в направлении Минск – Орша показана на рисунках 1, 2.

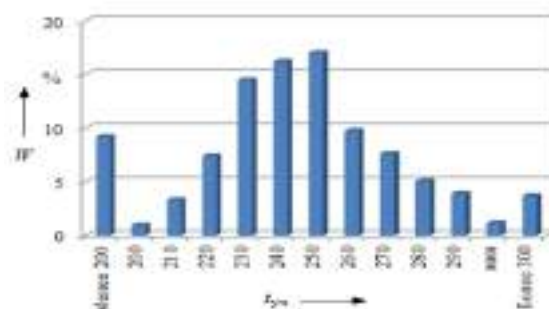


Рисунок 1 – Распределение времени следования грузовых поездов по участку Минск – Орша

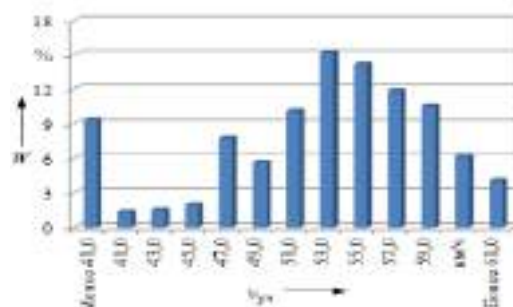


Рисунок 2 – Распределение скорости следования грузовых поездов по участку Минск – Орша

Из рисунков 1, 2 видно, что распределение времени и скорости грузовых поездов в направлении Минск – Орша приближается к нормальному. Анализ полученных данных показывает, что математическое ожидание времени следования поезда по участку  $M(t_{yч})$  составляет 237,7 мин при среднеквадратическом отклонении  $\sigma = 53,3$  мин и коэффициенте вариации  $c_v = 22,4$  %, а математическое ожидание участковой скорости  $M(v_{yч}) = 51,1$  км/ч при  $\sigma = 8,1$  км/ч и  $c_v = 15,8$  %.

Распределение времени и скорости следования грузовых поездов в направлении Орша – Минск приведено на рисунках 3, 4.

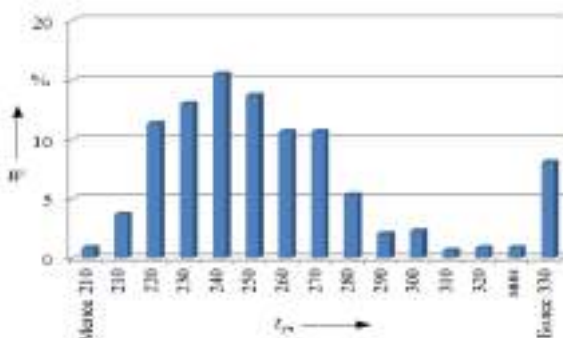


Рисунок 3 – Распределение времени следования грузовых поездов по участку Орша – Минск



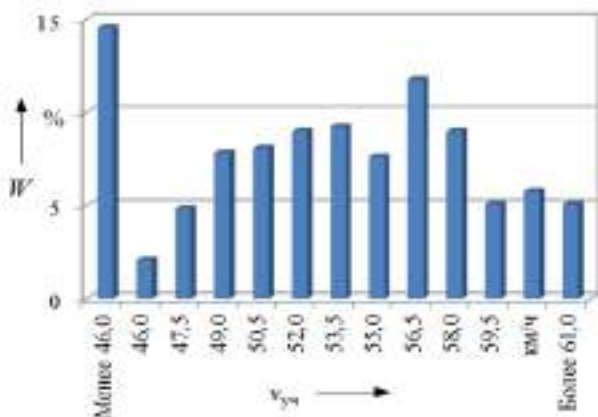


Рисунок 4 – Распределение скорости следования грузовых поездов по участку Орша – Минск

Математическое ожидание времени следования поезда по участку  $M(t_{уч})$  составляет 260,7 мин при  $\sigma = 61,6$  мин и  $c_v = 23,6$  %; математическое ожидание участковой скорости  $M(v_{уч}) = 51,0$  км/ч при  $\sigma = 9,0$  км/ч и  $c_v = 17,6$  %. Распределение времени и скорости грузовых поездов в направлении Орша – Минск также близко к нормальному распределению, однако заметно, что значительная доля поездов имеет участковую скорость ниже 46,0 км/ч, что объясняется преимущественно влиянием сборных поездов.

Рассмотрим распределение времен и участковых скоростей движения грузовых поездов отдельных категорий (рисунки 5–10).

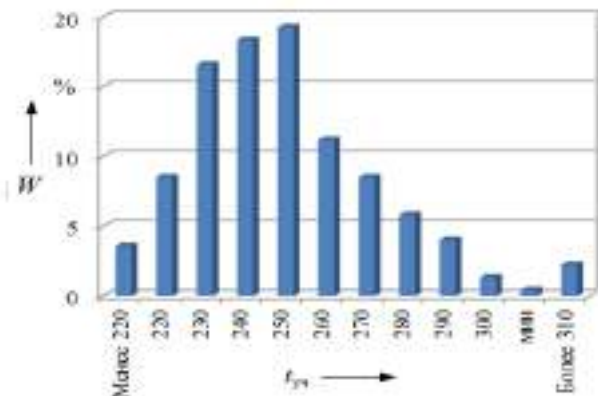


Рисунок 5 – Распределение времени следования сквозных поездов в направлении Минск – Орша

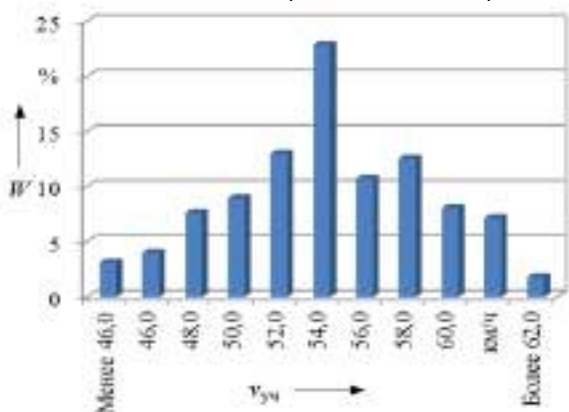


Рисунок 6 – Распределение скорости следования сквозных поездов в направлении Минск – Орша

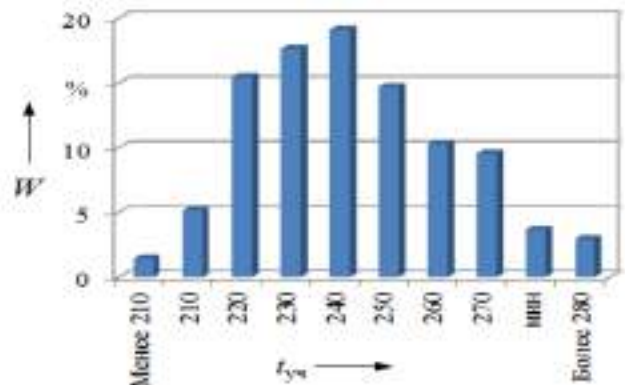


Рисунок 7 – Распределение времени следования сквозных поездов в направлении Орша – Минск

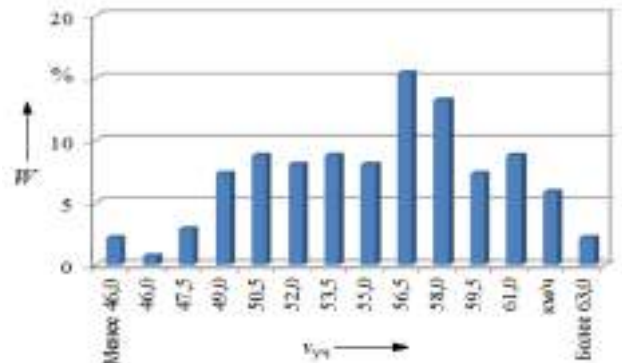


Рисунок 8 – Распределение скорости следования сквозных поездов в направлении Орша – Минск

Поскольку сквозные поезда – основная категория грузовых поездов на участке Минск – Орша (см. таблицу 1), распределение времен и участковых скоростей их следования в целом соответствует распределениям времен и скоростей движения всех грузовых поездов, приведенных на рисунках 1–4. Для грузовых поездов, следующих в направлении Минск – Орша,  $M(t_{уч})$  составляет 245,9 мин при  $\sigma = 24,8$  мин и  $c_v = 10,1$  %,  $M(v_{уч}) = 53,2$  км/ч при  $\sigma = 4,9$  км/ч и  $c_v = 9,3$  %; для сквозных поездов в направлении Орша – Минск –  $M(t_{уч}) = 239,0$  мин при  $\sigma = 23,1$  мин и  $c_v = 9,6$  %,  $M(v_{уч}) = 54,7$  км/ч при  $\sigma = 5,0$  км/ч и  $c_v = 9,1$  %.

Станцией Орша формируется также значительное количество участковых поездов назначением на станцию Минск-Сортировочный.

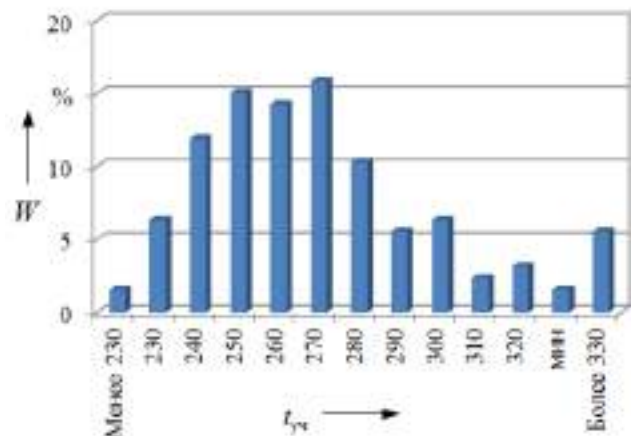


Рисунок 9 – Распределение времени следования участковых поездов по участку Орша – Минск

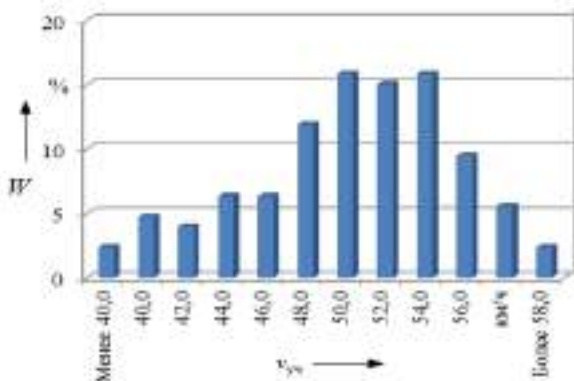


Рисунок 10 – Распределение скорости следования участковых поездов по участку Орша – Минск

Распределение времени следования и скорости участковых поездов также подчиняется нормальному закону, однако заметно, что средняя скорость их следования значительно уступает средней скорости сквозных поездов. Математическое ожидание времени следования участкового поезда  $M(t_{уч})$  составляет 266,9 мин при  $\sigma = 33,5$  мин и  $c_v = 12,6$  %; участковой скорости  $M(v_{уч}) = 49,2$  км/ч при  $\sigma = 5,4$  км/ч и  $c_v = 11,1$  %.

Развоз местного груза на участке Минск – Орша осуществляется преимущественно вывозными поездами, следующими в сообщении Минск – Смолевичи – Борисов, и сборными поездами в сообщении Орша – Минск (Орша – Степянка). Распределение времен и скоростей следования поездов данных категорий показано на рисунках 11–14.

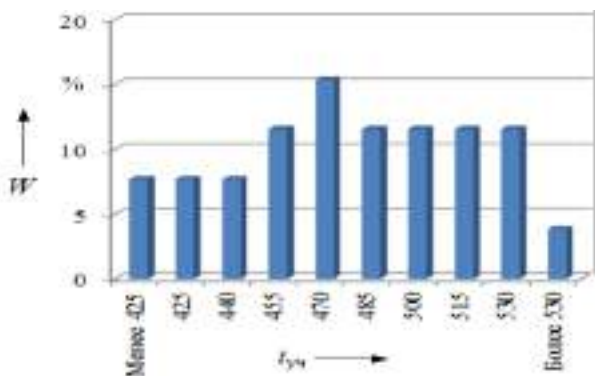


Рисунок 11 – Распределение времени следования сборных поездов в направлении Орша – Минск

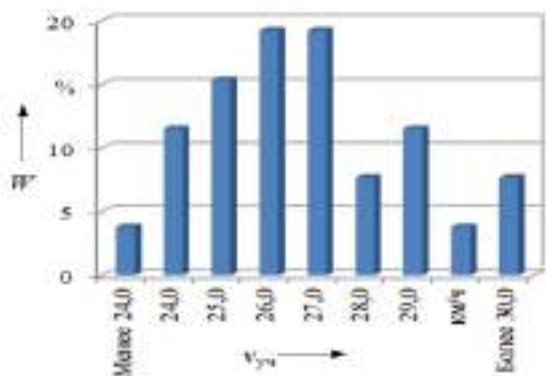


Рисунок 12 – Распределение скорости следования сборных поездов в направлении Орша – Минск

Время следования сборных поездов в направлении Орша – Минск почти равномерно распределено в диапазоне 450–530 мин, что объясняется различным количеством остановок таких поездов на станциях участка

для прицепки и отцепки местных вагонов. Математическое ожидание времени следования сборного поезда в направлении Орша – Минск  $M(t_{уч})$  составляет 471,0 мин при  $\sigma = 43,7$  мин и  $c_v = 9,3$  %; участковой скорости  $M(v_{уч}) = 26,5$  км/ч при  $\sigma = 2,7$  км/ч и  $c_v = 10,1$  %.

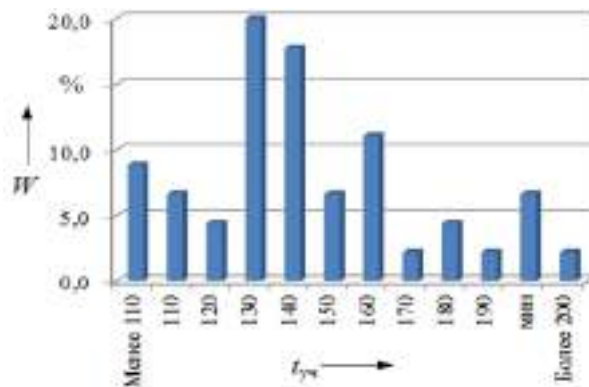


Рисунок 13 – Распределение времени следования вывозных поездов по участку Минск – Борисов

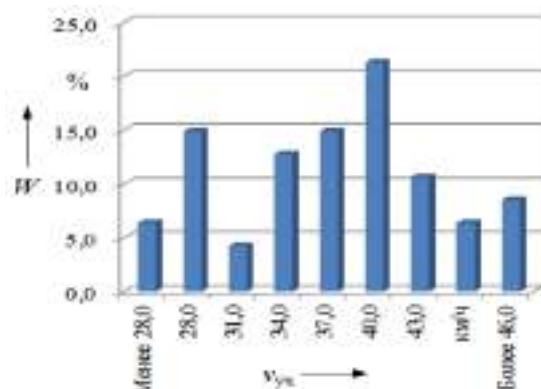


Рисунок 14 – Распределение скорости следования вывозных поездов по участку Минск – Борисов

Распределение времени следования вывозных поездов имеет два пика – около 110 мин и около 140 мин, в зависимости от того, осуществляет ли поезд отцепку вагонов на станции Смолевичи. Математическое ожидание времени следования вывозного поезда по участку  $M(t_{уч})$  составляет 132,3 мин при  $\sigma = 36,9$  мин и  $c_v = 27,9$  %; математическое ожидание участковой скорости  $M(v_{уч}) = 36,3$  км/ч при  $\sigma = 8,2$  км/ч и  $c_v = 22,7$  %.

Проанализированные сведения о средней участковой скорости движения поездов различных категорий и их доле в общем поездопотоке по направлениям следования на участке Минск – Орша сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Сравнение участковых скоростей поездов различных категорий

Категория поездов	Направление Минск – Орша		Направление Орша – Минск	
	доля поездов	$v_{уч}$ , км/ч	доля поездов	$v_{уч}$ , км/ч
Сквозные	0,877	53,2	0,687	54,7
Участковые	0,026	45,0	0,248	49,2
Сборные	0,013	26,5	0,051	24,5
Вывозные	0,084	27,9	0,014	36,3
ВСЕГО	1,000	51,1	1,000	51,0

Приведенные в таблице 1 данные показывают, что средняя скорость участковых поездов, следующих по

участку Минск – Орша, значительно уступает средней скорости движения сквозных поездов.

Графическое сравнение участковых скоростей движения поездов различных категорий по направлениям следования на участке Минск – Орша приведено на рисунке 15.

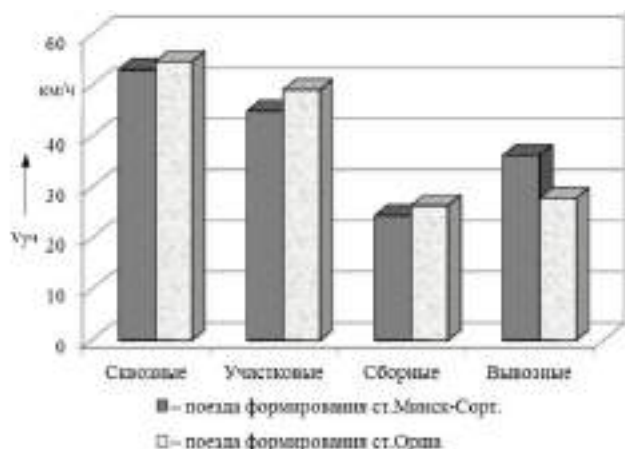


Рисунок 15 – Сравнение участковых скоростей поездов различных категорий

Получено 10.01.2017

**К. М. Shkurin.** Systematic approach to the optimization of train formation plan.

The influence of the time, which rolling stock spends in motion, on operating costs is considered. The relation between service speed and train category is analyzed. The expedience of minimizing the time, which rolling stock spends in motion, in the development of train formation plan is justified.

Таким образом, категория грузового поезда в значительной степени обуславливает его участковую скорость и, соответственно, время его следования по участку. Использование критерия минимизации нахождения грузового вагона в пути (предусматривающего, в том числе, и сокращение потребности в локомотивном парке) является одним из условий совершенствования существующей системы организации вагонопотоков.

#### Список литературы

- 1 **Акулиничев, В. М.** Математические методы в эксплуатации железных дорог / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков. – М. : Транспорт, 1981. – 223 с.
- 2 **Вентцель, Е. С.** Исследование операций: задачи, принципы, методы / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1988. – 206 с.
- 3 **Некрашевич, В. И.** Управление эксплуатацией локомотивов / В. И. Некрашевич, В. И. Апатцев. – М. : РГОТУПС, 2004. – 257 с.
- 4 **Правдин, Н. В.** Прогнозирование грузовых потоков / Н. В. Правдин, М. Л. Дыканюк, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1987. – 247 с.
- 5 **Серегина, В. С.** Решение инженерных задач методами математической статистики / В. С. Серегина. – Гомель : БелГУТ, 1994. – 109 с.



УДК 656.23

Д. Ф. ОСИПЕНКО, заведующий научно-исследовательской лабораторией, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ

Изложены основные составляющие экономической эффективности организации скоростного движения пассажирских поездов и факторы, влияющие на ее оценку. Приведена методика стоимостной оценки результатов работы железнодорожной магистрали при организации скоростного движения. Рассмотрены результаты расчета по приведенной методике экономической эффективности организации скоростного движения пассажирских поездов по магистрали Красное – Минск – Брест.

Среди многочисленных способов повышения эффективности железнодорожных пассажирских перевозок особое место занимает организация скоростного движения.

Согласно существующей классификации скоростным считается движение пассажирских поездов со скоростью 141–200 км/ч. Актуальность развития такого движения обусловлена современными тенденциями рынка транспортных услуг, необходимостью повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта и доходов от пассажирских перевозок.

На современном этапе развития транспортной системы Республики Беларусь железнодорожный транспорт имеет ряд конкурентных преимуществ при осуществлении пассажирских перевозок по сравнению с другими видами транспорта, таких как независимость от погодных условий, следование пассажирских поездов строго по расписанию, высокая частота движения поездов на основных направлениях, расположение вокзалов в центральных районах крупных городов и др. Однако автомобильный транспорт успешно конкурирует при поездках на короткие расстояния, а воздушный привлекает пассажиров своей скоростью.

В связи с этим повышение конкурентоспособности железнодорожного транспорта в сфере пассажирских перевозок возможно только за счет реализации инновационных проектов, к которым относится скоростное движение пассажирских поездов. Поскольку такие проекты являются новыми, то вопросы, связанные с оценкой экономической эффективности способов организации скоростного движения пассажирских поездов, являются актуальными на современном этапе развития железнодорожного транспорта. Проекты организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного движения во многих странах реализуются с использованием государственного финансирования в силу значительного объема потребных инвестиций и длительных сроков окупаемости вложений.

Скоростное движение пассажирских поездов позволяет сократить затраты времени пассажира на поездку и тем самым повысить качество транспортных услуг. Оно способствует расширению зон тяготения крупных городов, снижению транспортных происшествий, вредного воздействия на окружающую среду; ускоряет научно-технический прогресс на железнодорожном транспорте, в транспортном строительстве и транспортном машино-

строении, повышает конкурентоспособность железнодорожного транспорта.

Многие вопросы экономики скоростных пассажирских перевозок исследованы недостаточно полно. Нет, в частности, единого подхода к оценке эффективности мероприятий по организации скоростного движения пассажирских поездов и оценке качества пассажирских перевозок, к определению величины эффекта, получаемого вследствие сокращения времени пребывания пассажиров в пути. Не менее трудно оценить величину косвенных экономии и затрат, включая экологические последствия и ущерб от транспортных происшествий. С целью решения указанных проблем возникла необходимость в разработке методики оценки эффективности скоростных железнодорожных магистралей.

Экономическая эффективность организации скоростного движения пассажирских поездов складывается:

- из снижения эксплуатационных расходов за счет повышения скоростей пассажирских поездов и сокращения расходов на техническое обслуживание и ремонт технических средств в связи с использованием подвижного состава и другой техники нового поколения, а также прогрессивных диагностических устройств;

- сокращения человеко-часов эксплуатационного штата за счет повышения скоростей и улучшения технического состояния подвижного состава и инфраструктуры.

- повышения доходности за счет привлечения дополнительного пассажиропотока и увеличения платы за проезд в связи с обеспечением ускорения следования пассажиров и повышения комфортности поездки.

Оценка экономической эффективности организации скоростного движения пассажирских поездов базируется на системе технико-экономических критериев и включает в себя порядок расчета экономического эффекта от реализации разработанного графика движения поездов, определения стоимостной оценки результатов работы железнодорожного участка и эксплуатационных расходов при организации скоростного движения, отнесенных на каждый пассажирский поезд. Расчет указанных критериев ведется с использованием единичных расходных ставок, полученных по результатам хозяйствования отраслевых подразделений Белорусской железной дороги при выполнении пассажирских перевозок.

На экономическую оценку организации скоростного движения пассажирских поездов оказывают влияние:

- размеры пассажирского движения;
- скорости движения пассажирских поездов;
- нормативы на технические и технологические операции;
- количество вагонов в составе;
- типы локомотивов;
- тарифы в пассажирском движении и др.

Стоимостная оценка результатов работы железнодорожной магистрали при организации скоростного движения определяется по следующей формуле:

$$\Delta \mathcal{E} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mathcal{E}_d^{ij} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mathcal{E}_c^{ij} + P_c, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_d^{ij}$ ,  $\mathcal{E}_c^{ij}$  – годовые эксплуатационные расходы соответственно до и после организации скоростного движения пассажирских поездов по  $i$ -му участку, относящиеся на  $j$ -й поезд, млн руб.;  $P_c$  – стоимостная оценка сопутствующих результатов, млн руб.;  $n$  – количество участков на магистрали,  $i = 1 \dots n$ ;  $m$  – количество поездов, проходящих через участок,  $j = 1 \dots m$ .

Стоимостная оценка сопутствующих результатов при увеличении скоростей движения определяется суммой доходов от освоения дополнительных объемов перевозок высвобожденным в результате увеличения скорости подвижным составом. В пассажирском движении подвижной состав жестко закреплен под определенные номера поездов, и его реальное высвобождение может быть достигнуто только при сокращении времени оборота состава на одни сутки и более. Рассматривать дополнительный доход от сопутствующих результатов в пассажирском движении целесообразно лишь при разработке оптимальной схемы оборота составов пассажирских поездов.

Эксплуатационные расходы связаны с технической скоростью сложной зависимостью. С одной стороны, с увеличением технической скорости ускоряется оборот вагона и может быть выполнен в течение определенного времени одним и тем же парком подвижного состава больший объем перевозок. В связи с этим расходы на содержание локомотивных и поездных бригад, ремонт и амортизацию вагонов, приходящиеся на 1 т·км, снижаются. С другой стороны, увеличение технической скорости приводит к росту основного сопротивления движению вагонов и соответствующим дополнительным затратам электроэнергии на тягу поездов. Поэтому экономии эксплуатационных расходов от повышения технической скорости движения пассажирских поездов определяют сопоставлением снижения затрат на содержание локомотивных и поездных бригад, ремонт и амортизацию подвижного состава с дополнительными затратами на электроэнергию на тягу поездов.

Для расчета снижения затрат необходимо определить экономию поездочасов от повышения техниче-

ской скорости при тех же размерах движения, которые рассматриваются на конкретном участке, и умножить ее на приведенную стоимость одного поездочаса. Для определения дополнительного расхода электроэнергии вычисляют величину удельного сопротивления до и после повышения скорости движения, а также дополнительные затраты механической работы на разгон поездов. Затем механическую работу переводят в условное топливо (электроэнергию) по норме расхода электроэнергии на 1 т·км механической работы.

Эксплуатационные расходы на  $i$ -м участке, относимые на  $j$ -й пассажирский поезд, включают только те издержки, которые имеют непосредственное отношение при его работе на рассматриваемом маршруте, и при заданном техническом оснащении линии рассчитываются с учетом:

- приведенных расходов на передвижение  $j$ -го пассажирского поезда по  $i$ -му участку ( $C_{п-км}^{ij}$ );
- протяженности  $i$ -го участка ( $l_n^i$ );
- коэффициента маршрутной скорости  $j$ -го пассажирского поезда на  $i$ -м участке ( $\beta_m^{ij}$ );
- ходовой скорости  $j$ -го пассажирского поезда по  $i$ -му участку ( $\bar{v}_x^{ij}$ );
- приведенных расходов на поездочас  $j$ -го пассажирского поезда на  $i$ -м участке ( $C_{п-ч}^{ij}$ )

$$\mathcal{E}^{ij} = f C_{п-км}^{ij}, l_n^i, \beta_m^{ij}, \bar{v}_x^{ij}, C_{п-ч}^{ij}. \quad (2)$$

Приведенные расходы на передвижение  $j$ -го пассажирского поезда по  $i$ -му участку определяются на основании:

- расходной ставки на один вагоно-километр пассажирского движения ( $e_{в-км}$ );
- расходной ставки на один электровозо-километр пассажирского движения ( $e_{э-км}$ );
- расходной ставки на 1000 т·км брутто вагонов и электровозов пассажирского движения ( $e_{т-км}$ );
- стоимости 1 кВт·ч электроэнергии ( $e_3$ );
- расхода электроэнергии или условного топлива на 1 т·км механической работы локомотива (учитывая потери на подстанциях и в контактной сети) ( $a_3^w$ );
- среднего состава  $j$ -го пассажирского поезда в вагонах на  $i$ -м участке ( $m_B^{ij}$ );
- условного пробега локомотива  $j$ -го пассажирского поезда по  $i$ -му участку ( $\beta_{усл}^{ij}$ );
- массы  $j$ -го пассажирского поезда брутто на  $i$ -м участке ( $Q_{бр}^{ij}$ );
- массы электровоза  $j$ -го пассажирского поезда на  $i$ -м участке ( $P_3^{ij}$ );
- работы локомотива, следующего с  $j$ -м пассажирским поездом по  $i$ -му участку, ( $R_{мех}^{ij}$ );

– протяженности  $i$ -го участка ( $l_n^i$ ).

$$C_{п-км}^{ij} = f \left( e_{вкм}, e_{экм}, e_{ткм}, e_3, a_3^w, m_b^{ij}, \beta_{усл}^{ij}, Q_{бр}^{ij}, P_3^{ij}, R_{мех}^{ij}, l_n^i \right). \quad (3)$$

Приведенные расходы на поезд-час  $j$ -го пассажирского поезда по  $i$ -му участку рассчитываются исходя из:

- расходной ставки на один вагоно-час пассажирского движения ( $e_{вч}$ );
- расходной ставки на один вагоно-час в движении пассажирского движения ( $e_{вч}^{дв}$ );
- расходной ставки на один электровагоно-час пассажирского движения ( $e_{эч}$ );
- расходной ставки на один бригадо-час электровагонных бригад пассажирского движения ( $e_{бч}$ );
- среднего состава  $j$ -го пассажирского поезда в вагонах на  $i$ -м участке ( $m_b^{ij}$ );
- коэффициента, учитывающего время внепоездной работы электровагона  $j$ -го пассажирского поезда на  $i$ -м участке ( $\alpha_3^{ij}$ );
- коэффициента, учитывающего время внепоездной работы электровагонной бригады  $j$ -го пассажирского поезда на  $i$ -м участке ( $\beta_3^{ij}$ ).

$$C_{п-ч}^{ij} = f \left( e_{вч}, e_{вч}^{дв}, e_{эч}, e_{бч}, m_b^{ij}, \alpha_3^{ij}, \beta_3^{ij} \right). \quad (4)$$

При расчете по приведенной методике экономической эффективности организации скоростного движения пассажирских поездов по магистрали Красное – Минск – Брест с максимально допустимой скоростью 160 км/ч были получены следующие результаты:

- сокращение суммарного времени нахождения пассажирских поездов на направлении на 45,8 ч, что позволяет пассажирам пересекать территорию Республики Беларусь менее чем за 5 ч;
- сокращение годовых эксплуатационных расходов на организацию скоростного пассажирского движения на направлении на 553,6 тыс. дол. США;
- увеличение доли эксплуатационных расходов, относимых на затраты энергии на передвижение (поездо-км) пассажирских поездов при одновременном уменьшении доли расходов, связанных с перемещением его по времени (поездо-часы), в общей структуре эксплуатационных расходов.

Кроме этого, может быть достигнут определенный социальный эффект, реализуемый в народном хозяйстве за счет создания дополнительных рабочих мест при производстве реконструктивных и строительных работ, а также при разработке и создании подвижного

состава нового поколения, что обеспечит сокращение выплаты государственных пособий по безработице, затрат на переподготовку кадров и увеличение поступлений в бюджетные и внебюджетные фонды за счет отчислений по оплате труда, а также по налогу на добавленную стоимость на реализуемую продукцию.

Экологический эффект от организации скоростного пассажирского движения реализуется за счет уменьшения загрязнения атмосферы при освоении прироста перевозок в сравнении с автомобильным и воздушным транспортом.

Таким образом, организация скоростного пассажирского движения приведет:

- к повышению комфортности и безопасности пассажирских перевозок, сокращению времени следования пассажиров в пути, привлечению пассажиропотока на железнодорожный транспорт, сокращению убыточности пассажирских перевозок и негативного воздействия транспорта на экологию;
- разработке новых образцов подвижного состава и элементов инфраструктуры, комплексных систем диагностики и мониторинга объектов инфраструктуры и подвижного состава;
- внедрению новых инновационных технологий и оборудования, обеспечивающих надежность и безопасность эксплуатации новой техники;
- повышению конкурентоспособности железнодорожных услуг на международном транспортном рынке и формированию взаимовыгодных условий для интенсификации сотрудничества с зарубежными партнерами;
- стимулированию роста научно-технического и интеллектуального потенциала страны и промышленного сектора экономики.

#### Список литературы

- 1 Бухгалтерский учет на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / В. Г. Гизатуллина [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 511 с.
- 2 Гончарук, О. В. Экономическая эффективность транспортно-технологических систем : учеб.-метод. пособие / О. В. Гончарук. – М. : Наука, 2012. – 122 с.
- 3 Государственная программа развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы.
- 4 Иловайский, Н. Д. Сервис на транспорте (железнодорожном) : учеб. для студентов вузов ж.-д. трансп. / Н. Д. Иловайский, А. Н. Киселев. – М. : Маршрут, 2003. – 585 с.
- 5 Кочнев, Ф. П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте : учеб. для студентов вузов / Ф. П. Кочнев. – М. : Транспорт, 1980. – 496 с.
- 6 Белорусская железная дорога [Электронный ресурс] : офиц. сайт – Режим доступа: <http://rw.by>. – Дата доступа : 17.03.2017.
- 7 Себестоимость железнодорожных перевозок : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Н. Г. Смехова [и др.] ; под ред. Н. Г. Смеховой и А. И. Купорова. – М. : Маршрут, 2003. – 494 с.

Получено 17.04.2017

**D. F. Asipenka.** Assessment of economic efficiency of the organization of the high-speed movement of passenger trains.

The main components of economic efficiency of organizations of the high-speed movement of passenger trains and factors influencing its assessment are considered in the article. The technique of a cost assessment of results of work of the railway line at the organization of the high-speed movement is given. Results of calculation for the given technique of economic efficiency of the organization of the high-speed movement of passenger trains on a highway of Krasnoye – Minsk – Brest are considered.

УДК 656.22

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

## ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МЕСТНОЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКОВ И УЗЛОВ

Рассмотрены актуальные проблемы организации оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов. Предложено определение динамической модели применительно к объекту и предмету исследования. Установлена роль и функции динамической модели при реализации управленческих процедур – планирования, регулирования и контроля перевозочного процесса. Представлена концепция динамической модели перевозочного процесса. Установлены требования к динамической модели и описаны ее объекты. Обоснованы применяемые подходы. Установлены аналитические зависимости. Решение задач исследования осуществлялось с использованием теории систем, методов теории множеств, теории управления, теории вероятностей.

**Б**елорусская железная дорога имеет устойчивое положение на рынке транспортных услуг. Продолжается активная интеграция в евроазиатские транспортные системы, наблюдаются позитивные тенденции для увеличения транспортной работы. При этом происходят процессы колебания и перераспределения эксплуатационной нагрузки между объектами железнодорожной инфраструктуры, связанные с сезонностью перевозок отдельных категорий грузов, наличием большого числа разовых отправок, логистической связью между системой управления грузовыми потоками и технологией работы смежных видов транспорта, грузовых терминалов, предприятий.

В структуре оборота вагона операции, относящиеся к местной работе, как правило, сопоставимы или превосходят суммарную продолжительность всех остальных операций перевозочного процесса. На Белорусской железной дороге в последнее десятилетие наблюдается тенденция к повышению удельного веса этого показателя, что обусловлено увеличением числа собственников эксплуатируемых вагонов, проведением мероприятий по экономии производственных ресурсов, экономической выгодой для железной дороги в увеличении продолжительности простоя вагонов на балансе клиентов (для недефицитного подвижного состава).

Оперативное планирование является одной из функций оперативного управления. Для решения задач по осуществлению и оптимизации местной работы железнодорожных участков и узлов производится планирование:

- процесса образования местных поездов на технических станциях;
- операций с местными вагонами на промежуточных станциях;
- процесса продвижения местных поездов;
- мероприятий по обеспечению перевозок производственными ресурсами.

Комплексное планирование перечисленных процессов существенно влияет как на продолжительность оборота вагонов, приходящуюся на операции в районе местной работы, так и на затраты, связанные с ресурсообеспечением рассматриваемого технологического процесса, что, в свою очередь, влияет на показатели финансово-экономической деятельности железной дороги.

Предлагаемые автором подходы предусматривают решение задач оперативного планирования местной

работы железнодорожных участков и узлов в реальном масштабе времени на основе динамической модели перевозочного процесса с использованием методов оценки технологических рисков, обусловленных отклонениями автоматизированных прогнозов состояния перевозочного процесса от действительности.

Под динамическими моделями понимают теоретические конструкции, описывающие изменение (динамику) состояний исследуемого объекта. В данной работе, с учетом специфики решаемых задач, под динамической моделью  $W(t)$  понимается совокупность изменяемых во времени объектов и их свойств, позволяющих на основе формальных правил, описывающих взаимодействие объектов модели, прогнозировать состояние перевозочного процесса.

Необходимым условием для формирования динамической модели перевозочного процесса является наличие массива информации, отображающей последовательное изменение состояния перевозочного процесса при условии, что достоверность и своевременность предоставления такой информации обеспечивает заданную надежность моделирования:

$$p_{W t} = p_{\tau} W t \quad p_{\beta} W t \geq 1 - \varepsilon_m, \quad (1)$$

где  $p_{\tau} W t$  – вероятность автоматизированного решения моделируемой задачи с допустимой точностью;

$p_{\beta} W t$  – вероятность автоматизированного решения моделируемой задачи за время, не превышающее допустимое;  $\varepsilon_m$  – максимально допустимый уровень погрешности моделирования.

Динамическую модель перевозочного процесса составляют два вида информации:

– условно-постоянная, включающая информационную модель железнодорожной инфраструктуры и взаимосвязанных объектов, нормативно-справочную информацию и формализованное математическое обеспечение функционирования модели;

– переменная, включающая отображение состояния динамических объектов железнодорожного транспорта с целью вычисления (прогнозирования) перспективных состояний перевозочного процесса для использования полученных результатов в качестве исходных данных в

системе оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов.

Взаимосвязь управленческих процедур при использовании динамической модели перевозочного процесса представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Динамическая модель в структуре управления перевозочным процессом

Применение динамической модели перевозочного процесса должно обеспечивать:

- прогнозирование с заданной точностью состояния местной работы железнодорожных участков и узлов;
- установление нормативов перевозочного процесса на основе результатов моделирования;
- универсальность используемых подходов для моделирования состояний технологических процессов, связанных с местной работой, для различных железнодорожных участков и узлов;
- возможность автоматизированной реализации разработанных алгоритмов в процессе оперативного планирования;
- возможность адаптации автоматизированных решений в применяемых на железнодорожном транспорте информационных системах при максимальном использовании существующих баз данных, программных и аппаратных средств.

Динамическая модель перевозочного процесса для решения задачи автоматизированного оперативного планирования местной работы предусматривает декомпозицию железнодорожного полигона на зоны (районы), представленные на рисунке 2.

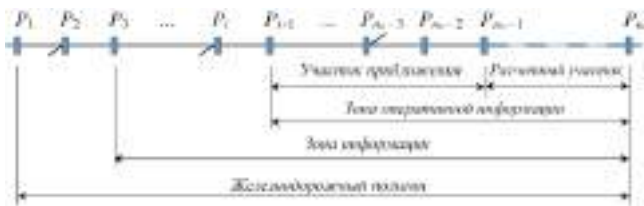


Рисунок 2 – Декомпозиция железнодорожного полигона

На железнодорожном полигоне выделены:

1) зона информации – полигон железной дороги, отображаемый автоматизированными системами в объ-

еме разработанной динамической модели перевозочного процесса. Зона информации определяется используемыми информационными системами и техническими средствами;

2) зона оперативной информации – полигон железной дороги, отображаемый и моделируемый автоматизированными системами для решения задачи планирования местной работы на рассматриваемом железнодорожном участке или в узле (включает участок приближения и расчетный железнодорожный участок или узел). Зона оперативной информации устанавливается на основе расчетной длины участка приближения;

3) участок приближения к рассматриваемому железнодорожному участку или узлу – непосредственно прилегающий к рассматриваемому железнодорожному участку или узлу полигон железной дороги, совпадающий по внешнему контуру с зоной оперативной информации. Длина участка приближения устанавливается расчетом и численно равна длине полигона информации;

4) расчетный (рассматриваемый, исследуемый) железнодорожный участок или узел – полигон железной дороги, для которого решается задача автоматизированного оперативного планирования местной работы (является внутренней частью зоны оперативной информации).

Концептуально динамическая модель перевозочного процесса, предназначенная для решения задачи оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов, представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Концепция динамической модели перевозочного процесса

Объектами динамической модели перевозочного процесса  $W(t)$  являются (рисунок 4):

- объекты инфраструктуры  $W_6$ : перегоны (участки), станции (и их подсистемы, включая грузовые пункты). Данные объекты выступают параметрами при структурировании динамической базы данных  $W_6$ , а также являются исходными данными в процессе расчета прогноза  $W_п$ ;
- динамические объекты  $W_d(t)$ : вагонный парк, локомотивный парк, объекты технологического обеспечения перевозочного процесса. Объекты данного типа являются параметрами при расчете прогнозного состояния перевозочного процесса  $W_п$ .



Рисунок 4 – Структурирование объектов динамической модели перевозочного процесса

Приведенное формализованное описание объектов модели позволяет широко использовать математические подходы и методы для решения задачи прогнозирования состояния перевозочного процесса в заданном периоде оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов.

Для дальнейшей формализации процесса оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов важным обстоятельством является тот факт, что продвижение местного вагонопотока неразрывно связано с продвижением транзитного вагонопотока, так как многие технологические операции (обработка по прибытии, по отправлению, расформирование и другие) выполняются совместно и оказывают взаимное влияние на общую продолжительность их выполнения.

Также следует учитывать, что процессы погрузки и выгрузки вагонов, являясь основными операциями местной работы, имеют между собой ряд принципиальных отличий. Погрузка является начальной операцией перевозочного процесса, и ее нелокальность обусловлена в основном широкой дислокацией порожних вагонов, которые запланированы для использования под погрузку на исследуемом полигоне (участке, узле). При этом порожние вагоны чаще всего доставляются на станцию погрузки с существенным запасом времени по отношению к началу выполнения грузовых операций. Выгрузка является конечной операцией перевозочного процесса. Вагонопоток, следующий под выгрузку на расчетный полигон, в момент разработки оперативного плана широко дислоцирован на железнодорожной сети, описывается большим числом технологических состояний и трудно формализуемых ограничивающих условий.

Местный вагонопоток в железнодорожных узлах, как правило, перерабатывается (обрабатывается, накапливается, формируется в поезда) на узловой технической станции, в задачи которой входит обслуживание узловых станций и прилегающих участков. При нали-

чии в железнодорожном узле нескольких технических станций, перерабатывающих местный вагонопоток, такой узел можно условно разделить на полигоны, каждый из которых обслуживается одной (прикрепленной) станцией или несколькими (как правило двумя) техническими станциями по аналогии с обслуживанием железнодорожных участков.

С позиции местной работы железнодорожные участки обслуживаются:

- техническими станциями, ограничивающими участок, в том числе и одной технической станцией, если участок тупиковый или план формирования поездов предусматривает прикрепление всего участка только к одной станции;
- техническими станциями, обслуживающими соседние участки при формировании местных поездов на удлиненные (сдвоенные) участки.

Таким образом, исследуемый железнодорожный полигон можно представить в виде двух взаимодействующих элементов:

- обслуживающей системы, обеспечивающей переработку и формирование местных поездных назначений и подач на грузовые пункты технической станции;
- обслуживаемой системы – узловых и линейных станций, а также пунктов местной работы обслуживающей станции.

Результаты моделирования местной работы железнодорожных участков и узлов должны представляться в некоторых срезях технологических цепей – точках контроля – с учетом следующих условий:

- количество точек контроля не должно быть менее постоянных точек регулирования перевозочного процесса;
- избыточное количество точек контроля способно снизить показатели труда человека-оператора в эргатической системе;
- для планирования и осуществления регулировочных мероприятий недостаточно установления факта, что с вагоном выполняется  $i$ -я операция, так как она может иметь значительную, и в том числе вероятностную, продолжительность. Следовательно, необходимо в качестве точек контроля иметь планируемые (прогнозные) или фактически исполненные моменты времени, соответствующие началу и (или) завершению выполнения операции.

В результате точками (моментами) контроля производства технологических операций для автоматизированного оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов выбраны (рисунок 5):

- $z_{k1}$  – поступление вагона на расчетный железнодорожный участок или в узел: прибытие вагона на техническую станцию в составе поезда или в составе группы убранных вагонов с пунктов местной работы станции;
- $z_{k2}$  – начало погрузки вагона (завершение подачи порожнего вагона к грузовому пункту);
- $z_{k3}$  – завершение погрузки вагона;
- $z_{k4}$  – начало выгрузки вагона (завершение подачи груженого вагона к грузовому пункту);
- $z_{k5}$  – завершение выгрузки вагона.

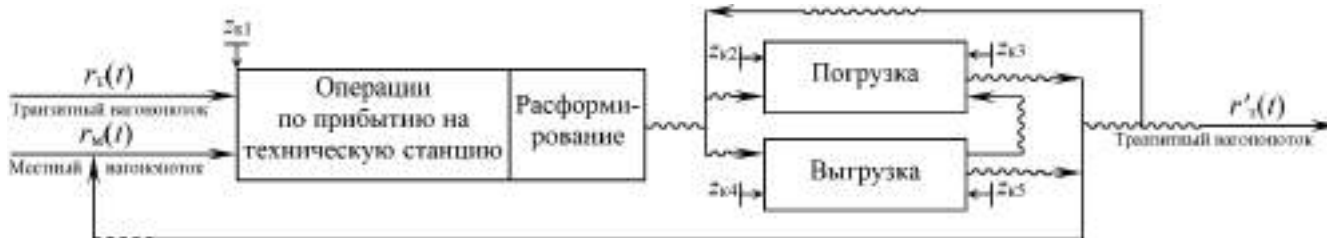


Рисунок 5 – Точки контроля технологических операций

Планирование местной работы по установленным точкам контроля  $z_{ki}$  находится в согласованности с применяемой на железнодорожном транспорте технологией и обеспечивает оптимальный уровень взаимодействия в человеко-машинной системе для обеспечения планирования с необходимой для практических целей точностью.

Разработанная динамическая модель перевозочного процесса является базисом для комплексного автоматизированного планирования местной работы в реальном масштабе времени. Установленные условия формирования динамической модели и ее структура позволяют реализовать намеченные задачи на основе существующих на железнодорожном транспорте информационно-аналитических систем управления перевозочным процессом.

#### Список литературы

1 СТП БЧ 09150.15.073–2008. Порядок планирования поездной и грузовой работы Белорусской железной дороги, составления и контроля за выполнением суточных и сменных планов деятельности отделений дороги и станций. – Минск : Бел. ж. д., 2008. – 28 с.

2 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.

Получено 12.12.2016

**О. А. Tereshchenko.** Researched actual problems of the organization of operational planning of local work of railway sections and units.

A definition of the dynamic model in relation to the object and subject of research. The role and function of the dynamic model in the implementation of administrative procedures – planning, management and monitoring of the transportation process. The concept of a dynamic model of the transportation process. Established the requirements for the dynamic model and described its objects. Substantiates the approaches. Analytical dependences. Problem solving was carried out on the approaches of systems theory, methods of set theory, control theory, scheduling theory, probability theory.

3 Долгополов, П. В. Удосконалення управління потоками у транспортному вузлі за допомогою апарату нечітких нейронних мереж / П. В. Долгополов, В. В. Петрушов // Східноєвропейський журнал передових технологій. – Харків. – 2009. – Вип. 1. – С. 40–42.

4 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, г. Москва. – М. : ОАО «НИИАС», 2013. – С. 80–82.

5 Кузнецов, В. Г. Модель разработки заданий в суточном плане эксплуатационной работы Белорусской железной дороги / В. Г. Кузнецов, И. А. Войтехнович, Т. В. Пильгун // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2010. – № 2 (21). – С. 51–56.

6 Терещенко, О. А. Математическая модель эксплуатационной нагрузки на железнодорожный полигон в районе местной работы / О. А. Терещенко // Transportas (Transport Engineering). Vol XIV. – Vilnius : Technika, 2007. – С. 80–73.

7 Kazakov, N. Imitating modeling groups of multimodal cargo lines with participation of a sailing charter. / N. Kazakov // Transportas (Transport Engineering). – Vol. XIV. No 3. – Vilnius : Technika, 2006. – P. 74–82.

УДК 656.222.3 : 656.212.5

*А. А. АКСЁНЧИКОВ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

## СТРУКТУРА И ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОДСИСТЕМ, УЧАСТВУЮЩИХ В ОБСЛУЖИВАНИИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА СТАНЦИЯХ ПЕРЕДАЧИ ВАГОНОВ

Станция передачи вагонов представляется как сеть подсистем (парков) массового обслуживания транспортного потока (поездов) и их тесное взаимодействие друг с другом в эксплуатационной работе. Приведены примеры на конкретных железнодорожных станциях по структуре и взаимодействию подсистем, участвующих в обслуживании вагонопотоков.

Показано влияние технологических каналов на время обслуживания поездов в подсистемах станции передачи вагонов. Предложены мероприятия по ускорению обслуживания транспортного потока в подсистемах станции передачи вагонов.

**В** транспортных сетях постоянно передвигаются различные потоки (поезда, локомотивы, вагоны), которые изменяют состояние технологических систем и подсистем (железнодорожных участков, станций, парков). При увеличении потока в какой-то промежуток времени может наступить задержка в работе одних систем (подсистем), которые вызывают соответствующие изменения в других системах (подсистемах).

Для каждой системы (подсистемы) формируется величина задержки поступающего потока ( $t_3$ ), которая в случае надежной работы равна нулю, а в случаях полного заполнения путей парка имеет конкретное численное значение. Среднее значение задержки поступающего потока (поездов)

$$\bar{t}_3 = \frac{\sum N_3 t_3}{\sum N_3}, \quad (1)$$

где  $\sum N_3$  – число задержанных поездов;  $\sum N_3 t_3$  – сумма поездочасов простоя в ожидании приема задержанных поездов за анализируемый период.

Отдельные парки, как и железнодорожные станции в целом, тесно взаимодействуют в эксплуатационной работе с прилегающими железнодорожными участками и друг с другом.

По прибытию поезда на СПВ с ним выполняются последовательно (параллельно-последовательно) операции по прибытию (парк приема), расформированию (сортировочная горка), окончанию формирования накопленных составов поездов (сортировочный парк, вытяжные пути) и операции по отправлению (парк отправления). Соответственно функционирование СПВ и прилегающих железнодорожных участков можно представить в виде сети, состоящей из шести последовательных систем массового обслуживания:

- по обработке состава поезда по прибытию;
- расформированию состава;
- накоплению на путях сортировочного парка;
- окончанию формирования состава;
- обработке состава поезда по отправлению;
- отправлению (парк отправления – прилегающие железнодорожные участки, на которые отправляются поезда).

Некоторые из перечисленных операций могут выполняться параллельно [работа в парке прибытия (отправления) технологического канала, состоящего из двух и более бригад, каждая из которых обрабатывает соответственно 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. В случае их обработки совместно с составами своего формирования одними и теми же технологическими каналами (бригады ПТО, ПКО, работники СТЦ, сотрудники органов пограничной службы и должностные лица таможи) остается одна система обработки по прибытию (отправлению). Если на СПВ имеется специализированный парк для транзитных поездов, обрабатываемых отдельными технологическими каналами, то появляется дополнительная система обслуживания. Таким образом, кроме ряда последовательных систем массового обслуживания, сеть систем в зависимости от схемы СПВ и принятой технологии ее работы может включать и ряд параллельных систем обслуживания. Конфигурация сети и состав ее систем должны рассматриваться применительно к конкретным схемам СПВ с учетом особенностей их работы.

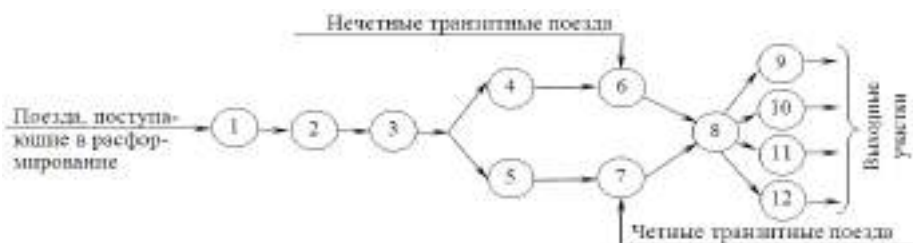
Для железнодорожных станций сеть подсистем обслуживания может состоять из совокупности последовательно и параллельно действующих подсистем обслуживания.

На основании изученной инфраструктуры 47 железнодорожных станций Белорусской железной дороги разработана типовая схема сети подсистем обслуживания, имитирующая работу железнодорожной станции, которая может состоять из 12 (или меньше) последовательно и параллельно действующих подсистем (рисунок 1).

Все поезда (четные и нечетные), поступающие в расформирование, образуют единый входящий поток, поступающий на обслуживание в подсистему 1 (парк приема). В парке приема параллельно ведется обработка составов технологическими каналами ПТО, ПКО, СТЦ и обработка документов в СТЦ. Выходящий из подсистемы 1 поток составов является входящим потоком для подсистемы 2 (сортировочная горка). В подсистеме 2 расформируются составы.

Совокупность моментов окончания расформирования на сортировочной горке составов с замыкающими группами или моментов завершения накопления определяет собой входящий поток для подсистемы 3 формирования (пути сортировочного парка).





Условные обозначения:

- 1 – парк приема; 2 – сортировочная горка; 3 – пути сортировочного парка; 4, 5 – вытяжные пути; 6, 7 – приемо-отправочные парки; 8 – подсистема обеспечения локомотивами; 9–12 – прилегающие железнодорожные участки

Рисунок 1 – Типовая схема сети подсистем массового обслуживания СПВ

При специализации районов работы маневровых локомотивов и прикреплении группы сортировочных путей к определенному вытяжному пути образуется несколько (по числу работающих локомотивов) одноканальных систем массового обслуживания. Так, при работе на двух специализированных вытяжных путях стрелочной горловины сортировочного парка двух локомотивов следует рассматривать две одноканальные системы (4 и 5). Входящий поток для каждой системы в отдельности определяется совокупностью моментов завершения накопления составов на группе путей, прикрепленных к данному вытяжному пути (локомотиву). Вместе с тем подсистема не будет многоканальной в связи с ограничением одновременного доступа двух маневровых локомотивов на один и тот же пучок путей сортировочного парка, выходящих на один вытяжной путь.

Выходящие из подсистем 4 и 5 потоки сформированных составов соединяются в приемо-отправочных парках с потоком транзитных поездов. Этот общий поток составов поездов (транзитных и своего формирования) поступает в подсистемы 6 и 7 (обработка в приемо-отправочных парках составов технологическими каналами ПТО, ПКО, СТЦ и пограничной службой). По окончании обработки составов поездов технологическими каналами выходящие из подсистем 6 и 7 потоки составов поступают в подсистему 8 «обеспечения локомотивами». После прицепки поездных локомотивов составы поездов поступают в соответствующие подсистемы отправления 9–12 (отправление поездов на железнодорожные участки).

На основании типовой сети подсистем массового обслуживания (см. рисунок 1) построены схемы сети подсистем обслуживания, имитирующие работу односторонней СПВ Молодечно и двусторонней СПВ Гомель (рисунки 2 и 3).

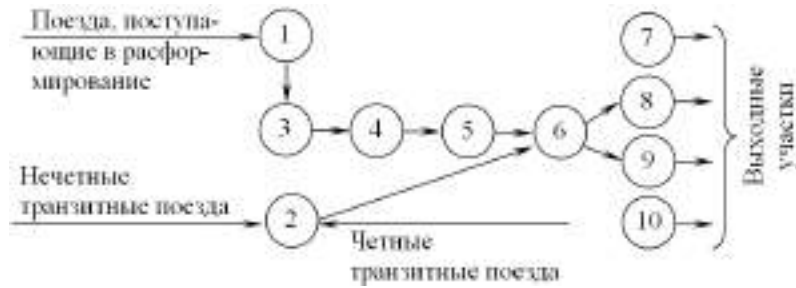
Из приведенных рисунков 1–3 видно, что прилегающие железнодорожные участки и СПВ представляют собой совокупность взаимозависимых подсистем массового обслуживания, в которой выходящий поток из данной подсистемы является входящим потоком для последующей подсистемы. Например, выходящий поток составов поездов после обработки технологическими каналами в парке приема является входящим потоком для системы расформирования. Если технические параметры или технология работы какой-либо подсистемы меняются, то это оказывает влияние и на работу других подсистем. Так, если вместо одnogруппового обслуживания составов поездов, поступающих в расформирование, ввести двухгрупповую и ускорить их обработку, то это скажется на выходящем из подсистемы обработки

потоке поездов, являющемся входящим для подсистемы расформирования, условия работы которой тоже изменятся. Следует учитывать также технологическую связь между отдельными подсистемами СПВ. Например, увеличение мощности сортировочной горки на СПВ может повлечь перераспределения работы между сортировочной горкой и вытяжными путями формирования и повлиять на потребное число маневровых локомотивов. Различным будет при этом в разных вариантах потребное число путей в парках и т.д.

Таким образом, при выборе оптимальных параметров технического оснащения и технологии работы необходимо рассматривать всю СПВ в целом, т.е. должен соблюдаться системный подход к решению задачи.

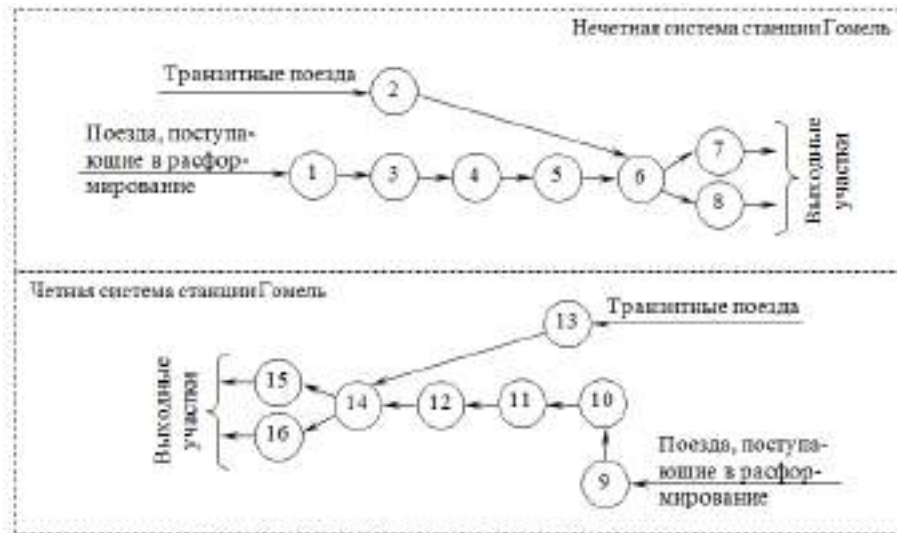
При заданной же мощности обслуживающих устройств и принятой технологии работы выходящие потоки будут вполне определенными, что позволяет рассматривать работу каждой подсистемы изолированно от работы других подсистем. Применительно к СПВ это возможно лишь при достаточном уровне развития отдельных парков, исключающем взаимную блокировку подсистем. Так, например, число путей в парках отправления должно обеспечивать беспрепятственную перестановку сформированных составов из сортировочного парка. В свою очередь число путей в сортировочном парке должно быть таким, чтобы исключалось их переполнение, вызывающее перерывы в роспуске составов на сортировочной горке [1].

В работе СПВ существуют постоянные технологические и информационные взаимосвязи между объектами: входными и выходными железнодорожными участками, парками, сортировочными устройствами, технологическими каналами (бригады ПТО, ПКО, работники СТЦ, сотрудники органов пограничной службы и должностные лица таможи). Технологические процессы этих объектов не всегда согласованы, что приводит к задержкам обработки вагонов и составов. Например, производительность технологических каналов (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 прибытии. Состав может быть подготовлен к роспуску и простаивать в его ожидании, если сортировочная горка не освободилась от расформирования ранее прибывших и подготовленных к расформированию поездов. Подобные межоперационные простои возможны практически перед выполнением любой технологической операцией.



Условные обозначения:  
 1 – приемо-отправочные пути парка А; 2 – приемо-отправочный парк Б; 3 – сортировочная горка; 4 – пути сортировочно-отправочного парка; 5 – вытяжной путь; 6 – подсистема обеспечения локомотивами; 7–10 – прилегающие железнодорожные участки

Рисунок 2 – Схема сети подсистем СПВ Молодечно



Условные обозначения:  
 - нечетная система железнодорожной станции Гомель: 1 – приемо-отправочный парк А; 2 – приемо-отправочный парк Б; 3 – сортировочная горка; 4 – пути сортировочно-отправочного парка С; 5 – вытяжной путь; 6 – подсистема обеспечения локомотивами; 7, 8 – прилегающие железнодорожные участки;  
 - четная система железнодорожной станции Гомель: 9 – Бахмачский приемо-отправочный парк; 10 – сортировочная горка; 11 – пути сортировочно-отправочного парка С; 12 – вытяжной путь; 13 – Западный парк; 14 – подсистема обеспечения локомотивами; 15, 16 – прилегающие железнодорожные участки

Рисунок 3 – Схема сети подсистем двухсторонней СПВ Гомель

С технологической точки зрения необходимо стремиться к уменьшению или ликвидации межоперационных простоев, однако экономически это не всегда оправдано, поскольку требует значительных затрат на увеличение пропускной (перерабатывающей) способности объектов СПВ. Поэтому за оптимальную величину простоя вагонов должна быть принята величина, соответствующая оптимальному варианту технологии и технического оснащения СПВ, т. е.  $t_{\text{опт}} = \{ t_i \}$ , при котором комплексный критерий эффективности, принятый для сравнения вариантов, имеет минимальную величину.

В оперативных условиях задачей управления станционными процессами является ускорение выполнения операций, сокращение межоперационных простоев и общего простоя вагонов в целом. Однако сокращение простоя вагонов на СПВ не должно приводить к ухудшению показателей работы других систем транспорта. Например, сокращение времени

нахождения вагонов на СПВ не должно приводить к снижению участковой скорости на прилегающих к СПВ железнодорожных участках. Принципы системного, комплексного подхода к работе транспортных систем являются главными. В конечном итоге улучшение работы СПВ, сокращение простоя вагонов должно способствовать улучшению экономических показателей железнодорожного транспорта.

В пятидесятых годах XX века в трудах профессоров И. Г. Тихомирова и А. И. Платонова были сформулированы требования к пропускной (перерабатывающей) способности сортировочных станций, исходя из обеспечения переработки поездопотока по периодам суток. Эти требования получили название «условий взаимодействия» основных парков железнодорожной станции между собой и с прилегающими железнодорожными участками. В последующие годы взаимодействие станционных процессов стали изучать на основе современных математических методов

(теории массового обслуживания) с обоснованием оптимальных вариантов технологии и пропускной (перерабатывающей) способности сортировочных железнодорожных станций. Для этого эффективно используются алгоритмы и программы моделирования станционных процессов на ЭВМ [2].

**Система массового обслуживания** включает в себя следующие четыре элемента:

1 *Входящий поток требований*, поступающих в систему для обслуживания. Примером такого потока требований является поток поездов, прибывающих в те или иные парки железнодорожной станции. Входящий поток определяется совокупностью моментов поступления требований в систему и наиболее полно характеризуется законом распределения интервалов между этими моментами. Для практических расчетов достаточно знать следующие его числовые характеристики:

– среднюю интенсивность входящего потока

$$\lambda = 1 / I_{\text{cp}}^{\text{вх}}, \quad (2)$$

где  $I_{\text{cp}}^{\text{вх}}$  – среднее значение интервалов между моментами поступления требований в систему;

– коэффициент вариации интервалов между моментами поступления требований в систему

$$\nu_{\text{вх}} = \sigma[I^{\text{вх}}] / I_{\text{cp}}^{\text{вх}}, \quad (3)$$

где  $\sigma[I]$  – среднее квадратичное отклонение интервалов от их среднего значения.

2 *Очередь*, образуемая в связи с ожиданием требований начала обслуживания. Примером такой очереди могут быть составы поездов, ожидающие выполнения с ними технологических операций.

3 *Обслуживающее устройство*. Примерами этих устройств могут являться технологические каналы, сортировочная горка, вытяжные пути формирования, железнодорожные участки, на которые отправляются поезда.

Обслуживающее устройство характеризуется:

– средней интенсивностью обслуживания

$$\mu = S / \bar{t}_{\text{обсл}}, \quad (4)$$

где  $\bar{t}_{\text{обсл}}$  – средняя длительность обслуживания;  $S$  – число каналов обслуживания.

– коэффициент вариации длительности обслуживания

$$\nu_{\text{обсл}} = \sigma[t_{\text{обсл}}] / \bar{t}_{\text{обсл}}, \quad (5)$$

где  $\sigma[t_{\text{обсл}}]$  – среднее квадратическое отклонение длительности обслуживания.

4 *Выходящий поток требований* (например, поезда, отправляемые с железнодорожной станции на железнодорожный участок), характеризуемый:

– средней интенсивностью выходящего потока

$$\lambda = 1 / I_{\text{cp}}^{\text{вых}}, \quad (6)$$

где  $I_{\text{cp}}^{\text{вых}}$  – средний интервал между моментами, когда требования покидают систему (между моментами завершения обслуживания);

– коэффициентом вариации интервалов между моментами, когда требования покидают систему,

$$\nu_{\text{вых}} = \sigma[I^{\text{вых}}] / I_{\text{cp}}^{\text{вых}}. \quad (7)$$

Коэффициент вариации случайной величины характеризует относительное ее отклонение от среднего значения. Коэффициент вариации  $\nu_{\text{вх}} = 0$ , когда все интервалы между моментами поступления требований в систему являются одинаковыми. В этом случае входящий поток требований является регулярным, а его распределение называется вырожденным. С увеличением  $\nu_{\text{вх}}$  увеличивается неравномерность поступления требований в систему. При  $\nu_{\text{вх}} = 1$  интервалы распределения характеризуются по показательному (экспоненциальному) закону, а входящий поток называется пуассоновским. С увеличением неравномерности поступления требований в систему (если  $\nu_{\text{вх}} > 1$ ) интервалы распределения характеризуются по гиперэкспоненциальному закону.

**Система «прилегающие железнодорожные участки – парк приема»**. *Входящий поток требований*. При схеме железнодорожной станции, когда все поезда (четного и нечетного направлений) принимаются и обрабатываются в одном парке приема, входящим потоком является совокупность моментов прибытия всех поездов (четных и нечетных) в расформирования.

*Интенсивность входящего потока*

$$\lambda = N_p / 24, \quad (8)$$

где  $N_p$  – число поездов, прибывающих за сутки в расформирование со всех направлений.

Неравномерность прибытия поездов в парк приема в расформирование вызывается неравномерностью зарождения этих поездов в пунктах формирования и условиях их продвижения к железнодорожной станции расформирования, прокладкой поездов для перевозки пассажиров на графике движения поездов, наличием в обращении на железнодорожных участках и расположением транзитных поездов, следующих через данную железнодорожную станцию без переработки, с которых поезда принимаются в данный парк для расформирования, качеством регулировки движения поездов диспетчерским аппаратом и рядом других факторов. Для определения коэффициента вариации интервалов между моментами прибытия поездов в парк приема  $\nu_{\text{вх}}$  необходимо произвести анализ интервалов между моментами последовательного прибытия всех поездов (четных и нечетных). Обычно этот коэффициент вариации ( $\nu_{\text{вх}}$ ) принимает значение от 0 до 1.

Для расчетов выбора способа организации работы парка приема и сортировочной горки  $\nu_{\text{вх}} = 0,7 \dots 0,8$ .

*Обслуживающее устройство*. Интенсивность обслуживания (при работе технологических каналов, состоящих из одной бригады)

$$\mu = 1/t_{\text{обсл}}, \quad (9)$$

где  $t_{\text{обсл}}$  – средняя длительность обслуживания одного состава технологическим каналом.

*Коэффициент вариации длительности обслуживания состава поезда* определяется по данным хрономет-

ражных наблюдений за работой технологического канала (каждая из ее групп) в парке приема.

**Загрузка системы.** При работе в парке одной бригады технологического канала (ПТО, ПКО, СТЦ, пограничной службы и таможи), состоящей из  $x$  групп, загрузка бригад  $\psi_{бр} = \lambda/\mu = N_p \tau m(24x)$ , а при работе двух бригад технологического канала, каждая из которых состоит из  $x$  групп,  $\psi_{бр} = \lambda/\mu = N_p \tau m(48x)$ .

**Пример расчета показателей работы системы.** В парке приема со всех направлений прибывает в расформирование  $N_p = 60$  поездов. Техническое обслуживание выполняет одна бригада из двух групп с головы и хвоста поезда. Средняя длительность технического обслуживания одного состава  $t_{обсл} = 0,36$  ч. Коэффициенты вариации  $v_{вх} = 0,8$ ,  $v_{обсл} = 0,2$ . Определить среднее для всех составов время ожидания технического обслуживания.

Загрузка бригады будет составлять

$$\psi_{бр} = N_p t_{обсл} / 24 = 60 \cdot 0,36 / 24 = 0,9.$$

При загрузке системы  $0,82 \leq \psi < 1$  среднее число составов, ожидающих начала технического обслуживания,

$$M[n_{оч}] = \frac{(7\psi - 1)(3\psi - 1)}{32\psi(1 - \psi)} [\psi(1 + v_{обсл}^2) + v_{вх}^2 - 1], \quad (10)$$

$$M[n_{обсл}^{оч}] = \frac{(7 \cdot 0,9 - 1)(3 \cdot 0,9 - 1)}{32 \cdot 0,9(1 - 0,9)} [0,9 \cdot (1 + 0,2^2) + 0,8^2 - 1] = 1,78,$$

а среднее время ожидания

$$t_{обсл}^{ож} = 24 M[n_{обсл}^{оч}] / N_p, \quad (11)$$

т. е.  $t_{обсл}^{ож} = 24 \cdot 1,78 / 60 = 0,71$ .

В процессе изучения и исследования технологии обработки поездов на СПВ Орша-Центральная, Молодечно, Брест-Восточный, Гомель, Витебск, Лида, Лунинец, Калинковичи, Полоцк, Брест-Северный было установлено количество технологических каналов, участвующих в обработке поездов международного сообщения, и среднее время, затрачиваемое на обслуживание грузового поезда (таблица 1).

**Таблица 1 – Технологические каналы и среднее время на обслуживание поездов международного железнодорожного сообщения**

Железнодорожная станция	Технологические каналы	Время	
		мин	ч
Орша-Центральная	4	115	1,9
Молодечно	9	290	4,8
Лида	7	195	3,3
Лунинец	8	200	3,3
Брест-Восточный	8	290	4,8
Брест-Северный	8	260	4,3
Гомель**	8	201	3,4
Калинковичи	8	210	3,5
Витебск	4	86	1,4
Полоцк*	9	150	2,5

\* Железнодорожная станция, на которой выполняется пограничный контроль.  
 \*\* Все грузовые поезда международного сообщения на железнодорожную станцию Гомель поступают в расформирование.

Из таблицы 1 видно, что количество технологических каналов, участвующих в обработке поездов международного сообщения, колеблется от 4 до 9. Проанализировав зависимость времени обработки поездов от количества технологических каналов на СПВ, можно сказать, что чем больше технологических каналов задействовано в обработке поезда, тем дольше он обрабатывается. Поэтому можно принять, что один из факторов, влияющих на продолжительность обработки поезда, – это количество технологических каналов. Хотя есть исключения, как, например, по СПВ Полоцк, где при 9 технологических каналах среднее время обработки международного поезда составляет 150 мин. Это значительно меньше, чем на СПВ с 7 и 8 технологическими каналами. Но всё зависит от рода перевозимого груза.

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 Российскую Федерацию или из неё.

Обработка транспортного потока (грузовых поездов) производится двумя линиями [3]. Одна линия, в которую входят технологические каналы работников ПТО, ПКО и пограничного контроля, обрабатывают поезда. Обработка информационного потока (перевозочных документов) производится другой линией, в которую входят технологические каналы СТЦ, пункта передачи вагонов, таможенного, ветеринарного и фитосанитарного контроля. Структурная схема взаимодействия технологических каналов при обслуживании поезда международного железнодорожного сообщения на СПВ Белорусской железной дороги приведена на рисунке 4.

Работа каждой линии выражается рядом временных параметров, от которых зависит производительность работы технологических каналов обслуживания и в конечном итоге пропускная способность СПВ.

Обработка поезда первой линией происходит сперва пограничным контролем, а потом сразу параллельно всеми технологическими каналами, а вот обработка второй линией перевозочных документов происходит последовательно каждым каналом (пока комплект перевозочных документов на поезд полностью не обработается одним каналом, другому они не передаются).

Проанализировав время, затрачиваемое каждым технологическим каналом на обработку транспортного потока и перевозочных документов, следует, что лимитирующими технологическими каналами являются пункт передачи вагонов (от 43 до 115 мин) и таможенного контроля (от 50 до 200 мин).

Для уменьшения времени обработки перевозочных документов предлагается введение частичной параллельности обработки перевозочных документов (первый технологический канал после обработки части перевозочных документов передает ее следующему технологическому каналу и так далее), что позволит уменьшить время на обработку перевозочных документов.

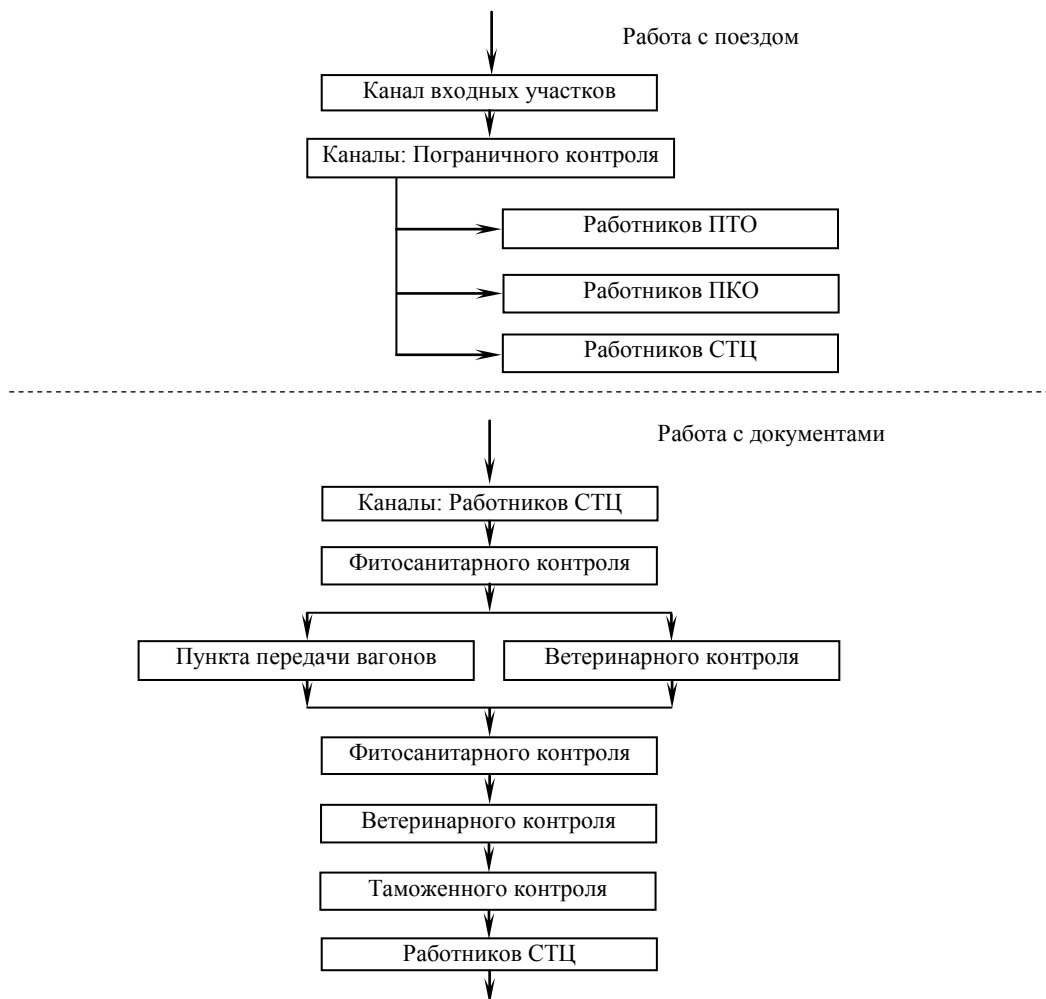


Рисунок 4 – Структурная схема взаимодействия технологических каналов при обслуживании поездов международного железнодорожного сообщения на СПВ Молодечно (прибывающих из Литвы)

Например, при внедрении новой технологии с частичной параллельностью обработки комплекта перевозочных документов на поезда международного сообщения, следующих через СПВ Молодечно, время обработки комплекта перевозочных документов уменьшится в интервале от 35 до 55 мин на каждый комплект перевозочных документов по различным технологическим графикам обработки грузовых поездов, и годовой экономический эффект составляет около 24 тыс. руб. [4].

#### Список литературы

1 Кочнев, Ф. П. Управление эксплуатационной работой железных дорог : учеб. пособие для вузов / Ф. П. Кочнев, И. Б. Сотников. – М. : Транспорт, 1990. – 424 с.

Получено 22.03.2017

**A. A. Aksyonchikov.** The structure and relationship of subsystems involved in servicing the transport stream transmission stations wagons.

Transfer station wagons seemed like a network of subsystems (parks) queueing traffic (trains) and their close interaction with each other in operational work. Examples of specific railway stations on the structure and interaction of the subsystems involved in servicing the working.

The influence of technological channels for maintenance of the trains in the station wagon transmission subsystems. Proposed activities to expedite traffic flow in the subsystems services transfer station wagons.

2 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / П. С. Грунтов [и др.]. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.

3 Аксёничков, А. А. Факторы, влияющие на время, затрачиваемое при обслуживании поездов и вагонов на международных передаточных железнодорожных станциях / А. А. Аксёничков // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2014. – № 1 (28). – С. 87–91.

4 Аксёничков, А. А. Уменьшения времени нахождения поездов международного сообщения на станциях передачи вагонов / А. А. Аксёничков, Е. А. Аксёникова // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2007. – № 1–2 (14–15). – С. 63–66.

## НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 620

*А. С. НЕВЕРОВ, доктор технических наук, О. Е. ПАНТЮХОВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, А. А. НЕВЕРОВА, Белорусская сельскохозяйственная академия, Могилевская обл., г. Горки*

### К ВОПРОСУ О ГРАФИЧЕСКОМ ОТОБРАЖЕНИИ ВЗАИМОСВЯЗИ МОДУЛЕЙ УПРУГОСТИ

На основе анализа уравнений связи, описывающих характеристические отношения между напряжением и деформацией, предложены варианты их графического отображения, позволяющие выделять группы материалов со сходным поведением под нагрузкой. Это может способствовать выбору материалов в экспериментах по моделированию с учетом масштабного фактора процессов деформации деталей сооружений и конструкций. Предложенные графические зависимости представляют удобный метод оценки модулей упругости и податливостей по известным экспериментальным значениям других модулей и податливостей.

**Введение.** Механические характеристики материалов являются основным критерием возможности их любого практического применения в строительных конструкциях. Для описания механического поведения изотропных упругих материалов достаточно знания трех взаимосвязанных модулей, т. е. характеристических отношений между напряжением и деформацией. Это объемный модуль  $K$ , характеризующий отношение гидростатического давления к объемной деформации, модуль упругости при сдвиге или жесткость  $G$ , определяемый как отношение сдвигового напряжения к деформации сдвига, и модуль Юнга  $E$ , оцениваемый по отношению растягивающего напряжения к деформации растяжения. Иногда используется еще одна характеристика упругих свойств материала – коэффициент Пуассона  $\nu$ , характеризующий отношение поперечного сжатия к продольной деформации. Все эти величины связаны друг с другом так называемыми «уравнениями связи». Однако производителей интересует не столько взаимосвязь этих характеристик, сколько возможность их расчета, с помощью этих уравнений. С другой стороны, материалы, близкие друг к другу по соотношению модулей упругости, но различающиеся по их абсолютной величине, ведут себя под действием соответствующей нагрузки сходным образом. Так, жесткие и хрупкие материалы горных пород под действием предельных напряжений пластически деформируются подобно полимерным материалам. Это позволяет моделировать механическое поведение таких материалов (как в построении виртуальной 3D, так и реальной модели возводимого сооружения путем их замены материалами менее прочными, но близкими по соотношению модулей упругости), которое невозможно оценить экспериментально из-за влияния масштабного фактора. Одной из наиболее распространенных тенденций в современной архитектуре является постепенное увеличение масштабов возводимых зданий, соответственно, увеличивается нагрузка на используемые строительные материалы. При этом учет масштабного фактора путем экспериментального моделирования приобретает существенное значение.

Целью статьи является отыскание вариантов графического отображения взаимосвязи модулей упругости, представляющих удовлетворительный способ решения обеих задач.

В работах [1, 2] предложен вариант систематизации машиностроительных материалов исходя из характер-

истических отношений между напряжением и деформацией, описывающих их поведение под нагрузкой. Использование уравнения связи между тремя модулями упругости (модулем Юнга  $E$ , модулем сдвига  $G$  и объемным модулем  $K$ ), а также коэффициентом Пуассона, показывает, что соотношение между ними может быть описано уравнением

$$\frac{\nu E}{9(1+\nu)K} + \frac{E}{3G} + \frac{2G}{9K} = 1, \quad (1)$$

которое включает три слагаемых (соответственно,  $A$ ,  $B$  и  $C$ ), представляющих собой соотношение модулей упругости в трех различных сочетаниях. Первое слагаемое

$A = \frac{\nu E}{9(1+\nu)K}$ , помимо того, зависит от коэффициента Пуассона. Вклад, вносимый в общую сумму каждым из слагаемых, можно выразить в долях единицы или в процентах.

Это позволило использовать концентрационный треугольник Розебума для анализа изменения вклада каждого из слагаемых в общую сумму при переходе от одного материала к другому.

На рисунке 1 представлена часть треугольной диаграммы, построенной в координатах слагаемых уравнения (1). В таблице 1 приведены данные, необходимые для ее построения. Кроме слагаемых уравнения (1) в таблице приведены величина суммы слагаемых и отклонение этой суммы от единицы, которое фактически отражает соответствие экспериментальных значений модулей упругости уравнениям связи. Из таблицы видно, что величина этого отклонения незначительна и в большинстве случаев составляет доли процента. Это свидетельствует о достаточной надежности этих экспериментальных данных.

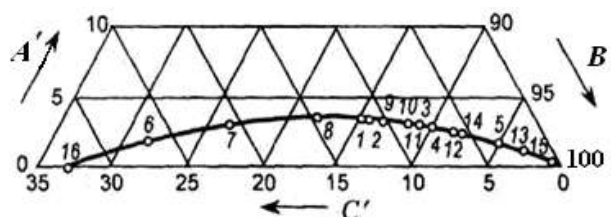


Рисунок 1 – Участок диаграммы, характеризующей соотношение модулей упругости. Номера точек на кривой соответствуют материалам в таблице 1 [2]

В работе [2] и в настоящем исследовании использованы данные о модулях упругости изотропных поликристаллических или аморфных тел (которые с определенным допущением можно рассматривать как упруго-изотропные), приведенные в источниках [3, 4]. В источниках [5, 6] приведены некоторые характеристики упругих свойств полимерных материалов. В работе Ван Кревелена [3] механические характеристики различных сред рассматриваются на при-

мере ряда материалов, экспериментальные значения модулей упругости которых определены в однопипных условиях и находятся в соответствии с известными уравнениями, связывающими их друг с другом и с другими физическими характеристиками. Это подтверждает высокий уровень достоверности приводимых данных, что и предопределяет преимущественное использование их в последующих расчетах.

Таблица 1 – Соответствие экспериментальных значений модулей упругости уравнениям связи [2]

В процентах

Материал	Уравнение				
	$A'=A/\Sigma$	$B'=B/\Sigma$	$C'=C/\Sigma$	$\Sigma = A + B + C$	$\Delta\Sigma =  1 - \Sigma $
1 Чугун	3,198	85,102	11,700	1,007	0,7
2 Мягкая сталь	3,221	85,267	11,512	1,000	0
3 Алюминий	2,736	89,072	8,192	1,007	0,7
4 Медь	2,584	90,025	7,391	0,998	0,2
5 Свинец	1,406	95,025	3,305	0,990	1,0
6 Кварц	1,872	71,231	26,897	0,996	0,4
7 Плавленный кварц	2,930	76,277	20,793	1,003	0,3
8 Стекло	3,379	81,865	14,756	0,997	0,3
9 Гранит	3,069	86,735	10,196	1,003	0,3
10 ПС	2,920	88,255	8,825	1,007	0,7
11 ПММА	2,779	88,857	8,364	1,004	0,4
12 ПА 6.6	1,996	92,301	5,733	0,998	0,2
13 ПЭНД	1,050	96,581	2,369	0,986	1,4
14 Эбонит	2,051	92,696	5,253	1,001	0,1
15 Резина	0,231	99,278	0,491	0,959	4,1
16 «Усы» оксида алюминия	0	66,678	33,322	1,000	0

Пользуясь тем же методом преобразования уравнений связи, можно оценить вклад в величину каждого модуля остальных характеристик упругих свойств материала. Обозначим М одну из четырех характеристик упругих свойств материалов (модули упругости и коэффициент Пуассона). Тогда уравнение, характеризую-

щее вклад в её значение трех остальных характеристик, можно записать так:

$$M = A + B + C. \quad (2)$$

Значения слагаемых этого уравнения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения слагаемых уравнения (2)

М	A	B	C
G	$A = \frac{E(3\nu - 2\nu^2 + 2)}{6(1 + \nu)^2}$	$B = \frac{K(1 - 2\nu)^2}{2(1 + \nu)^2}$	$C = \frac{(1 - 2\nu)(3K - E)}{6(1 + \nu)}$
$\nu$	$A = \frac{E^2 - 4EG + 4G^2}{18KG}$	$B = \frac{E(E - 2G)}{6G^2}$	$C = \frac{G(3K - 2G)}{9K(3K + G)}$
K	$A = \frac{E(2 + 3\nu - 2\nu^2)}{9(1 - \nu - 2\nu^2)}$	$B = \frac{4G\nu}{9(1 - 2\nu)}$	$C = \frac{2E\nu - 8G\nu + 2G}{9(1 - 2\nu)}$
E	$A = \frac{\nu K(1 - 2\nu)}{1 + \nu}$	$B = \frac{8G\nu}{3}$	$C = \frac{2G(6K + 5G)}{3(3K + G)}$

Используя концентрационный треугольник Розебу-ма, можно построить диаграммы, характеризующие вклад составляющих A, B и C в значения соответствующих характеристик упругих свойств материалов.

Полученные результаты приведены на рисунке 2.

Обращает внимание то, что, несмотря на существенные отличия в локализации и виде кривых, на графиках (рисунках 1 и 2) сохраняется последовательность расположения точек, относящихся к рассматриваемым материалам. Может изменяться только направ-

ление данной последовательности. Это является дополнительным подтверждением того, что для материалов, различающихся по природе и прочностным свойствам, может наблюдаться сходный характер изменения их упругих характеристик при нагружении, что может способствовать выбору материалов в экспериментах с учетом масштабного фактора.

В работах [1, 2] анализ графического отображения уравнения (1) позволил предложить оригинальный способ систематизации материалов по механическим свой-



ствам. Однако зависимости (1) и (2), полученные преобразованием уравнений связи, не позволяют однозначно судить о взаимосвязи характеристик упругих

свойств материалов, так как каждая из составляющих этих уравнений включает не менее двух из этих характеристик.

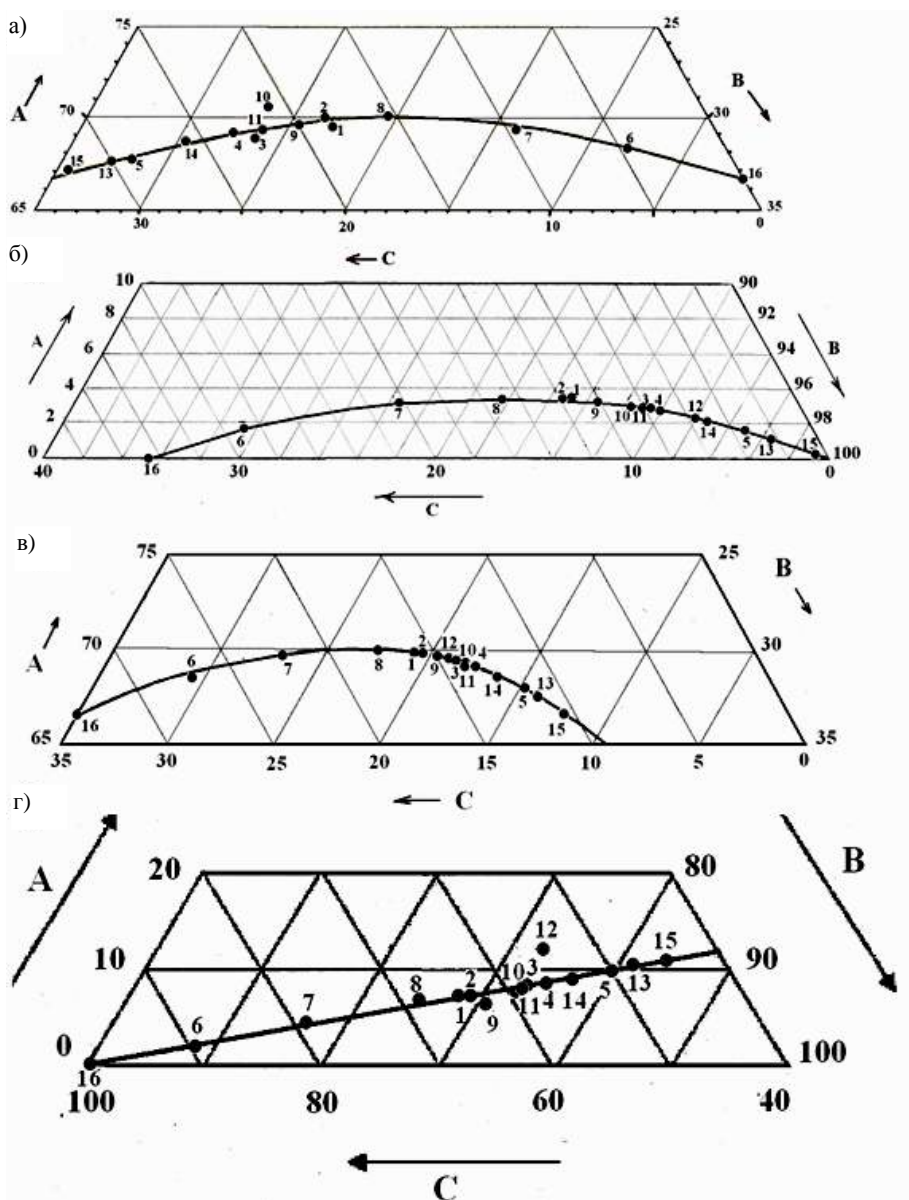


Рисунок 2 – Участки треугольных диаграмм, характеризующих вклад, %:  
*a* – в значение модуля сдвига; *б* – коэффициента Пуассона; *в* – объемного модуля; *г* – модуля Юнга слагаемых уравнений (2).  
 Точки обозначены согласно таблице 1

В работе [2] выведено уравнение (3), позволяющее однозначно оценить такую взаимосвязь:

$$\frac{1}{G} + \frac{1}{3K} = \frac{3}{E} \quad (3)$$

Однако большее практическое значение может иметь ее графическое отображение. На рисунке 3 приведены изолинии модуля сдвига в координатах объемного модуля и модуля Юнга.

Из графика видно, что при модуле сдвига, стремящемся к нулю, в этом же направлении смещается и модуль Юнга. Объемный модуль при этом смещается в сторону бесконечности. Учитывая практическую несжимаемость жидкостей, это явление находит экспериментальное подтверждение.

Поскольку величины, обратные модулям упругости, представляют собой податливость материала, можно данное уравнение привести к виду

$$j + k/3 = 3D, \quad (4)$$

где *j*, *k*, *D* – соответственно сдвиговая, объемная, упругая податливости.

Тогда взаимосвязь между ними можно показать с помощью номограммы (рисунок 4). На рисунке 4 показано, как использовать номограмму для нахождения искомой податливости по экспериментальным значениям двух других. Линейный характер зависимостей позволяет при необходимости экстраполировать их в область больших значений *k* и *D*.



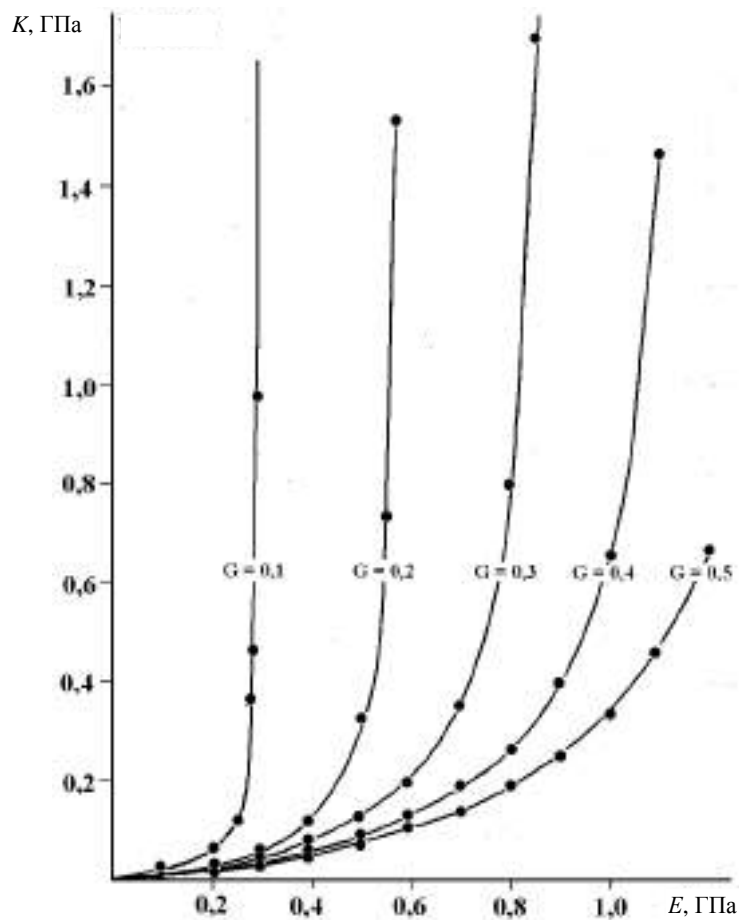


Рисунок 3 – Изолинии модуля сдвига ( $G$ ) в координатах двух остальных модулей упругости (объемного –  $K$  и Юнга –  $E$ )

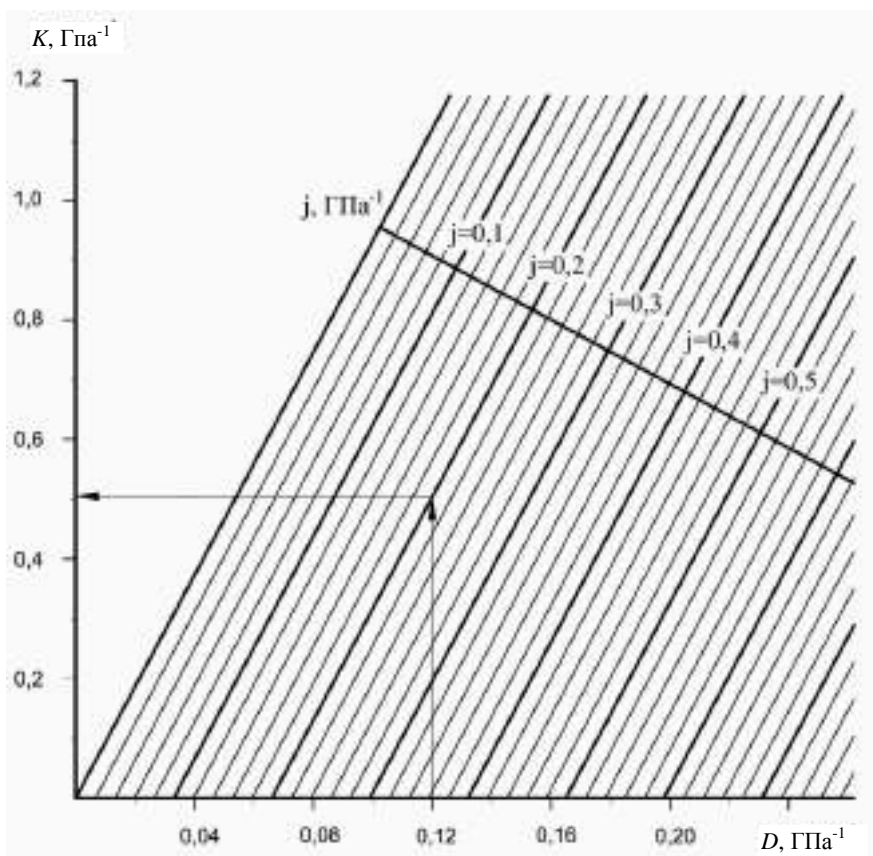


Рисунок 4 – Номограмма податливостей:  
 $D$  – упругая;  $k$  – объемная;  $j$  – сдвиговая

**Заключение.** Анализ диаграмм Розебума, построенных с использованием уравнений связи, описывающих поведение материалов под нагрузкой, показал, что на них имеет место определенная последовательность расположения точек, относящихся к рассматриваемым материалам и не зависящая от вида диаграмм. Это дает возможность, учитывая масштабный фактор, выбирать материалы со сходным поведением под нагрузкой в модельных экспериментах. Предложенные варианты графического отображения взаимосвязи характеристик упругих свойств материалов представляют удобный метод оценки их модулей упругости и податливостей по известным экспериментальным значениям других модулей и податливостей.

#### Список литературы

1 **Неверов, А. С.** Научные основы создания низкокомплесных машиностроительных материалов на базе термопла-

стов и ограниченно совместимых с ними жидкостей: дис. ... д-ра техн. наук / Ин-т механики металлопол. систем. – Гомель, 1993. – 42 с.

2 **Неверов, А. С.** Опыт систематизации материалов по их механическим свойствам / А. С. Неверов // Хімія: проблеми викладання. – 2008. – № 12 (93). – С. 14–21.

3 **Ван Кревелен, Д. В.** Свойства и химическое строение полимеров / Д. В. Ван Кревелен. – М. : Химия, 1976. – 416 с.

4 **Металловедение и термическая обработка стали :** Справочник. Т. 1. Методы испытаний и исследований / Под ред. М. Л. Бернштейна, А. Г. Рахштадта. – М. : Металлургия, 1991. – 462 с.

5 **Малкнн, А. Я.** Энциклопедия полимеров / А. Я. Малкнн. – М. : Советская энциклопедия. – 1974. – Т. 2. – С. 1032.

6 **Калиничев, Э. Л.** Свойства и переработка термопластов / Э. Л. Калиничев, М. Б. Саковцева. – Л. : Химия, 1983. – 288 с.

Получено 12.12.2016

**A. S. Neverov, O. E. Pantykhov, A. A. Neverova.** On the issue of graphical representation of the relationship of elastic moduli.

Based on the analysis of the coupling equations describing the characteristic relations between pressure and deformation, variants of their graphic display are offered, allowing to allocate groups of materials with similar behaviour under the pressure. It can contribute to the choice of materials during modelling experiments taking into account the scale factor of the deformation processes of the parts of structures and constructions. Suggested graphical dependences represent a convenient method for estimating the elasticity and compliance modules from the known experimental values of other modules and compliances.

УДК 539.3

*А. А. ПОДДУБНЫЙ, кандидат физико-математических наук, А. В. ЯРОВАЯ, доктор физико-математических наук  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЫСТРОВЗВОДИМЫХ МОСТОВ И ПЕРЕПРАВ

Рассмотрены перспективы применения быстровозводимых мостов и переправ. Предложено создать научно-исследовательскую лабораторию по изучению и проектированию быстровозводимых мостов и переправ на базе учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта». Определены основные направления деятельности предлагаемой лаборатории. Представлены решенные научно-практические задачи по совершенствованию и модернизации сборно-разборных мостовых конструкций. Оценены возможности подготовки специалистов.

**В**ведение. Мосты и переправы во все периоды истории человечества играли крупную и часто решающую роль в развитии транспортной инфраструктуры страны. При этом характер переправочно-мостовых средств, а также условий и способов их использования, естественно, изменялись в соответствии с развитием экономики и производительных сил человеческого общества.

В современных условиях возникновения локальных конфликтов, террористических угроз при ежегодно возникающих чрезвычайных ситуациях (наводнения, пожары, землетрясения, промышленные и транспортные аварии и т. д.) особое внимание необходимо обратить на развитие быстровозводимых мостов и переправ. Это единственный возможный способ открытия сквозного движения в короткое время на барьерном участке транспортной сети в случае его разрушения или временного строительства нового мостового перехода.

### Направления научных исследований.

Для продуктивной работы в области применения быстровозводимых мостов и переправ необходимо объединить опытных ученых, имеющих свои научные школы по проведению фундаментальных исследований, инженеров-мостовиков с опытом проектирования и строительства искусственных сооружений, материальную базу. Назрела необходимость создания научно-исследовательской лаборатории по изучению и проектированию быстровозводимых мостов и переправ на базе учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта».

Основные направления деятельности предлагаемой лаборатории:

- исследование требований к временному строительству мостовых переходов;
- геодезическое исследование барьерных участков на транспортной сети, проектирование искусственных сооружений с использованием разработанных методик и новых информационных технологий;
- применение современных табельных инвентарных конструкций временных мостов и переправ;
- обучение и подготовка кадров, способных решать оперативные и тактические задачи в интересах развития и безопасной эксплуатации транспортной инфраструктуры Республики Беларусь;

**Исследование требований к временному строительству мостовых переходов.** К временным мостам и переправам предъявляются соответствующие

требования, которые излагаются в руководящих и нормативных документах.

К временному строительству мостового перехода должны быть определены следующие требования:

- оперативно-тактические;
- технические;
- нормативные.

Оперативно тактические требования определяют:

- сроки открытия движения через водные преграды;
  - пропускную способность, масса транспорта;
  - сроки службы временных мостовых переходов;
  - обеспечение живучести мостовых переходов;
  - сроки замены вышедших из строя сооружений.
- Технические требования определяют:
- вид и способ временного строительства мостового перехода, его этапы;
  - вид тяги и длину поезда, вес автомобильной и гусеничной техники;
  - подмостовой габарит, обеспечение судоходства;
  - обеспечение пропуска высоких вод и ледоходов;
  - ширину колеи, проезжей части;
  - скорость движения по мостам.

Нормативные требования определяют:

- конструктивные характеристики восстанавливаемых сооружений (расположение в плане и профиле, допускаемые уклоны, основные требования к конструкции и конструированию, указания по расчету, деформативные характеристики конструкций, расчетные характеристики материалов);
- технологию сооружения элементов мостов и переправ.

Существующие строительные нормы и правила, инструкции, технические условия по проектированию не в полной мере отражают всю необходимую информацию, учитывающую особенности временного строительства быстровозводимых мостов и переправ. Необходимо учесть требования к современным нагрузкам, условия применения временного строительства, организации на которых будут возложены задачи, переработать документы и принять их к руководству. Данная работа уже проводится, но с учетом ограничения распространения информации в открытой печати, не может быть изложена в полном объеме.

**Геодезическое исследование барьерных участков на транспортной сети, проектирование искусственных сооружений с использованием разрабо-**

## **таных методик и новых информационных технологий.**

При проведении геодезических исследований барьерных участков на транспортной сети было выяснено, что в связи с климатическими изменениями произошли естественные изменения в районе мостовых переходов. Руслу рек обмелели, появились заболоченности, существенно поменялась высота берегов и т. д. Имеются расхождения с существующими данными проводимой ранее технической разведкой. Уже сегодня необходимо приступать к геодезическому исследованию, начиная с наиболее важных мостовых переходов. Эти данные должны использоваться для составления более обоснованных проектных соображений с учетом применения новых сборно-разборных мостовых конструкций.

При строительстве и восстановлении искусственных сооружений на железных и автомобильных дорогах широко используются неоднородные слоистые, в том числе трехслойные, элементы конструкций. Эти конструкции изготавливают из различных материалов, среди которых в настоящее время широко распространено применение полимерных, композиционных, функционально-градиентных материалов, ауксетиков и т. д. Вопросам расчета напряженно-деформированного состояния слоистых стержней, пластин и оболочек уделяется большое внимание, так как во многих случаях эти конструкции являются элементами сложных и ответственных сооружений.

На практике приходится сталкиваться со случаями, когда конструкция не полностью опирается на основание. Причиной появления зазора между конструкцией и основанием могут быть как техногенные условия в зоне строительства, так и природные условия. Это приводит к изменению расчетной схемы и напряженно-деформированного состояния рассматриваемого элемента, что в ряде случаев может привести к его преждевременному разрушению [1, 2].

Разработаны электронные модели, включающие компьютерные программы, написанные в программной среде Mathcad для численного анализа напряженно-деформированного состояния слоистых конструкций. Эти программы позволяют определять перемещения, деформации и напряжения в трехслойных конструкциях с различными геометрическими и механическими характеристиками слоев, жестком и шарнирном закреплении или без него, наличии и отсутствии диафрагм на торцах, при различных видах нагрузок, жесткости упругого основания, размерах участков опирания и оценивать прочность и жесткость конструкций [3, 4].

Разработанные методики и компьютерные программы могут использоваться в проектных организациях строительного и машиностроительного профиля при расчетах сборно-разборных настилов, SIP-панелей при возведении жилых зданий и хозяйственных ангаров, панелей из пенометаллов для строительства бронемашин и авиастроения, мостовых конструкций.

ВИМ-технологии в проектировании и строительстве мостов с каждым годом используются всё более широко. Как правило, это типовые мосты (они составляют около 90 % от всех мостов); на стадии пла-

нирования созданы необходимые функции управления персоналом. На стадии проектирования проводится построение моделей и визуализация, анализ проектирования и детализация; на стадии строительства – расчет и изготовление конструкций).

Применение полученных собственных научных разработок, новых программных комплексов, позволит существенно ускорить работу инженеров при создании и совершенствовании мостовых конструкций.

## **Применение современных табельных инвентарных конструкций временных мостов и переправ.**

Республика Беларусь является современным независимым демократическим государством, способным защитить свой народ и территориальную целостность в случае возникновения агрессии. Анализ современных конфликтов показал, что в первую очередь противник будет уничтожать транспортные коммуникации. В нашей республике вероятность разрушения объектов по барьерным рубежам рек Сож, Днепр, Друть, Березина, Птичь, Неман составит: больших мостов – до 100 %, средних мостов – до 50 %, малых мостов – до 10 %, крупных железнодорожных узлов – до 100 %.

Наиболее сложным и трудоемким видом работ является восстановление мостов через широкие и глубокие реки. Расчетное время восстановления движения через водные преграды по железной дороге не должно превышать 3–4 суток. Силы и средства Белорусской железной дороги и департамента «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь не имеют возможностей по восстановлению объектов в установленные сроки. Поэтому многократно возрастает роль транспортных войск при выполнении задач восстановления инфраструктуры транспорта с использованием инвентарного имущества: наплавных железнодорожных мостов (НЖМ-56), рамно-эстакадных мостов (РЭМ-500), сборно-разборных пролетных строений (СРП), других материалов и конструкций.

Один из недостатков рамно-эстакадных мостов (РЭМ-500) и сборно-разборных пролетных строений (СРП) – отсутствие инвентарного автодорожного проезда под совмещенную езду железнодорожного и автомобильного транспорта. Эта проблема не дает эксплуатировать восстановленные железнодорожные мосты с помощью вышеуказанных конструкций для одновременного пропуска автомобилей и поездов. При строительстве двух мостов многократно увеличиваются затраты во времени и ресурсах.

С целью экономии денежных средств, необходимых для закупки новых дорогостоящих быстровозводимых мостов, была проведена научная работа в области прикладных исследований, с целью создания новых дорожно-мостовых инвентарных конструкций для пропуска по железнодорожному временному мосту и РЭМ-500 автомобильной и гусеничной техники. При выполнении НИР «Сэндвич» в интересах Департамента транспортного обеспечения МО Республики Беларусь была рассчитана и спроектирована новая конструкция сборно-разборного дорожного настила, который может быть использован для устройства проезжей части колесного или сплошного типа (рисунок 1).

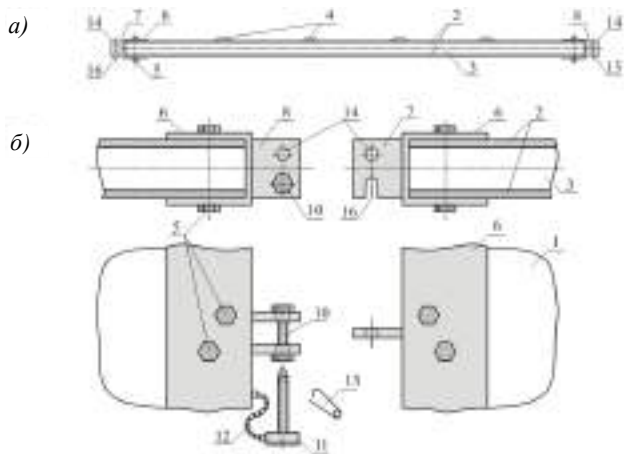


Рисунок 1 – Конструкция сборно-разборного дорожного настила:

*a* – плита настила, вид сбоку; *б* – стыковой замок, вид сбоку и сверху; 1 – плита; 2 – наружные несущие листы; 3 – наполнитель; 4 – трапециевидные поперечные ребра противоскольжения; 5 – болты; 6 – П-образные торцевые усиления; 7 – зуб; 8 – вилка; 10 – разборный штырь; 11 – соединительный штырь; 12 – цепочка; 13 – стопорная булавка; 14 – верхнее отверстие; 15 – нижнее отверстие; 16 – нижний вырез

Для приспособления верхнего строения пути пролетных строений при необходимости пропуска по железнодорожному мосту автомобильной и гусеничной техники была рассчитана и спроектирована новая конструкция сборно-разборного автодорожного настила (рисунок 2). По результатам исследования получены патенты на изобретение № 19687 «Сборно-разборный дорожный настил» и полезную модель № 10312 «Сборно-разборный автодорожный настил» [5, 6].

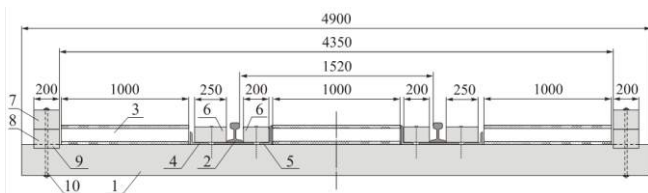


Рисунок 2 – Конструкция сборно-разборного автодорожного настила:

1 – мостовое полотно на деревянных брусках (усиленный тип) 20×24 см; 2 – рельс Р-43, Р-50, Р-65; 3 – сборно-разборная дорожная площадка; 4 – контр уголок 160×100×14 мм; 5 – противоугонный (охранный) уголок 160×100×12 мм; 6 – межколейный брус; 7 – колесоотбойный брус 15×20 см; 8 – противоугонный брус 15×20 см; 9 – врубка 3 см

Быстровозводимые инвентарные мостовые конструкции: металлическая сборно-разборная эстакада РЭМ-500; наплавной железнодорожный мост НЖМ-56; инвентарное мостовое имущество ИМИ-60; рамно-винтовые опоры (РВО); сборно-разборные пролетные строения (СПП) и другие несомня на большой срок эксплуатации и хранения представляют собой самое эффективное средство для скоростного восстановления мостовых переходов.

Существуют в Республике Беларусь и принципиально новое имущество мост-лента МЛЖ-ВТ-ВФ, которое разработано и серийно выпускается в Российской Федерации для железнодорожных войск.

В 2016 году проведена научная работа в области прикладных исследований и решена научно-практическая задача по комбинированию пролетных строений инвентарных мостов НЖМ-56, РЭМ-500, с рамно-винтовыми

опорами из имущества МЛЖ-ВТ-ВФ. Разработан и запатентован соединительный элемент (марка ПТ 9/71) [7]. По своим конструктивным особенностям он выполняет функцию опорной части комбинированного моста (рисунок 3).

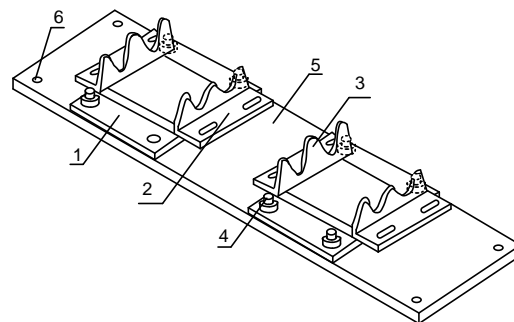


Рисунок 3 – Соединительный элемент ПТ 9/71

Данный элемент моста предназначен для установки пролетных строений из имущества РЭМ-500 на инвентарные опоры имущества МЛЖ-ВТ-ВФ. Соединительный элемент крепится к ригелю опоры из имущества МЛЖ-ВТ-ВФ при помощи четырех болтов. После установки соединительного элемента производится установка пролетного строения из имущества РЭМ-500.

Использование соединительного элемента дает возможность компоновать между собой пролетные строения инвентарных мостов РЭМ-500, НЖМ-56 с рамно-винтовыми опорами из имущества МЛЖ-ВТ-ВФ. Это техническое решение позволяет комбинировать инвентарные конструкции между собой при сооружении временного мостового перехода через водную преграду (рисунок 4).

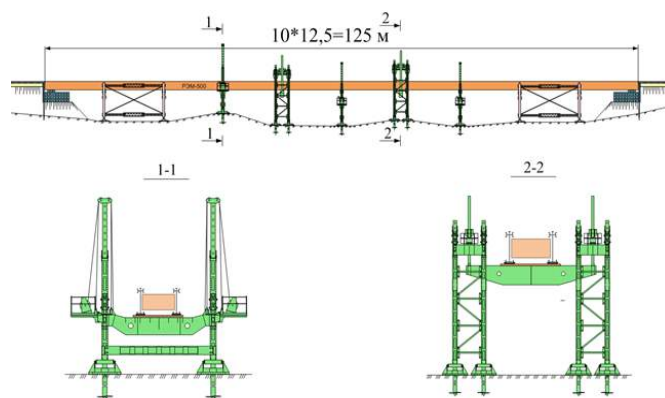


Рисунок 4 – Схема комбинированного моста с использованием имущества РЭМ-500 и МЛЖ-ВТ-ВФ

Такая схема позволит увеличить грузоподъемность и устойчивость инвентарного имущества РЭМ-500.

Новые дорогостоящие быстровозводимые мосты и переправы могут позволить себе организации, обладающие достаточно большими финансовыми возможностями. Существующие сборно-разборные мосты не стоит списывать раньше времени. Благодаря научному обоснованию, проведенной модернизации и испытаниям, конструкции временных мостов прослужат еще долгие годы. За это время будут изучены все слабые и сильные стороны новых быстровозводимых мостов, сделаны правильные выводы при их разработке, изготовлению или закупки.

### **Обучение и подготовка кадров, способных решать оперативные и тактические задачи в интересах развития и безопасной эксплуатации транспортной инфраструктуры Республики Беларусь.**

Сегодня в учреждении образования «Белорусский государственный университет транспорта» проводится обучение специалистов в интересах Департамента транспортного обучения Министерства обороны Республики Беларусь и Государственного пограничного комитета Республики Беларусь. Материальная база позволяет готовить высококлассных инженеров транспорта, обладающих специальными знаниями и навыками. На собственном учебном полигоне есть все современные образцы быстровозводимых мостов и переправ. Практические навыки у обучаемых закрепляются при выполнении учебно-практических задач на реальных объектах транспортной инфраструктуры.

Для подготовки специалистов по использованию инвентарных конструкций быстровозводимых мостов и переправ в интересах Белорусской железной дороги и департамента «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь нужно организовать курсы повышения квалификации с руководящим составом указанных организаций в университете. После обучения должностных лиц необходимо ежегодно проводить совместные тренировки и учения с целью приобретения практических навыков у специалистов и организации взаимодействия между транспортными структурами.

**Выводы.** Перспективы применения быстровозводимых мостов и переправ очевидны. Не имея хорошей методической, научной, технической и практической базы, задачи по быстрому временному восстановлению

мостовых переходов будут невыполнимы. Это приведет к предсказуемым потерям.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (проект Т16Р-010).

### **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 Напряженно-деформированное состояние трехслойной балки, частично опертой на упругое основание: регистрационное свидетельство № 5301403768 от 03 марта 2014 г. / А. В. Яровая, А. А. Поддубный / Государственный регистр информационных ресурсов НИРУП ИППС. – 2014.

4 Напряженно-деформированное состояние трехслойной пластины, частично опертой на упругое основание, при цилиндрическом изгибе: регистрационное свидетельство № 5301403769 от 03 марта 2014 г. / А. В. Яровая, А. А. Поддубный / Государственный регистр информационных ресурсов НИРУП ИППС. – 2014.

5 Сборно-разборный дорожный настил : пат. ВУ 19687 / А. В. Яровая, А. А. Поддубный. – Оpubл. 30.12.2015.

6 Сборно-разборный автодорожный настил: полез. модель ВУ 10312 / А. В. Яровая, А. А. Поддубный. – Оpubл. 30.10.2014.

7 Опорная часть моста: полез. модель u 20160085 / С. И. Новиков, А. В. Яровая, А. А. Поддубный [и др.]. – Регистр. № 11366 – 01.02.2017.

Получено 05.05.2017

**A. A. Poddubny, A. V. Yarovaya.** Prospects for the use of pre-fabricated bridges and crossings.

The prospects of the use of pre-fabricated bridges and crossings. Asked to create a research laboratory for the study and design of prefabricated bridges and crossings on the basis of educational institution "Belarusian state University of transport". The main directions of the activities of the proposed lab. Presents solved scientific and practical problems on the improvement and modernization of prefabricated bridge structures. The assessment of the possibility of training.

УДК 624.01/04

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

## К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА КАРБОНИЗАЦИИ БЕТОНА В НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПО ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Приведены результаты многолетних исследований карбонизации бетона и ее влияния на изменение технического состояния железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК). Показаны очень условное определение карбонизации и ее влияние на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре в современных нормативных документах и обоснована необходимость разработки белорусского нормативного документа, учитывающего влияние карбонизации на оценку и прогнозирование технического состояния ЖБЭ и ЖБК.

**Введение.** Поскольку основную долю элементов и конструкций зданий и сооружений составляют железобетонные элементы (ЖБЭ) и конструкции (ЖБК) различных типов, а основным типом коррозии бетона, определяющим коррозионное состояние стальной арматуры и, как следствие, техническое состояние ЖБЭ и ЖБК, которые эксплуатируются в различных воздушных средах, является карбонизация бетона, изучению ее определяющих факторов уделяется значительное внимание [1, 2]. Однако, несмотря на многолетние исследования, у многочисленных авторов нет единого мнения ни на влияние карбонизации на физико-химические характеристики бетона, ни на влияние технологических и климатических факторов на развитие карбонизации.

Поскольку результаты исследований ученых и практиков не только значительно отличаются, но и зачастую носят противоречивый характер, это не позволяет прийти к единому мнению о механизме карбонизации, модели ее развития во времени по сечению бетона, и, соответственно, о способах ее оценки и прогнозирования. Кроме того, лишь в отдельных работах выполнены попытки прогнозирования долговечности ЖБЭ и ЖБК с учетом процессов карбонизации бетона [3].

**Результаты экспериментов и их обсуждение.** Задачей исследований явился анализ положений по определению карбонизации в существующих нормативных документах.

Оценка карбонизации и прогнозирование ее развития важны, прежде всего, с точки зрения изменения во времени защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре и, соответственно, влияния карбонизации на изменение технического состояния ЖБЭ и ЖБК. Известно, что состояние защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре определяется величиной показателя рН (показателя водной вытяжки цементного камня), значение которого, в свою очередь, обуславливается степенью карбонизации бетона.

Оценка степени карбонизации бетона осуществляется нормативными документами (в Европе – EN 13295, EN 14630, в Республике Беларусь – СТБ 1481) на основе использования фенолфталеинового теста (ФФТ), в соответствии с которым значение толщины прокарбонизированного слоя (потерявшего свои защитные свойства по отношению к стальной арматуре) определяется границей резкого перехода окраски цементно-песчаной фракции бетона.

При использовании данных документов для оценки и

прогнозирования технического состояния ЖБЭ и ЖБК с учетом карбонизации возникают очень серьезные вопросы:

- в зоне нанесения индикатора ФФТ показывает изменение показателя рН в пределах 8,3 до 14;
- в зоне резкого перехода цвета цементно-песчаной фракции значение показателя рН составляет  $\approx 10,3$  [4];
- общепринято, что при рН = 9,0 бетон полностью теряет свои защитные свойства по отношению к стальной арматуре [1];
- в соответствии с термодинамическими расчетами В. И. Бабушкина [5] коррозия стальной арматуры возможна при рН < 11,8;

Таким образом, значение рН = 10,3 не является граничным и никак не позволяет корректно судить о степени потери защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре. Кроме того, отсутствуют критерии оценки потери защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре, что не позволяет судить о техническом состоянии ЖБЭ и ЖБК и тем более прогнозировать его изменение

К приведенному выше добавляются вопросы к оценке параметров карбонизации:

- реакция карбонизации объясняется на основе теоретического расчета проскока молекул  $\text{CO}_2$  вглубь бетона за границу нейтрализованного слоя до момента их полного поглощения, и глубина зоны реакции не превышает 1 мм, что не подтверждается экспериментальными результатами исследования взаимодействия углекислого газа воздуха с гидроксидом кальция, составляющей основу поровой жидкости бетона, в соответствии с которыми реакция происходит в тонком поверхностном слое раствора с возникновением и ростом кристаллов карбоната без отвода продуктов реакции [2];

– общепринятый механизм определяет течение карбонизации линейно вглубь бетона, что совершенно не соответствует протеканию карбонизации в реально эксплуатируемых ЖБЭ и ЖБК, в бетоне которых течение карбонизации по сечению во времени изменяется по сложной экспоненциальной зависимости [1, 2];

- скорость карбонизации определяется эффективным коэффициентом диффузии  $\text{CO}_2$  ( $D'$ ), искусственно введенным для увязки параметров карбонизации с величиной прокарбонизированного слоя, в соответствии с которым процесс карбонизации характеризуется 1-м законом Фика, что абсолютно не подтверждается результатами исследования образцов бетона (лабораторных



и отобранных из реально эксплуатируемых элементов), в соответствии с которыми  $D'$  не является величиной постоянной для определенного состава бетона, а изменяется во времени по сечению бетона по сложной экспоненциальной зависимости;

– степень карбонизации бетона характеризуется содержанием химически связанного цементным камнем диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) в виде карбоната кальция, т. е. его количеством, что не только нелогично, но и просто непонятно, поскольку степень любого параметра должна определять отношение величин, но никак не количество; поскольку заявлено определение степени карбонизации, то, соответственно, не только целесообразно, но и необходимо определять карбонатную составляющую (показатель КС, %), т. е. количество образовавшегося карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ), поскольку именно его образование вызывает структурные изменения бетона, приводя к его деградации;

– в результате анализа (СТБ 1481) определяется степень карбонизации бетона с точностью до 0,2 %. Полученная абсолютная величина, %, ни с чем не сравнивается. Отсутствуют критерии оценки состояния бетона и, как следствие, неясен смысл проведения анализа.

Приведенное выше, по-видимому, и определяет различие у разных авторов величин  $D'$  на несколько порядков для бетонов, выполненных из одинаковых составов и исследовавшихся в схожих условиях, а также, отсутствие единого мнения об изменении плотности, пористости, прочности бетона под воздействием карбонизации и влиянии технологических факторов на изменение карбонизации [2].

Таким образом, становится ясно, что существующий метод оценки и прогнозирования карбонизации бетона и ее влияния на изменение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре, основанный на ФФТ и рекомендуемый Европейскими и белорусскими нормами, является частным случаем и не может быть рекомендован для использования при оценке и прогнозировании технического состояния реально эксплуатируемых ЖБЭ и ЖБК с учетом карбонизации бетона. Необходимо разработка национального нормативного документа по определению карбонизации и оценке технического состояния ЖБЭ и ЖБК с учетом процессов карбонизации бетона. При его разработке может быть использован комплексный метод оценки и прогнозирования технического состояния ЖБЭ (ЖБК), основанный на многолетних авторских исследованиях карбонизации бетона и ее влияния на изменение технического состояния ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в различных воздушных средах [6], включающий в себя методики оценки и прогнозирования карбонизации бетона и состояния защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре защитного слоя бетона, состояния стальной арматуры и технического состояния ЖБЭ (ЖБК) в целом.

Получено 28.05.2017

**A. A. Vasilyev.** On the issue of the need to take into account the carbonation of concrete in the regulatory documents of the Republic of Belarus on the assessment of the technical condition of reinforced concrete elements and structures.

The results of long-term studies of carbonization of concrete and its influence on the change in the technical state of reinforced concrete elements and structures are presented. It shows a very conditional definition of carbonization and its effect on the protective properties of concrete in relation to steel reinforcement with modern regulatory documents and the need to develop a Belarusian normative document that takes into account the effect of carbonation on the evaluation and prediction of the technical condition of concrete and ferro-concrete.

Он позволяет в зависимости от цели исследования:

– оценивать и прогнозировать карбонизацию бетона (карбонатную составляющую и степень карбонизации);

– оценивать изначальное содержание цемента,  $\text{кг/м}^3$ , в бетоне;

– оценивать и прогнозировать состояние защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре как в зоне расположения арматуры, так и по сечению ЖБЭ (ЖБК) по физико-химическим показателям бетона;

– оценивать техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) по физико-химическим показателям бетона защитного слоя и прогнозировать его по химическим показателям бетона защитного слоя;

– в зависимости от полученного (прогнозируемого) при обследовании технического состояния ЖБЭ рекомендовать комплекс мероприятий по их восстановлению для дальнейшей длительной, безопасной эксплуатации зданий и сооружений.

**Заключение.** Выполненные исследования позволили обосновать необходимость создания на основе результатов реальных исследований параметров карбонизации и ее влияния на изменение технического состояния ЖБЭ и ЖБК нормативного документа Республики Беларусь для качественного повышения объективности детального обследования зданий и сооружений.

#### Список литературы

1 **Васильев, А. А.** Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций : [монография] / А. А. Васильев ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 263 с.

2 **Васильев, А. А.** Карбонизация бетона (оценка и прогнозирование) : [монография] / А. А. Васильев ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 304 с.

3 **Кудрявцев, И. А.** Исследование равномерности глубины залегания карбонизированного слоя по глубине в балке пролетного строения / И. А. Кудрявцев, В. П. Богданов // Проблемы технологии производства строительных материалов, изделий и конструкций, строительства зданий и сооружений, подготовки инженерных кадров для строительной отрасли : материалы VII Междунар. науч.-практ. семинара. – Минск : Стринко, 2001. – С. 227–229.

4 **Кудрявцев И. А.** Исследование карбонизации железобетонных конструкций с длительным сроком эксплуатации / И. А. Кудрявцев, В. П. Богданов // Материалы, технологии, инструменты. – 2000. – Т. 5. – № 3. – С. 97–100.

5 **Бабушкин, В. И.** Термодинамика силикатов / В. И. Бабушкин, Г. М. Матвеев, О. П. Мчедлов-Петросян; под ред. О. П. Мчедлова-Петросяна. – 4-е изд. – М. : Стройиздат, 1986. – 408 с.

6 **Васильев, А. А.** Оценка и прогнозирование технического состояния железобетонных элементов и конструкций с учетом карбонизации бетона / А. А. Васильев // Инновационные процессы в науке и образовании : [монография] / под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. – Пенза : Наука и просвещение, 2017. – 204 с.

**ЭКОНОМИКА**

УДК 656.23

И. А. ЕЛОВОЙ, доктор экономических наук, Л. В. ОСИПЕНКО, научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТАРИФОВ НА УСЛУГИ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ЕВРО-АЗИАТСКОМ ТРАНСПОРТНОМ РЫНКЕ**

Рассмотрены тарифы на услуги инфраструктуры в ряде стран СНГ и Балтии; сформулированы принципы, заложенные в основу аналогичных тарифов на Белорусской железной дороге; приведены основные особенности, учтенные при расчете тарифов на услуги инфраструктуры для условий Республики Беларусь.

Одним из требований Договора о Евразийском экономическом союзе (далее – Договор) является обеспечение доступа перевозчиков к услугам инфраструктуры государств – участников Договора. В связи с этим, кроме разработки правил и технологии оказания таких услуг, возникла необходимость и их тарификации.

Разработка тарифов на услуги инфраструктуры потребовала изучения опыта применения аналогичных тарифов на железных дорогах не только государств – участников Договора, но и ряда соседних государств. Так, на железных дорогах России для определения плат за услуги инфраструктуры при перевозках грузов применяются тарифы раздела 4 Прейскуранта №10-01

«Тарифы на перевозки грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые российскими железными дорогами». Согласно его положениям, плата за услуги инфраструктуры определяется суммированием плат (рисунок 1), начисленных:

- 1) за занятие инфраструктуры поездом или локомотивом в одиночном следовании (тарифы группы ЗИ);
- 2) организацию продвижения по инфраструктуре в составе поезда груженых и порожних вагонов (тарифы группы ОПВ);
- 3) организацию продвижения по инфраструктуре локомотива, используемого для тяги поездов, или в одиночном следовании (тарифы группы ОПЛ).

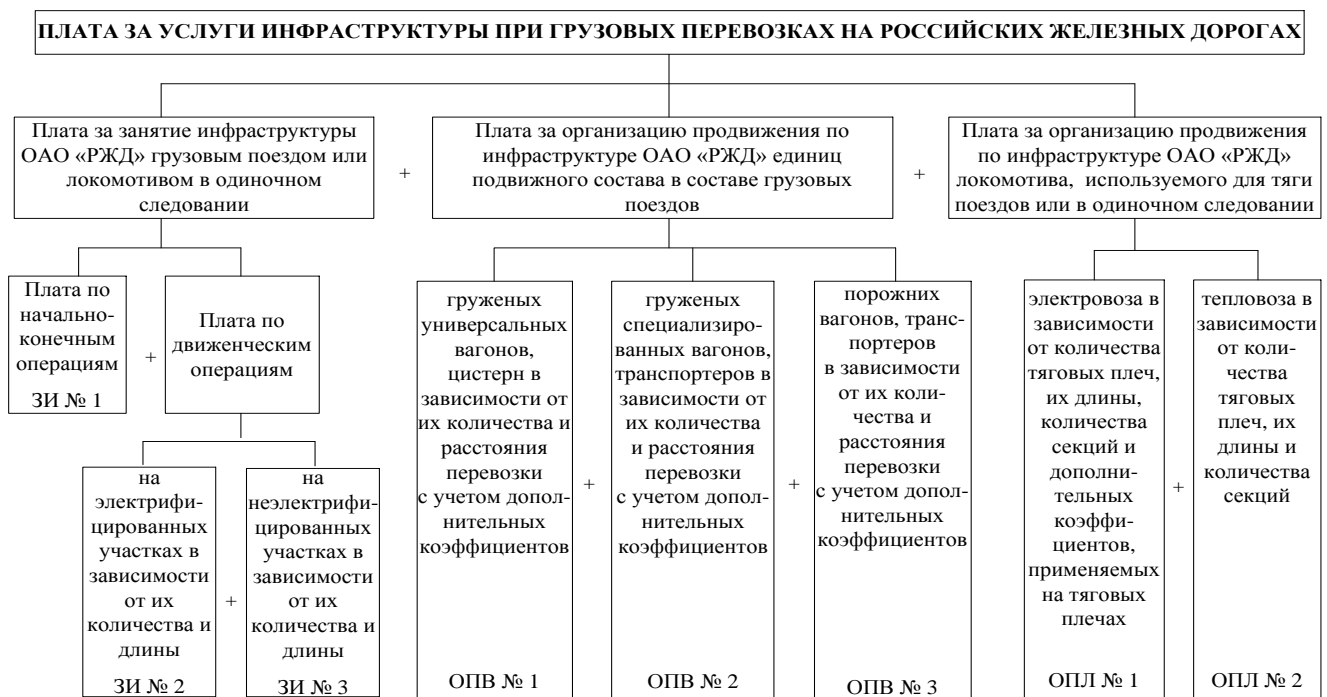


Рисунок 1 – Структура платы за услуги инфраструктуры на железных дорогах России

В России применяется следующая дифференциация тарифов на услуги инфраструктуры:

- группы ЗИ – в зависимости от вида тяги и расстояния проследования поезда или локомотива в одиночном следовании по инфраструктуре;
- группы ОПВ – в зависимости от типа подвижного состава, его массы тары и длины по осям сцепления

автосцепок; рода перевозимого груза и его массы (для грузов, перевозимых в универсальных вагонах и цистернах); расстояния проследования вагонов по инфраструктуре;

- группы ОПЛ – в зависимости от вида тяги, числа секций локомотива и расстояния проследования локомотивов по инфраструктуре.

Плата за услуги инфраструктуры на железных дорогах *Казахстана* в соответствии с Тарифным руководством (Прейскурантом) исчисляется как сумма двух составляющих (рисунок 2):

1) тарифов на услуги магистральной железнодорожной сети (далее – тарифы МЖС), установленных Агентством Республики Казахстан по регулированию естественных монополий;

2) тарифов на услуги грузовой и коммерческой работы (далее – тарифы ГКР), установленных Тарифным руководством (Прейскурантом).

Тарифы МЖС исчисляются отдельно для локомотива (на 1 локомотиво-километр в зависимости от вида тяги), и отдельно – для каждого вагона в составе поезда.

Тарифы ГКР применяются только к вагонам и начисляются на каждый вагон.

Тарифы ГКР и МЖС, применяемые к вагонам, дифференцированы в зависимости от типа подвижного состава, рода перевозимого груза и загрузки вагона, а также от расстояния проследования вагонов по инфраструктуре.

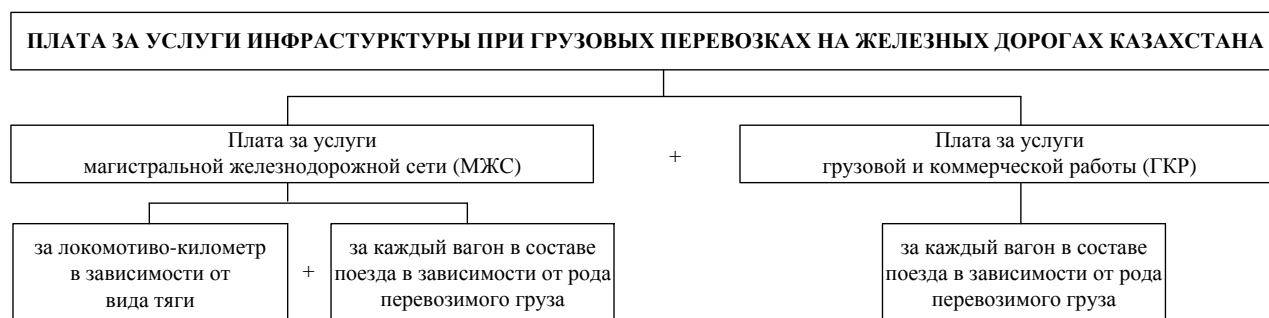


Рисунок 2 – Структура платы за услуги инфраструктуры на железных дорогах Казахстана

В *Литве* согласно приказу Государственной железнодорожной инспекции при Министерстве путей сообщения плата за услуги инфраструктуры (рисунок 3) состоит из сборов:

- 1) зарезервирование мощностей (в расчете на 1 поезд-км);
- 2) движение грузовых поездов (в расчете на 1 тонно-км брутто);
- 3) перевозку грузов (в расчете на 1 тонно-км нетто);
- 4) транзитные грузовые поезда при транзитных перевозках (в расчете на 1 тонно-км нетто);

5) использование контактной сети (в расчете на 1 поезд-километр).

Дифференциация плат за услуги инфраструктуры в зависимости от рода груза на железных дорогах Литвы реализована за счет уровня сбора за перевозку грузов, который установлен отдельно:

- для опасных грузов;
- малоценных грузов;
- груженых и порожних контейнеров, полуприцепов, интермодальных контейнеров;
- остальных грузов.

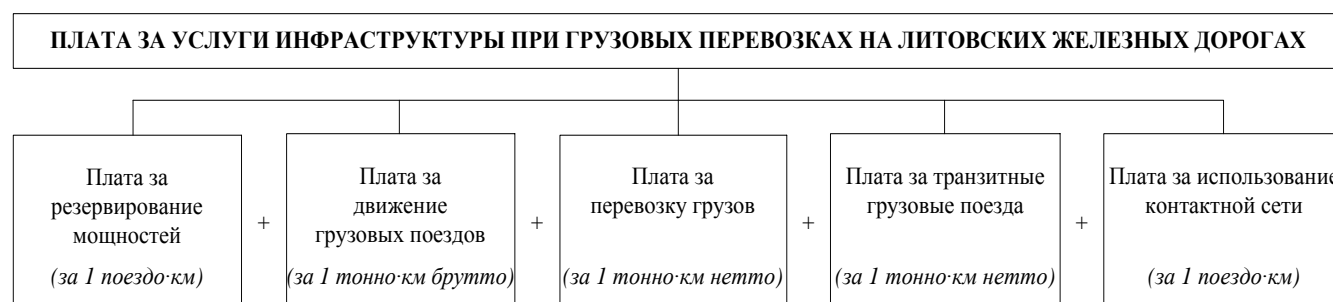


Рисунок 3 – Структура платы за услуги инфраструктуры на железных дорогах Литвы

На железных дорогах *Латвии* плата за услуги инфраструктуры при проследовании грузовых поездов взимается за каждый поезд-километр независимо от рода перевозимого груза, его массы, типа подвижного состава и вида тяги.

В основу разработки тарифов на услуги инфраструктуры для условий Республики Беларусь заложены следующие **принципы**:

- 1) применение методологии, базирующейся на среднестатистических условиях и издержках;
- 2) обеспечение проведения в отношении перевозчиков единой ценовой (тарифной) политики в сфере

услуг инфраструктуры, исключающей создание экономических преимуществ;

3) соблюдение нормативной правовой базы в сфере грузовых железнодорожных перевозок и оказания услуг инфраструктуры;

4) гармонизация с аналогичными тарифами Российских и Казахских железных дорог;

5) обеспечение за счет верхнего уровня тарифов возмещения затрат на инфраструктуру, ее обновление и развитие, включая обслуживание заемных средств, привлеченных под инфраструктурные проекты;

б) дифференциация тарифов в зависимости от рода перевозимого груза с целью исключения перевозок сверхнормативных грузов независимыми перевозчиками и получения ими дополнительной маржи прибыли за счет инфраструктурно-локомотивной составляющей, применяемой национальным перевозчиком.

Согласно Договору при перевозках грузов выделяются следующие **услуги инфраструктуры**:

1) предоставление инфраструктуры и выполнение необходимых работ для осуществления движения (проследования) поездов, включая электроснабжение тягового подвижного состава перевозчика.

2) предоставление инфраструктуры и выполнение

необходимых работ для маневровых передвижений, включая электроснабжение тягового подвижного состава перевозчика;

3) услуги по техническому и коммерческому контролю, направленные на обеспечение безопасности движения поездов и сохранности перевозимых грузов.

На каждую из перечисленных услуг для условий Республики Беларусь разработаны отдельные тарифы с учетом особенностей оказания и тарификации данной услуги. Общая плата за услуги инфраструктуры определяется суммированием плат, рассчитанных для каждой из рассматриваемых услуг (рисунок 4).

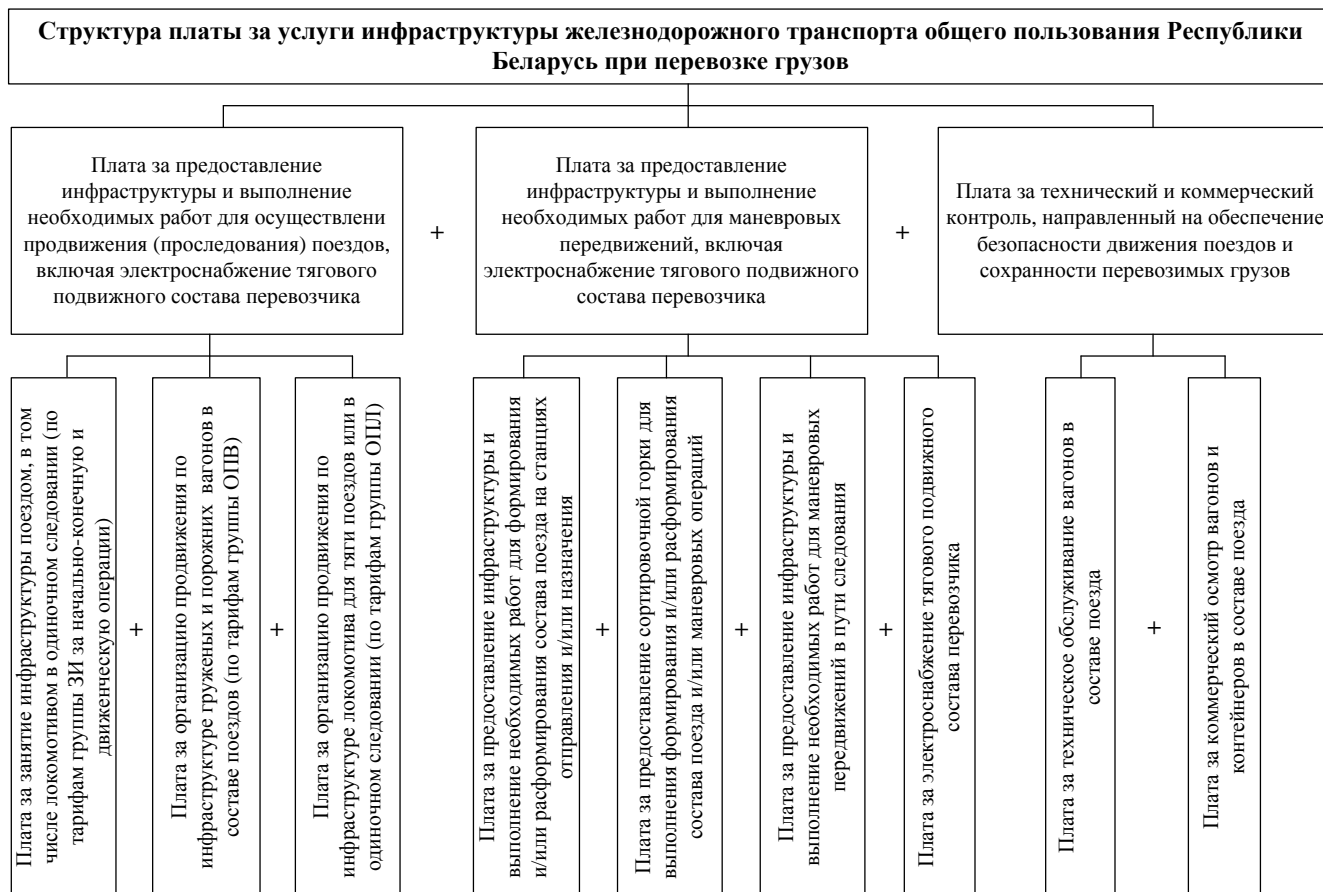


Рисунок 4 – Структура платы за услуги инфраструктуры при перевозке грузов железнодорожным транспортом для условий Республики Беларусь

В качестве исходных данных для расчета тарифов на услуги инфраструктуры были приняты статистические данные Отчета по основным показателям производственно-финансовой деятельности организаций Белорусской железной дороги (по видам деятельности) формы № 69-жел, а также отчетов форм ЦО-1, ЦО-2, ЦО-4, ТХО-2, ЦО-12, ЦО-29.

Тарифы на услуги инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования при проследовании грузовых поездов учитывают расходы, связанные с выполнением следующих операций:

– прием от перевозчика, рассмотрение и согласование в установленном порядке заявки на перевозку, а также установление и согласование маршрута пропуска поезда перевозчика и графика его движения;

– содержание (обслуживание) инфраструктуры в надлежащем состоянии;

– предоставление инфраструктуры на станциях формирования, перформирования, расформирования и в пути следования поезда перевозчика;

– организация продвижения поезда перевозчика по инфраструктуре, включая диспетчерское управление, использование средств СЦБ и связи, действия работников станций;

– электроснабжение электровозов на электрифицированных участках инфраструктуры;

– техническое обслуживание и коммерческий осмотр железнодорожного подвижного состава перевозчика;

– информационное сопровождение продвиже-

ния поезда или локомотива в одиночном следовании по инфраструктуре в объеме, необходимом для осуществления такого продвижения, и др.

Не включены в тарифы на услуги инфраструктуры расходы, связанные:

- с осуществлением приема и передачи поезда перевозчика на (с) инфраструктуру;
- использованием локомотива, принадлежащего Белорусской железной дороге, для выполнения маневровой работы на станциях отправления, назначения и в пути следования поезда перевозчика;
- подготовкой вагонов к перевозкам;
- всеми видами ремонтов вагонов;
- экипировкой, техническим обслуживанием и ремонтами локомотивов, топливом для тепловозов;
- предоставлением железнодорожных путей общего пользования для нахождения вагонов перевозчика сверх технологического времени, предусмотренного договором;
- предоставлением зданий и помещений перевозчикам для использования их персоналом перевозчика;
- информационным обеспечением продвижения поезда перевозчика, определением дислокации вагонов и локомотивов сверх объемов, необходимых для организации такого продвижения;
- мерами по ликвидации последствий аварий, возникших в связи с эксплуатацией подвижного состава перевозчиком и организацией им перевозочного процесса;
- мероприятиями по организации перевозок по инфраструктуре опасных грузов классов 1, 7, 5.2, 6.2 и грузов, перевозимых в сопровождении проводников, метанола, а также негабаритных грузов, и др.

Тарифы на услуги инфраструктуры при перевозках грузов в Республике Беларусь дифференцированы в зависимости:

- от вида тяги (электровоз, тепловоз);
- расстояния преследования по инфраструктуре;
- типа подвижного состава (универсальный или специализированный вагон, цистерна, контейнер);
- рода груза;
- степени загрузки вагона (для универсальных вагонов, цистерн);
- количества секций локомотива.

В соответствии с положениями Договора о Евразийском экономическом союзе тарифы должны обеспечивать развитие инфраструктуры. В этой связи, помимо фактических эксплуатационных расходов, связанных с оказанием услуг инфраструктуры, в тарифы дополнительно включено недофинансирование инфраструктурных объектов по хозяйствам пути, сигнализации и связи, электроснабжения, гражданских сооружений за 2013–2014 годы.

В тарифы на услуги инфраструктуры при грузовых и пассажирских перевозках включена также инвестиционная составляющая, рассчитанная исходя из потребно-

Получено 16.10.2014

**I. A. Yelovoy, L. V. Asipenka.** Features of formation of railway tariffs for services of infrastructure in the Euro-Asian transport market.

The tariffs for infrastructure services in several countries of the CIS and Baltic States are considered in the article. The principles underlying the similar tariffs for Belarusian Railways are offered. The main features taken into account in the calculation of tariffs for infrastructure services for the conditions of the Republic of Belarus are shown.

сти развития инфраструктуры причастных хозяйств на ближайшие пять лет, а также норма рентабельности, необходимая для обеспечения социальных выплат в соответствии с коллективными договорами.

В соответствии с указанными подходами рассчитаны базовые тарифы на услуги инфраструктуры при осуществлении грузовых и пассажирских перевозок.

Необходимость обеспечения равных условий доступа к инфраструктуре национального и сторонних перевозчиков потребовала введения соответствующих повышающих коэффициентов к тарифам на услуги инфраструктуры для ряда высокостоймых грузов (нефть и нефтепродукты, сжиженные газы, черные металлы, калийные удобрения и др.) с целью недопущения возможности переключения перевозок высокодоходных грузов на сторонних перевозчиков. При этом Белорусская железная дорога, как национальный перевозчик, по-прежнему, будет обязана перевозить ряд массовых навалочных грузов (щебень, песок и др.) по низким тарифам, определяемым согласно постановлению Министерства экономики Республики Беларусь № 26 от 23.04.2013 (далее – постановление № 26). Кроме этого, убыточные внутриреспубликанские пассажирские перевозки в настоящее время частично финансируются за счет грузовых, что учтено в постановлении № 26 путем использования повышающих коэффициентов к тарифам на перевозки высокостоймых грузов.

Поэтому отсутствие повышающих коэффициентов к тарифам на услуги инфраструктуры может привести к переключению перевозок калийных удобрений, сжиженных газов и другой продукции на сторонних перевозчиков, у которых появятся сверхприбыли за счет высоких тарифов на данные грузы, предусмотренных постановлением № 26.

Следовательно, введение повышающих коэффициентов к тарифам на услуги инфраструктуры для ряда высокостоймых грузов позволит защитить интересы Республики Беларусь, исключить потери Белорусской железной дороги и установить равные условия со сторонними перевозчиками при перевозке высокостоймых грузов.

Таким образом, тарифы на услуги инфраструктуры для Белорусской железной дороги разработаны на основе опыта других государств, но с учетом технических, технологических и экономических особенностей функционирования железнодорожной инфраструктуры в Республике Беларусь.

#### Список литературы

- 1 **Еловой, И. А.** Тарифы логистических транспортно-технологических систем (теория и методы расчетов). / И. А. Еловой. – Гомель : БелГУТ, 2001. – 336 с.
- 2 **Еловой, И. А.** Транспортные тарифы: учеб.-метод. пособие / И. А. Еловой, М. М. Колос ; М-во образования Респ. Беларусь. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 106 с.
- 3 **Резер, С. М.** Тарифное регулирование железных дорог / С. М. Резер. – М. : ВИНТИ РАН, 2013. – 640 с.

УДК 656: 005.932

Т. В. ПИЛЬГУН, кандидат технических наук, Белорусский национальный технический университет, г. Минск

## СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ – ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Приводятся обоснования необходимости разработки и внедрения системы показателей качества транспортных услуг как способа создания обратной связи с потребителями услуг. Создание базы показателей качества услуг в рамках единой транспортной системы позволит оживить рынок транспортных услуг, мотивировать перевозчиков к совершенствованию своей работы для укрепления конкурентоспособности, повысить эффективность управления процессами качества на предприятиях, оказывающих транспортные услуги.

**Т**ранспортный рынок – это сфера реализации транспортных услуг по перемещению пассажиров или грузов.

Предоставляя и развивая транспортные услуги, перевозчики стремятся к владению всесторонней информацией, связанной с перевозками: в каких регионах потребность в перевозках определенного груза наиболее высокая; где перевозки могут принести наибольшую прибыль, возможности конкурентов; котировки ставок, какие услуги и почему хотят использовать грузовладельцы; какие цены клиенты готовы заплатить за услугу и др.

В свою очередь грузовладельцев в момент выбора исполнителей доставки интересует рейтинг перевозчиков. В результате научных исследований сформирована система ранжированных показателей качества, которая может использоваться по усмотрению клиента. И естественно то, что клиента интересует высокое качество исполнения и минимальная стоимость.

В настоящее время большинство транспортных компаний разрабатывают и внедряют систему менеджмента качества (далее – СМК), ориентированную на требования международного стандарта ISO 9001. Основная идея СМК – повышение конкурентоспособности, инвестиционная привлекательность, упрощенное кредитование, подтверждение клиентоориентированности и т. д.

СТБ ISO 9001-2009 «Системы менеджмента качества. Требования» (далее – СТБ) предусматривается применение процессного подхода при разработке, внедрении и повышении результативности системы менеджмента качества, суть которого заключается в применении ко всем процессам цикла «Plan – Do – Check – Act» (PDCA), который описывается следующим образом [1]:

– планируй (plan) – установить цели и процессы, необходимые для достижения результатов в соответствии с требованиями потребителя и политикой организации;

– делай (do) – внедрить процессы;

– проверяй (check) – осуществлять мониторинг и измерение процессов и продукции по отношению к политике, целям и требованиям на продукцию и сообщать о результатах;

– действуй (act) – предпринимать действия по постоянному улучшению функционирования процессов.

Применение процессного подхода требует от производителя транспортных услуг:

– понимания и выполнения требований потребителя услуг с целью повышения удовлетворенности;

– рассмотрения процессов с точки зрения добавленной ценности;

– получения результатов выполнения процессов и их результативность;

– постоянного улучшения процессов, основанного на объективном мониторинге удовлетворенности потребителя услуг и анализе результатов.

Модель, заложенная в СТБ, показывает, что при определении требований к услугам существенную роль играют потребители. Ключевой частью в СТБ является необходимость мониторинга удовлетворенности потребителя, суть которого – в оценке информации о восприятии потребителем качества выполнения его требований. Мониторинг строится на исследовании данных от потребителей о качестве поставленной продукции или услуги, анализе упущенных возможностей, положительных отзывах, претензиях по гарантийным обязательствам и отчетах дилеров.

Кроме СТБ в Республике Беларусь действуют другие документы, которые имеют отношение к вопросам качества предоставления услуг:

– Закон Республики Беларусь «О защите прав потребителей» от 09.01.2002 г. № 90-3;

– Закон Республики Беларусь «Об оценке соответствия требованиям технологических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации» от 5 января 2004 г. № 269-3.

В соответствии с последним оказание услуг и система управления качеством являются объектами оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов, в том числе государственных стандартов.

Таким образом, нормативная база, направленная на обеспечение высокого уровня качества транспортных услуг и ориентированная на потребителя, в стране создана. Подтверждением намерений транспортных предприятий предоставлять качественные услуги является внедрение СМК.

Однако зададимся вопросом: насколько результативны и полезны для потребителя транспортных услуг создаваемые СМК, как влияет СМК на рынок транспортных услуг и как ориентируются потребители транспортных услуг при выборе перевозчиков.

Не секрет, что стремление удержаться и занимать достойную позицию на рынке услуг, может мотивировать производителей услуг на совершенствование и повышение качества. По мнению автора, отдельно должны исследоваться вопросы о достаточности модели СМК для повышения конкурентоспособности

транспортного предприятия; не выполняют ли создаваемые СМК функции лишь необходимых документов для упрощения кредитования, формирования инвестиционной привлекательности или просто восполняют потребность в них для сертификации продукции и услуг.

При функционировании реального конкурентного рынка транспортных услуг грузовладельцы или их экспедиторы – потребители услуг и перевозчики – должны находиться в постоянном поиске друг друга, руководствуясь целями достижения максимального эффекта от перевозки.

В результате исследования состояния вопроса оценки удовлетворенности потребителей услуг (как белорусских, так и зарубежных) на основе печатных источников, электронных ресурсов можно сделать вывод, что система оценки качества услуг в транспортной логистике находится на начальной стадии своего развития. Одной из причин такого положения является отсутствие исследований влияния этой системы на конкурентоспособность предприятий.

В настоящее время отсутствуют во всеобщем доступе (что важно для потребителей услуг) и на постоянной основе показатели удовлетворенности потребителя о качестве транспортных услуг, которые характеризовали бы то или иное транспортное предприятие.

Практические исследования отдельных предприятий показали, что оценка СМК сводится к составлению отчетов внутри предприятий по результативности СМК и соответствию требованиям СТБ.

Из-за отсутствия систематизированной информации о результативности СМК и качестве предоставляемых услуг тем или иным транспортным предприятием грузовладельцу сложно ориентироваться среди большого количества перевозчиков, а система ранжирования показателей качества остается лишь теоретическим предложением.

На одном из крупных транспортных предприятий проводился аудит оценки результативности СМК и ее влияния на качество осуществляемой деятельности. Выводы аудитов следующие:

- руководство не придает особого значения результатам функционирования СМК и поэтому вся деятельность и совершенствование заканчивается на стадии выдачи сертификата. Однако рост количества сертификатов не является показателем повышения качества;

- отсутствие систематизированных методик по видам деятельности для оценки результативности, удовлетворенности потребителей;

- для анализа качества предоставляемых работ, услуг применяются в основном только производственные (эксплуатационные показатели), в то время как потребительские качества выполняемых работ, услуг (сроки, скорость, доступность, экологичность, коммуникативность, полнота удовлетворения спроса, уровень комфорта и др.) даже не рассматриваются.

Если для организаций, осуществляющих, строительство и проектирование наличие сертификатов СТБ ISO 9001 – обязательное условие для освоения соответствующего сегмента рынка, то в сфере транспортных услуг в приоритете должны быть сами принципы СТБ ISO 9001, грамотное применение которых должно положительно влиять на повышение качества транспорт-

ного обслуживания и рост удовлетворенности потребителей (грузовладельцев, пассажиров).

Полезным решением для оживления транспортного рынка и совершенствования процесса управления качеством в Республике Беларусь, по мнению автора, может стать формирование и внедрение системы показателей качества транспортных услуг. В секторе процесса управления качеством, который касается формирования СМК, отсутствует завершающий и самый главный элемент. Это наличие постоянной обратной связи с потребителями услуг для обеспечения соответствия услуг потребностям и, при необходимости, корректировки сервисной логистики транспортного предприятия.

В вопросе создания системы показателей качества важным является правильная постановка цели. С точки зрения повышения конкурентоспособности основной целью создания системы показателей качества транспортных услуг является получение данных о качестве предоставляемых услуг транспортными предприятиями исходя из понимания качества, как способности удовлетворять потребности потребителей транспортных услуг.

В общей схеме создания системы показателей качества транспортных услуг видятся ключевые позиции:

- определение номенклатуры показателей качества с учетом критериев, определяемых потребителями услуг, в зависимости от видов деятельности транспортных предприятий и видов транспорта;

- выбор методов оценки показателей качества;
- установление норм и требований к показателям (базовые показатели), в сравнении с которыми будет производиться оценка фактических показателей;

- формирование базы показателей качества транспортных услуг в рамках единой транспортной системы.

В настоящее время потребителям транспортных услуг не представляется возможным сравнить результаты деятельности транспортных предприятий, а увидеть качество услуг можно только по факту их оказания.

При выборе перевозчика грузовладельцы ориентируются на рекламные предложения или пользуются услугами предприятий, сотрудничество с которыми сложилось издавна.

При создании единой базы показателей качества транспортных услуг, доступной и открытой для потребителей, возрастет заинтересованность перевозчиков в совершенствовании своей работы, так как в случае конкуренции удержать даже постоянных клиентов будет сложно.

Создание единой базы показателей качества позволит приблизить грузовладельцев – потребителей транспортных услуг – к транспортным предприятиям, активизировать взаимовыгодное сотрудничество между ними и значительно оживить рынок транспортных услуг, а также укрепить позиции СТБ ISO 9001 в Республике Беларусь.

Вопрос о показателях качества, которые должны стать регулятором рынка транспортных услуг, не новый. Обзор зарубежного опыта свидетельствует о повышенном внимании к проблемам качества транспортных услуг, показатели которых активно влияют на формирование имиджа компаний.

Например, по данным обзора деятельности транспортных предприятий, постоянная оценка качества транспортных услуг через систему показателей осу-



ществляется в Великобритании Международным банком реконструкции и развития. В качестве примера банком приводятся данные по железнодорожной транспортной компании «Virgin Rail», для которой на высоком уровне длительное время остаются критерии качества Public Performance Measure или PPM (процент поездов с отставанием менее чем 10 минут) и общий показатель удовлетворенности потребителей (рисунок 1). Низко оценивается соотношение цены и качества, состояние некоторых инфраструктурных объектов. Отмечается, что несмотря на внимание, которое компания «Virgin Rail» уделяет своему персоналу и клиентам, рейтинг оценки клиентами работы персонала был ниже рейтинга общей удовлетворенности пассажиров и варьировался от 70 до 90 % в зависимости от функциональной категории. Банком констатируется факт положительного влияния системы показателей качества: появляется мотивация компаний предлагать и внедрять изменения; близость к клиентам помогает лучше понимать потребителей услуг.



Рисунок 1 – Показатели эффективности транспортных услуг компании «Virgin Rail»

Эффективная система предоставления услуг создана в Австралии. Многие владельцы грузов не имеют представления, перевозятся ли их товары по автомобильной или железной дороге, и в основном их это не заботит при условии, что их груз доставлен вовремя и в хорошем состоянии. Транспортные корпорации работают в рамках обязательств, которые требуют регулярной публикации двух групп ключевых показателей эффективности. Одна группа показателей определяет качество услуг: надежность сети, время перевозки, индекс качества путей; во второй группе показателей рассматривается операционная эффективность корпорации на основании периодических отчетов о сводных издержках на единицу продукции (услуги).

В Российской Федерации номенклатура показателей качества транспортных услуг, применяемая в сфере управления качеством, определена ГОСТ Р 51005–96 «Услуги транспортные. Перевозки грузов. Номенклатура показателей качества».

Стандарт устанавливает следующую номенклатуру

основных групп показателей качества по характеризующим ими свойствам перевозок грузов: своевременности выполнения перевозки; сохранности перевозимых грузов; экономических показателей.

В свою очередь по каждой группе имеется возможность выбора показателей в зависимости от вида транспорта, содержания транспортной услуги, основных требований потребителей к перевозочному процессу, метода выбора номенклатуры показателей качества (таблица 1).

Таблица 1 – Номенклатура показателей качества и эффективности транспортных услуг

Группа	Подгруппа показателей	Количество показателей, включенных в подгруппу
Своевременность	Перевозка груза к назначенному сроку	6 (в т. ч. число отклонений и среднее отклонение прибытий груза от назначенного срока)
	Регулярность прибытия груза	7 (в т. ч. среднее число прибытий груза за единицу времени, среднее, максимальное и минимальное время между поступлениями груза)
	Срочность перевозки груза	9 (в т. ч. нормативное время перевозки груза, среднее и максимальное отклонение от нормативного времени)
Сохранность	Без потерь	6 (в т. ч. удельные потери груза, коэффициент снижения качества грузов при перевозке)
	Без повреждений	3 (в т. ч. доля грузов, перевезенных без повреждений)
	Без пропажи	3 (в т. ч. доля пропажи грузов при перевозке)
	Без загрязнения	4 (в т. ч. доля груза, не принятая грузополучателем после перевозки из-за загрязнения)
Экономические	Удельные затраты на транспортировку грузов различными видами транспорта	
	Удельные полные расходы на доставку груза	
	Затраты на производство погрузочно-разгрузочных и складских работ	
	Процент транспортных издержек в себестоимости продукции (товара)	

Следует отметить, что в Российской Федерации не налажен процесс использования представленных показателей для оценки качества транспортных услуг. Лишь по собственной инициативе отдельными отраслевыми структурами проводится мониторинг удовлетворенности услугами.

К примеру, отраслевым журналом «Деловой журнал "РЖД-Партнер"», начиная с 2016 года, поквартально проводятся исследования и представляются результаты в виде индекса качества – комплексного показателя, обобщающего оценки потребителями качества услуг в сфере железнодорожного транспорта.

Кроме ряда показателей, характеризующих качество предоставления подвижного состава, в формировании индекса качества фигурируют показатели: соблюдение сроков доставки, сохранность груза, уровень информационных технологий, полнота удовлетворения спроса на перевозки и другие.

Сбор мнений респондентов осуществляется путем анкетирования и интервьюирования. В исследовании принимают участие менеджеры высшего и среднего

звеньев компаний, являющихся пользователями услуг на рынке грузоперевозок железнодорожным транспортом: всего 117 предприятий-грузовладельцев.

Белорусскими транспортными предприятиями принято оценивать качество транспортных услуг на основе качественных эксплуатационных показателей: скорость маршрутная (но не скорость доставки груза); показатели использования подвижного состава; экспорт и импорт услуг; рентабельность от продажи услуг; снижение уровня затрат на реализацию услуг – то есть на основе показателей ключевых и расчетных, влияющих на эффективность работы предприятия. По-другому представлять оценку транспортных услуг не представляется возможным, так как отсутствуют сами утверждённые показатели стандартов качества транспортных услуг, которые могли бы стимулировать конкурентоспособность на транспортном рынке.

Законодательством ЕАЭС предусматривается норма, направленная на стимулирование добросовестной конкуренции, в том числе в сфере услуг, как фактора повышения эффективности рынка и роста производительности. Осуществляется процесс гармонизации законодательства в области конкурентной политики на основе модельного закона «О конкуренции» (утвержден решением высшего Евразийского экономического совета от 24 октября 2013 г.). К настоящему времени нормы этого модельного закона имплементированы в законодательство Беларуси примерно на 60 %, Казахстана – на 80 %, России – на 90 % [2].

Одним из ключевых показателей, определяющих эффективность функционирования рынков товаров и услуг, является индикатор «интенсивность конкуренции на внутренних рынках». По данным докладов Всемирного экономического форума (далее – ВЭФ) «Глобальная конкурентоспособность» в 2016 году, страны постсоветского пространства заняли места: Эстония – 30, Литва – 36, Азербайджан – 37, Россия – 43, Латвия – 49, Казахстан – 53, Грузия – 59, Таджикистан – 77, Армения – 79, Украина – 85, Молдова – 100 и Кыргызстан – 111. Исследование ВЭФ отмечают слабое состояние конкуренции на внутренних рынках стран-партнеров ЕАЭС, сравнительно высокую степень монополизации рынка услуг.

Республика Беларусь по результатам рейтинга, проводимого ВЭФ, за 2016 год занимает 44 место в списке 189 стран по показателю «благоприятствие ведения бизнеса», а по рейтингу «глобальной конкурентоспособности» наша страна в списке 138 стран отсутствует. По мнению специалистов по вопросам качества конкурентоспособности, «качество услуг» и «рынок услуг» – понятия неотделимые и влияющие друг на друга. Конкурентоспособность услуг, выраженная через качество,

является решающим фактором их коммерческого успеха на развитом конкурентном рынке [3].

Проблемы, относящиеся к качеству транспортных услуг, являются крайне сложными и требуют проведения специальных исследований, особенно в части определения номенклатуры показателей и их оптимального количества.

**Выводы.** Предусмотренный в СТБ ISO 9001–2009 процессный подход по разработке, внедрению и повышению результативности системы менеджмента качества, который применяется на транспортных предприятиях в Республике Беларусь, способен обеспечить высокий уровень качества транспортных услуг.

Конкурентный рынок услуг, сложившийся в нашей республике, не имеет механизмов, мотивирующих транспортные предприятия на повышение конкурентоспособности. В результате системы менеджмента качества, создаваемые на предприятиях, не имеют обратной связи с потребителями услуг; функциональность их ограничивается получением сертификатов, кредитов, а иногда СМК просто используются для отчетности.

В условиях отсутствия в открытом доступе результативности предоставления транспортных услуг транспортными предприятиями потребителю сложно ориентироваться на рынке транспортных услуг при выборе перевозчиков. Потребительские ожидания клиента определяются информацией об услугах, передаваемой потребителями друг другу, собственными представлениями клиента о качестве (его запросами, прошлым опытом), рекламными источниками информации.

Разработка и внедрение системы показателей качества транспортных услуг должны способствовать формированию конкурентного транспортного рынка, повышению эффективности управления процессами качества на предприятиях, оказывающих транспортные услуги, а также совершенствованию способов организации доставки грузов, развития пассажирского сервиса, внедрению в практику новых форм транспортного обслуживания.

#### Список литературы

- 1 СТБ ISO 9001–2009. Системы менеджмента качества. Требования.
- 2 Международная торговля услугами: новые тенденции развития и регулирования, роль в интеграционных процессах / под ред. А. Н. Спартака. – М. : ВАВТ, 2016. – 320 с. – С. 224.
- 3 Transport business in Russia [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://docviewer.yandex.by/?url=http%3A%2F%2FCyberLeninka.ru>. – Дата доступа : 03.03.2017. – С. 42–44.
- 4 WEF. The Global Competitiveness Report. – Режим доступа : <http://gtmarket.ru/news/2016/09/28/7304>. – Дата доступа : 04.03.2017.

Получено 08.03.2017

**T. V. Pilgun.** Creation of Quality Indicators System of Transportation Services is the Factor to Enhance Competitiveness of Transport Enterprises.

The article explains the necessity to develop and implement a system of quality indicators of transportation service as a tool for creating a feedback from consumers of the services. The creation of a database of service quality indicators within the framework of a single transport system will revive the transport services market. It will motivate carriers to perfect their work with the aim to strengthen their competitiveness, and to enhance the effectiveness of quality processes management at the enterprises providing the transportation services.

УДК 006.015.8

*В. С. ЗАЙЧИК, кандидат технических наук, доцент; А. А. КЕБИКОВ, кандидат технических наук, доцент; М. А. РОГОВЕНКО, научный сотрудник отдела сертификации; Е. В. ШКРАБОВ, заведующий сектором сертификации продукции отдела сертификации, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

## ОСОБЕННОСТИ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Представлены основные сведения о системе подтверждения соответствия продукции, предназначенной для железных дорог. Проанализирована деятельность органа по сертификации железнодорожной продукции и услуг БелГУТа при декларировании и сертификации. Сделан вывод, что проведение работ по сертификации отвечает большинству критериев прикладных научных работ. Рассматриваются различные аспекты сертификации железнодорожной продукции в применении к продолжительности выполнения процедур.

**1 Общие положения.** Согласно Закону Республики Беларусь «Об оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации» [1] сертификация – подтверждение соответствия, осуществляемое аккредитованным органом по сертификации.

Закон [1] определяет правовые и организационные основы оценки соответствия объектов оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов (далее – ТНПА) в области технического нормирования и стандартизации.

Оценка соответствия – деятельность по определению соответствия объектов оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации.

Подтверждение соответствия – вид оценки соответствия, результатом осуществления которого является документальное удостоверение соответствия объекта оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации.

Подтверждение соответствия осуществляется в целях: удостоверения соответствия объектов оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации; обеспечения защиты жизни, здоровья и наследственности человека, имущества и охраны окружающей среды; предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей продукции (работ, услуг) относительно ее назначения, качества и безопасности.

Принципами подтверждения соответствия являются: открытость и доступность процедур подтверждения соответствия; независимость аккредитованных органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий (центров) от заявителей на подтверждение соответствия и заявителей на проведение испытаний объектов оценки соответствия; минимизация сроков проведения и затрат заявителей на подтверждение соответствия и заявителей на проведение испытаний; защита имущественных интересов заявителей на подтверждение соответствия и заявителей на проведение испытаний, в том числе путем соблюдения требований конфиденциальности сведений, полученных в процессе прохождения процедур подтверждения соответствия; недопустимость ограничения конкуренции аккредитованных органов по сертификации и аккредитованных

испытательных лабораторий (центров) при выполнении работ по подтверждению соответствия и проведения испытаний объектов оценки соответствия.

Подтверждение соответствия осуществляется аккредитованными органами по сертификации, а в случае декларирования соответствия – изготовителем (продавцом) с учетом требований [1].

Подтверждение соответствия удостоверяется сертификатом соответствия или сертификатом компетентности, выдаваемыми аккредитованным органом по сертификации заявителю на подтверждение соответствия, либо зарегистрированной декларацией о соответствии, принятой изготовителем (продавцом).

Выдача сертификатов соответствия, сертификатов компетентности осуществляется на основании документов (сведений), представляемых для выдачи таких сертификатов самостоятельно заявителем на подтверждение соответствия и (или) полученных аккредитованным органом по сертификации на основе договора на подтверждение соответствия с заявителем на подтверждение соответствия.

Подтверждение соответствия может носить добровольный или обязательный характер.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной сертификации.

Обязательному подтверждению соответствия подлежат объекты оценки соответствия, в отношении которых установлены требования технических регламентов, а также объекты оценки соответствия, в отношении которых требования технических регламентов не установлены и которые включены в перечень продукции, работ, услуг и иных объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в Республике Беларусь.

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в форме сертификации или декларирования соответствия.

**2 Деятельность органа по сертификации при подтверждении соответствия железнодорожной продукции.** Орган по сертификации железнодорожной продукции и услуг БелГУТа (аттестат аккредитации № ВУ/112 064.01 от 17.03.2004 г.) выполняет работы по сертификации: вагонов грузовых и пассажирских; локомотивов (электровозов и тепловозов); моторвагонного подвижного состава (электропоездов и дизельпоездов); деталей, составных частей и оборудования

подвижного состава; элементов верхнего строения пути; аппаратуры автоматики, телемеханики и связи; услуг по ремонту и обслуживанию подвижного состава; услуг, предоставляемых пассажирам на железнодорожном транспорте; услуг, предоставляемых при перевозке грузов железнодорожным транспортом.

Орган по сертификации железнодорожной продукции и услуг БелГУТа:

– включен в Реестр признанных Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества организаций, аккредитованных на право проведения работ по оценке соответствия технических средств железнодорожного транспорта;

– аккредитован в Системе аккредитации Республики Беларусь и соответствует требованиям ГОСТ ISO/IEC 17065–2013 «Оценка соответствия. Требования к органам по сертификации продукции, процессов и услуг», ПМГ 38 «Система сертификации на железнодорожном транспорте. Требования к органам по сертификации железнодорожной продукции и порядок их аккредитации»;

– зарегистрирован в едином реестре органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза, осуществляющих оценку соответствия продукции требованиям технических регламентов Евразийского экономического союза ТР ТС 001/2011 «О безопасности железнодорожного подвижного состава», ТР ТС 002/2011 «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта», ТР ТС 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта», ТР ТС 032/2013 «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением».

В общем случае подтверждение соответствия является процедурой документального удостоверения соответствия продукции требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводам правил или условиям договоров. Вместе с тем деятельность по подтверждению соответствия железнодорожной продукции носит научный, а порой даже творческий характер в связи с наличием большой номенклатуры изделий, в отношении которых проводится постоянное улучшение с применением инновационных материалов и типов конструкций вплоть до внедрения новых инновационных решений, включая широкое внедрение передового опыта зарубежных транснациональных изготовителей,

таких как Stadler, Knorr-Bremse, Bombardier, CRRC, Siemens, General Electric, Bonatrans и т. д. При этом следует отметить, что прямое использование железнодорожной продукции иностранного производства на колее 1520 мм проблематично в связи с иными требованиями к подвижному составу и инфраструктуре. Таким образом, подтверждение соответствия железнодорожной продукции можно определить как оценку генеральной совокупности изделий и технической документации с использованием результатов испытаний на базе репрезентативной выборки и определением необходимых условий для изготовления продукции со стабильными характеристиками.

В определениях Общегосударственного классификатора Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 «Виды экономической деятельности» [2] (далее – ОКРБ 005), подтверждение соответствия является основным видом деятельности органа по сертификации, т. к. оно создает наибольшую часть добавленной стоимости. Выполняемые при этом научные прикладные исследования должны классифицироваться как вспомогательный вид деятельности, направленный на поддержку основного вида деятельности, поскольку они отвечают следующим условиям:

а) обслуживают только деятельность органа по сертификации;

б) исходные материалы составляют часть расходов органа по сертификации, их получение и обработка включены в общую стоимость договора по сертификации;

в) полученные результаты не являются частью конечных продуктов (сертификатов) и не участвуют в формировании основного капитала (оформленные установленным образом отчеты о научных исследованиях не формируются и заявителю не предоставляются);

г) подобная деятельность в подобных масштабах осуществляется в аналогичных органах по сертификации;

д) научные исследования являются услугами, предоставляемыми исключительно для текущего производственного процесса сертификации.

Таким образом, деятельность органа по сертификации классифицируется в соответствии с ОКРБ 005 (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация деятельности органа по сертификации по ОКРБ 005

Секция М Профессиональная, научная и техническая деятельность	
<i>Основная деятельность</i>	<i>Вспомогательная деятельность</i>
<i>Подсекция</i> МА Деятельность в области права, бухгалтерского учета, управления, архитектуры, инженерных изысканий, технических испытаний и анализа	МВ Научные исследования и разработки
<i>Раздел</i> 71 Деятельность в области архитектуры, инженерных изысканий, технических испытаний и анализа	72 Научные исследования и разработки
<i>Группа</i> 712 Технические испытания, исследования, анализ и сертификация	721 Научные исследования и разработки в области естественных и технических наук
<i>Класс</i> 7120 Технические испытания, исследования, анализ и сертификация	7219 Прочие научные исследования и разработки в области естественных и технических наук, кроме биотехнологий
<i>Подкласс</i> 71200 Технические испытания, исследования, анализ и сертификация	72192 Научные исследования и разработки в области технических наук

В связи с вышеизложенным следует четко разграничивать научную и инжиниринговую деятельность при проведении подтверждения соответствия. Представляется целесообразным рассмотреть с этой точки зрения две его формы: декларирование и сертификацию.

Деятельность органа по сертификации при декларировании заключается в проверке полноты представленной заявителем документации и регистрации декларации соответствия в реестре системы без выезда на производство. Данные процедуры выполняются типовым образом для различных видов продукции и различаются только объемом предоставляемой документации. Таким образом, регистрация деклараций, безусловно, относится к инжиниринговой деятельности.

В отличие от декларирования проведение работ по сертификации железнодорожной продукции отвечает большинству критериев прикладных научных работ, таких как: актуальность темы, анализ ТНПА и документации на продукцию, изучение отечественного и зарубежного опыта, степень разработанности НПА и технической документации на продукцию, разработка практических решений, оценка новизны (инновационности) продукции, непосредственное внедрение результатов этих решений. Перечисленные работы выполняют эксперты-аудиторы и технические эксперты органа по сертификации. При этом на различных этапах эти специалисты сталкиваются с необходимостью оценки абсолютно новых конструкторских решений, не имеющих аналогов в отечественной и/или зарубежной практике и, как следствие, четких критериев их оценки, что требует научно-практического подхода к формированию перечня требований. Такой порядок особенно актуален при осуществлении подтверждения соответствия требованиям технических регламентов Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС) [3–6], когда основополагающим является принцип добровольности применения стандартов любого уровня.

**3 Процедура сертификации продукции для железнодорожного транспорта.** Работы по оценке соответствия продукции для железнодорожного транспорта установленным в технических регламентах ЕАЭС [3–6] требованиям осуществляют аккредитованные органы по сертификации, включенные в Единый реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза.

В соответствии с [3–6] процедура проведения сертификации продукции для железнодорожного транспорта включает: представление заявителем в орган по сертификации заявки на проведение сертификации продукции; оценку заявки на проведение сертификации органом по сертификации, анализ прилагаемых к ней документов, анализ ТНПА на продукцию и методы испытаний, экспертизу документации на продукцию, разработку программы испытаний, выбор схемы сертификации, принятие решения в отношении заявки и его направление заявителю; идентификацию продукции, отбор образцов для испытаний, проведение испытаний продукции в аккредитованной испытательной лаборатории; проверку состояния производства продукции; экспертизу результатов испытаний, экспертизу проверки состояния производства продукции и экспертизу других доказательственных материалов, а также принятие решения о выдаче сертификата соответствия либо

обоснование отказа в выдаче сертификата соответствия; оформление, регистрацию и выдачу сертификата соответствия либо направление заявителю отказа в выдаче сертификата соответствия; осуществление согласно схемам сертификации инспекционного контроля, а также применения сертификата соответствия и единого знака обращения продукции на рынке государств – членов ЕАЭС.

Обеспечение безопасности функционирования железнодорожного транспорта является одной из основных и неотъемлемых задач, решаемых при организации перевозок пассажиров и грузов. Достигается решение данной задачи несколькими путями, в том числе допуском в эксплуатацию только высококачественной продукции, которая отвечает всем требованиям ТНПА. Ключевым элементом в этом направлении является наличие документов о подтверждении соответствия железнодорожной продукции требованиям технических регламентов ЕАЭС [3–5]. В ряде случаев требуется подтверждение соответствия сопутствующим техническим регламентам ЕАЭС (например, [6]), однако именно технические регламенты ЕАЭС [3–5] являются основой при подтверждении соответствия железнодорожной продукции, в т. ч. инновационной, поступающей на железнодорожный транспорт государств – членов ЕАЭС.

На базе опыта, полученного органом по сертификации железнодорожной продукции и услуг Учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» за период с 2004 по 2016 гг., можно сделать вывод, что в настоящее время процедура сертификации железнодорожной продукции по требованиям технических регламентов ЕАЭС [3–5] носит неустоявшийся характер в части абсолютной величины трудоемкости, сохраняя при этом внутреннее соотношение между операциями. В связи с этим представляется целесообразным для дальнейшей оценки научной составляющей выполнения работ по сертификации железнодорожной продукции базироваться на данных, полученных во время функционирования органа по сертификации в рамках Национальной системы подтверждения соответствия (таблица 2).

Вместе с тем различными схемами сертификации предусмотрено выполнение не всех операций (рисунок 1).

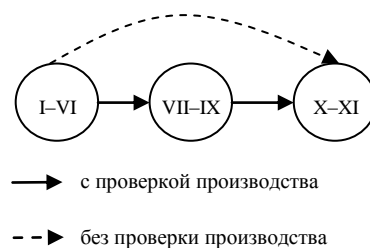


Рисунок 1 – Последовательность проведения работ при сертификации железнодорожной продукции

Граф взаимодействия участников процесса сертификации железнодорожной продукции представлен на рисунке 2.

В таблице 3 приведено распределение общей продолжительности проведения работ по сертификации между инжиниринговыми операциями (И) и операциями, имеющими научную составляющую как вспомогательную деятельность (Н).

Таблица 2 – Анализ продолжительности проведения работ по сертификации железнодорожной продукции в Национальной системе подтверждения соответствия

Наименование процедуры	Продукция			
	однокомпонентная		технически сложная многокомпонентная (без учета сертификации комплектующих)	
	Трудоемкость, чел.-дн.	Доля, %	Трудоемкость, чел.-дн.	Доля, %
I Регистрация заявки, анализ прилагаемых к ней документов, выбор схемы сертификации, формирование группы экспертов-аудиторов, оформление договора, финансовых документов	1,15	5,9	3,70	7,5
II Анализ ТНПА на продукцию и методы испытаний, разработка программы испытаний	2,00	10,1	5,00	10,0
III Подготовка решения по заявке	0,30	1,5	0,30	0,6
IV Экспертиза конструкторской, технологической, эксплуатационной и иной документации на продукцию	2,00	10,1	4,00	8,0
V Идентификация продукции, отбор образцов для проведения испытаний	0,50	2,5	3,00	6,0
VI Анализ протоколов испытаний	2,00	10,1	5,00	10,0
VII Разработка программы проверки состояния производства	1,00	5,1	1,00	2,0
VIII Проверка состояния производства	6,00	30,4	18,00	36,2
IX Согласование перечня корректирующих мероприятий, контроль за их реализацией	2,00	10,1	7,00	14,1
X Оценка соответствия продукции установленным требованиям и подготовка решения о выдаче сертификата соответствия	2,00	10,1	2,00	4,0
XI Оформление сертификата соответствия и соглашения, внесение сертификата соответствия в автоматизированную систему ведения реестра	0,80	4,1	0,80	1,6
<b>Итого</b>	<b>19,75</b>	<b>100,0</b>	<b>49,8</b>	<b>100,0</b>

*Примечание* – Серым цветом выделены процедуры, имеющие научную составляющую как вспомогательную деятельность в определении ОКРБ 005-2011.

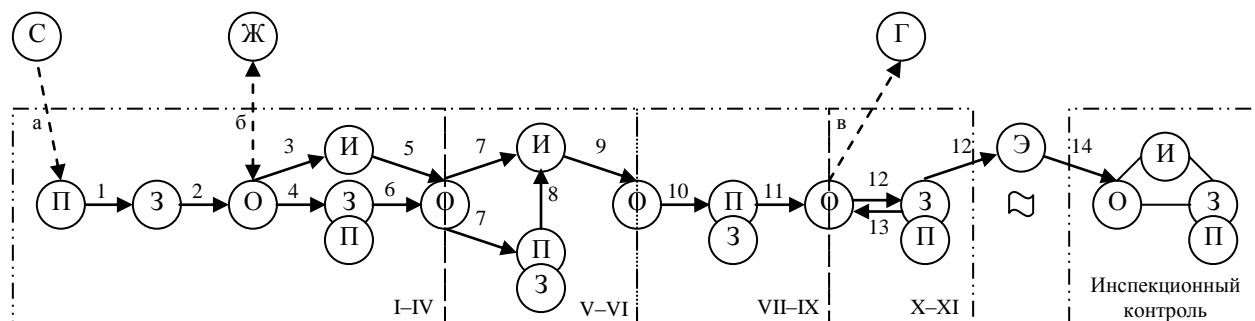


Рисунок 2 – Граф взаимодействия участников процесса сертификации железнодорожной продукции:

П – производитель; З – заявитель; О – орган по сертификации; И – испытательная лаборатория; Ж – железнодорожная администрация; Г – органы управления, отвечающие за внесение изменений в ТНПА; С – орган по сертификации систем менеджмента качества; Э – потребитель железнодорожной продукции (эксплуатант).

Основной документальный поток: 1 – поручение на сертификацию и договор на выполнение функций иностранного изготовителя (при необходимости); 2 – заявка и пакет документов в соответствии с техническим регламентом; 3 – договор на проведение испытаний и программа испытаний; 4 – решение по заявке и договор на сертификацию; 5 – заключенный договор на проведение испытаний; 6 – заключенный договор на сертификацию; 7 – акт отбора образцов; 8 – акт готовности образцов к испытаниям и сопроводительные документы к образцам; 9 – протокол испытаний; 10 – программа и акт проверки состояния производства; 11 – план корректирующих мероприятий и доказательная документация; 12 – сертификат соответствия и соглашение к сертификату соответствия; 13 – заключенное соглашение к сертификату соответствия; 14 – информация об эксплуатации.

Дополнительный документальный поток: а – сертификат на систему менеджмента качества; б – согласование с железнодорожной администрацией; в – изменения в ТНПА по итогам сертификации инновационной железнодорожной продукции

Таблица 3 – Распределение общей продолжительности времени при сертификации

В процентах

Операция	Сертификация продукции			
	однокомпонентной		технически сложной многокомпонентной (без учета сертификации комплектующих)	
	с проверкой производства	без проверки производства	с проверкой производства	без проверки производства
Н	50,6	37,2	54,2	37,8
И	49,4	62,8	45,8	62,2

Таким образом, доля операций, имеющих научную составляющую, при сертификации является значительной, что позволяет говорить о процедуре сертификации железнодорожной продукции как о научной задаче в целом, направленной на применение новых знаний для достижения практических целей решения конкретных задач в рамках определений ОКРБ 005.

Перевод данной проблемы в разряд чисто инженерных возможен только после разработки соответствующей системы и инструментария, которые помогут заявителям на сертификацию с минимальными затратами проводить объективную самооценку производства и продукции. Это даст возможность сократить перечень сертифицируемой железнодорожной продукции путем ее перевода в перечень железнодорожной продукции, подлежащей декларированию.

Получено 12.01.2017

**V. S. Zaichyk, A. A. Kebikov, M. A. Rahavenka, E. V. Shkrabau.** Features of conformity verification for railway transport.

The article presents the basic information about the system of conformity verification of products destined for the railways. Body of certification on railway products and services BelSUT activity when the declaration and certification is analyzed. The conclusion that the carrying out of works on certification meets most of the criteria of applied research. Various aspects of the certification of railway products applied to execution procedures duration is considered.

## Список литературы

1 Об оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации : Закон Респ. Беларусь от 5 янв. 2004 г. № 269-З : с изм. и доп. : текст по состоянию на 31 декабря 2010 г. – 16 с.

2 ОКРБ 005-2011. Виды экономической деятельности: с изм. 1–3. Общегосударственный классификатор Республики Беларусь.

3 ТР ТС 001/2011. О безопасности железнодорожного подвижного состава : техн. регламент Таможенного союза.

4 ТР ТС 002/2011 О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта : техн. регламент Таможенного союза.

5 ТР ТС 003/2011. О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта : техн. регламент Таможенного союза.

6 ТР ТС 032/2013. О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением : техн. регламент Таможенного союза.



**МАРКЕТИНГ**

УДК 658.8

*Т. С. МЕЛЬНИК, кандидат экономических наук, начальник отдела прогнозирования рисков Департамента оперативного мониторинга Публичного акционерного общества «Укрзалізниця», г. Киев*

**НАПРАВЛЕНИЯ И ВИДЫ МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СФЕРЕ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК С УЧЕТОМ ТРАНСПОРТНОГО СООБЩЕНИЯ**

Уточнено понятие «маркетингового исследования» и его отличие от понятия «исследование рынка». Рассмотрены принципы маркетинговых исследований как составной части научных исследований и как специфического способа получения информации. Кратко охарактеризована система маркетинговых исследований, сформированная в пассажирском секторе железнодорожного транспорта Украины. С учетом наработанной практики и специфики транспортной услуги предложены новые направления маркетинговых исследований в пассажирских перевозках. Проанализированы существующие классификации маркетинговых исследований, выполнена их систематизация и упорядочение. Полученная классификация позволяет придать им комплексный характер, четко ориентированный на решение поставленных задач.

Управленческие решения требуют наличия достоверной информации, которую предприятию приходится получать самостоятельно. Все чаще такая информация так или иначе касается факторов внешнего окружения предприятия, а ее поиск должен вестись постоянно. Потребность в информации о рынке обеспечивается с помощью маркетинговых исследований.

Маркетинговые исследования конкурентных рынков являются инструментом, который дает возможность руководителям и специалистам налаживать деятельность своих предприятий и подразделений, предлагать клиентам конкурентоспособную продукцию, изучать предпочтения потребителей и максимально удовлетворять их требования, а также решать ряд других задач оперативного и стратегического характера, обеспечивая стабильное функционирование своего предприятия в нестабильном окружении.

В нынешних условиях сложной общеэкономической ситуации в Украине, повышенной конкуренции на транспортном рынке и реформирования железнодорожной отрасли рост масштабов деятельности и степени взаимодействия ПАО «Укрзалізниця» с другими отраслями экономики и участниками рынка значительно повышают актуальность и важность маркетинговых исследований.

Теоретические основы маркетинговых исследований основательно рассмотрены в трудах таких отечественных и зарубежных ученых, как Э. П. Голубков, Н. К. Малхотра, Г. А. Черчилль, Ф. Котлер, А. А. Старостина, А. В. Федорченко, А. В. Зозулев, С. А. Солнцев, А. В. Войчак, С. М. Ильяшенко, С. С. Гаркавенко и др. Однако рынок услуг значительно отличается от товарного рынка, а транспортная услуга имеет ряд отличий от других услуг. С учетом этих различий необходимо строить методологию маркетинговых исследований транспортного рынка, его субъектов и объектов.

Маркетинг услуг, в том числе транспортных, рассматривается в трудах К. Лавлока, Б. Штуаса, А. Разумовской, А. А. Бачурина, Ю. Ф. Кулаева, И. М. Аксенова, А. В. Бакалинского, А. В. Ноздраня и других авторов. Исследованию концепции потребительской ценности транспортной услуги посвящены научные работы таких ученых,

как К. Мозер, О. В. Бакалинский, Л. М. Шульгина, Е. Г. Кирдина и др.

Высоко оценивая вклад вышеназванных и целого ряда других авторов, а также полученные ими результаты, необходимо отметить, что состояние и степень проработки основных теоретико-прикладных аспектов маркетинговых исследований рынка транспортного обслуживания населения требует совершенствования, а методология маркетинговых исследований в сфере пассажирских железнодорожных перевозок до сих пор не создана. Этот процесс требует тщательного изучения специфики транспортного рынка и услуг, предлагаемых на нем, для последующей адаптации существующей в других отраслях методологической базы и методического инструментария маркетинговых исследований к выявленным особенностям железнодорожной отрасли и пассажирского транспорта.

Целью статьи является уточнение сущности маркетинговых исследований и их места в системе научных исследований, их основополагающих целей и задач, а также систематизация и упорядочение имеющихся классификаций. На основе этого будет сделан вывод о возможности использования общего подхода к пониманию и предназначению исследований в маркетинге железнодорожных пассажирских перевозок с учетом тех видов исследований, которые актуальны для данной сферы обслуживания населения.

Под маркетинговым исследованием понимают систематический сбор, отображение и анализ данных по разным аспектам маркетинговой деятельности [1, 3, 4, 6]. То есть маркетинговые исследования – это функция, которая через информацию связывает маркетологов с рынками, потребителями, конкурентами и другими элементами внешней среды маркетинга, поскольку предприятию нужно иметь информацию о всех элементах его внешнего окружения.

Кроме достижения конкретных поставленных целей, маркетинговое исследование должно выявить способность предприятия подготовить и осуществить те мероприятия, которые признаны целесообразными в ходе анализа состояния целевого рынка. Эта часть исследований достаточно глобальна по охвату проблем и наименее методически обеспечена.

Понятие «маркетинговые исследования» гораздо шире, чем понятие «исследование рынка», несмотря на то, что исследования рынка во многом определяют ключевые аспекты маркетинговой деятельности в целом – необходимость при организации маркетинговой деятельности отталкиваться от потребностей рынка и потребителей, а не от предлагаемой продукции, определяет логику проведения маркетинговых исследований.

Маркетинговые исследования как составная часть научных исследований [7] базируются на следующих основных принципах:

- системность – как в процессе поиска новых знаний, так и в плане упорядочения всего выявленного, наличного знания;

- возможность воспроизведения результатов наблюдений, экспериментов, а также использования других методов – то есть результаты не должны зависеть от субъекта;

- непротиворечивость (последовательность) мышления;

- возможность проверки (верификация): чем больше существует факторов, доказывающих правильность гипотезы, тем более вероятной она будет считаться.

Маркетинговые исследования как специфический способ получения знаний о факторах внешнего окружения предприятия, помимо вышеуказанных, должны соответствовать следующим принципам [5, 9]:

- соблюдение научного подхода;
- комплексность;
- регулярность;
- оперативность;
- точность, тщательность;
- соответствие этическим нормам;
- экономичность;
- предварительное планирование;
- последовательность, поэтапность.

Все маркетинговые исследования осуществляются в двух разрезах: оценка тех или иных маркетинговых параметров на текущий момент времени и получение их прогнозных значений. Прогнозные оценки, как правило, используются для определения целей и стратегий развития как предприятия в целом, так и его маркетинговой деятельности в частности.

На украинском железнодорожном пассажирском транспорте с самого начала создания маркетинговых подразделений активно применялись маркетинговые исследования, охватывающие различные аспекты маркетинговой деятельности. При этом маркетинг железнодорожных пассажирских перевозок был выстроен как система управления, направленная на максимально полное и эффективное удовлетворение транспортных потребностей населения, и предполагал:

- анализ состояния и динамики потребительского спроса на рынке транспортных услуг для населения;
- выявление и исследование клиентских потребностей;
- исследование внешней среды;
- оценку уровня конкуренции на транспортном рынке;
- определение емкости рынка транспортных услуг для населения и рыночной доли (в том числе относительной) железнодорожного транспорта;
- проведение сегментации рынка;

- выделение существующих и перспективных сегментов рынка;

- исследование пассажиропотоков и выявление напряженных сообщений с неудовлетворенным спросом;

- разработку и продвижение на рынке новых сервисных услуг для пассажиров;

- тарифно-ценовую политику для транспортной и сервисных услуг;

- информационно-рекламную поддержку и сопровождение пассажиров;

- исследование детерминантов потребительской ценности транспортной услуги;

- методы стимулирования спроса на транспортные и сервисные услуги для пассажиров.

Результатом данной работы становилось принятие обоснованных управленческих решений, позволяющих удерживать имеющихся пассажиров и привлекать новых за счет созданных (усиленных) конкурентных преимуществ и предоставления населению услуг желаемого уровня и качества. Безусловно, несмотря на все усилия маркетологов и других работников отрасли, сбои в транспортном и сервисном обслуживании пассажиров происходили, но в целом проводимая работа позволяла системно повышать качество услуг и уровень сервиса. Очевидно, что получение такого результата было бы невозможно без маркетинговых исследований, которые лежат в основе всей маркетинговой деятельности в сфере пассажирских перевозок.

Маркетинговые исследования пассажирских перевозок предполагают систематический анализ рынка транспортных услуг для населения и анализ внешней среды для решения тактических и стратегических задач управления пассажирским комплексом железнодорожного транспорта. Система маркетинговых исследований рынка услуг отличается от системы исследований рынка товаров и является гораздо более сложной: маркетинг услуг содержит большее количество элементов, чем маркетинг товара, поэтому и объем входной информации, необходимой для осуществления маркетинговой деятельности, существенно расширяется. Принципиальной особенностью направленности маркетинговых исследований пассажирских перевозок выступает то, что спрос населения на транспортные услуги выступает вторичной потребностью, которая служит для удовлетворения нужд первичного характера (работа, учеба, отдых, посещение родственников и др.). Поэтому при исследовании рынка транспортных услуг приходится учитывать изменения первичных потребностей и факторы, влияющие на них.

К основным направлениям проведения маркетинговых исследований ученые, как правило, относят [1–3, 5]:

- анализ макросреды;
- анализ собственно рынка предприятия;
- анализ структуры рынка (конкуренты, посредники, поставщики и др.);
- исследование продукта (товара, услуги);
- анализ цен;
- исследование методов и каналов сбыта (распределения, реализации);
- исследование способов продвижения продукции на рынке;
- изучение потребителей.

Учитывая специфику транспортной услуги, считаем необходимым расширить круг маркетинговых исследований по следующим направлениям:

– исследование внутренней среды предприятия – для оценки возможностей предприятия разрабатывать и реализовывать мероприятия, которые признаны целесообразными в ходе анализа состояния целевого рынка;

– исследование «разрывов (разломов) обслуживания» между ожиданиями потребителей и их восприятием реальных услуг – для выявления причин удовлетворенности / неудовлетворенности пользователей услуг;

– исследование неудовлетворенного спроса – для удержания имеющихся клиентов и недопущения их перехода на другие виды транспорта.

Система маркетинговых исследований представляет собой совокупность различных методов [8] – от общих методов научного познания до специфических маркетинговых приемов. В каждом конкретном случае, по каждому из вышеуказанных направлений

исследований для решения стоящей задачи применяются соответствующие методы, что обуславливает разнообразие и субъективность деятельности в области маркетинга и служит основой для классификации маркетинговых исследований.

В таблице 1 представлена классификация маркетинговых исследований, которые чаще всего встречаются в научной литературе.

Нами выявлено, что ряд классификационных признаков не имеет четких определений. Некоторые из них дублируют друг друга, отдельные виды маркетинговых исследований включены авторами в несколько групп, выделенных по совершенно разным классификационным признакам, имеют противоречивую характеристику или недостаточно точное содержание. В ходе систематизации существующих классификаций мы пытались избавиться от этих недостатков, однако процесс создания единой классификации маркетинговых исследований требует дальнейшего совершенствования.

Таблица 1 – Классификация маркетинговых исследований

Классификационный признак	Вид маркетинговых исследований	Содержание исследования
По уровню восприятия	Общенаучные	Исследования как совокупность философских, общенаучных и специальных методов и методик
	Специфические	Исследования как функция маркетинга, позволяющая решать разного рода проблемы предприятия
	Рыночные	Исследования как метод, позволяющий собрать информацию о рынке
По назначению	Фундаментальные	Исследования основных рыночных закономерностей, тенденций развития экономики, отраслевых и товарных рынков, макроэкономических показателей, домохозяйств и т.п.
	Прикладные	Исследования для удовлетворения потребности конкретного предприятия в информации, необходимой для принятия управленческих решений, например: исследование спроса на продукцию предприятия, уровня лояльности его потребителей, имиджа торговой марки, состояния каналов дистрибуции, качества обслуживания клиентов и т.п.
По организации проведения	Собственные	Проводятся собственными силами предприятия – его специальным подразделением или временно созданным творческим коллективом
	Сторонние	Проводятся специализированными фирмами, маркетинговыми группами или частными лицами
	Комбинированные	Часть проблемы исследуют сотрудники предприятия, а другую часть – специализированная организация
По периодичности проведения	Разовые	Проводятся только один раз
	Волнообразные	Проводятся периодически «волнами», обычно с равными промежутками времени между «волнами»
	Непрерывные	Проводятся постоянно в течение длительного промежутка времени
По частоте и повторяемости проведения	Однократные, или специальные, целевые	Организовываются для решения исключительной проблемы, выходящей за рамки текущей практики предприятия
	Повторные	Проводятся с целью уточнения, подтверждения ранее полученной информации
	Многоразовые, или систематические	Проводятся в реальном масштабе времени в связи с решением повседневных хозяйственных задач
	Панельные	Проводятся в течение длительного периода времени на одной и той же или сходной группе по неизменной теме
По универсальности результатов	Специальные, или под заказ	Исследования по проблематике конкретного предприятия
	Синдикативные, или универсальные	Исследования по заказу группы предприятий по одной проблематике
По комплексности задач	Мультиклиентские	Исследования для группы клиентов, схожие по целям и задачам
	Мультиспонсированные, или омнибусные	Исследования, сочетающие в себе решение нескольких задач для разных клиентов

Продолжение таблицы 1

Классификационный признак	Виды маркетинговых исследований	Содержание исследования
По количеству преследуемых целей	Одноцелевые	Для решения одной проблемы
	Многоцелевые	Для решения нескольких взаимосвязанных проблем
По степени охвата проблемы	Полные	Позволяют получить всю информацию, необходимую для решения проблемы
	Частичные	Позволяют получить информацию для решения определенной части проблемы
По направлению (сфере) исследования	Внутренние, или само-исследования	Исследования внутренних переменных
	Внешние	Исследования внешних объектов и переменных
По характеру целей и задач исследования	Разведывательные, или поисковые	Сбор информации для предварительной оценки проблемы и ее структурирования позволяют сформировать базу знаний по проблеме и выработать рабочую гипотезу
	Описательные	Предусматривают описание выбранных явлений, объектов исследования и факторов, влияющих на их состояние
	Причинные, или казуальные	Устанавливают характер причинно-следственных связей
	Экспериментальные, или тестовые, проверочные	Предусматривают проверку гипотезы относительно причинно-следственных связей и др.
	Уточняющие	Предназначены для получения информации, идентифицирующей содержание маркетинговой проблемы, а также относительно причин, приведших к ее появлению, и способов выхода из неблагоприятной или критической ситуации
	Констатирующие	Призваны зафиксировать фактически сложившееся состояние объекта исследования и условия, в которых происходит действительное развитие
По месту проведения исследования (по виду используемых источников информации)	«Кабинетные», или непрямые, вторичные	Выполняются на основе вторичной информации в кабинетных условиях
	«Полевые», или прямые, первичные	Фиксируют информацию относительно исследуемого объекта непосредственно в момент и в месте ее возникновения, в естественных условиях
По степени охвата источников (носителей) информации	Сплошные	Охватывают всех носителей необходимых сведений
	Выборочные	Проводятся на совокупности предварительно отобранных носителей информации
По продолжительности отношений с респондентами	Трекинговые, или панельные	Исследования одной и той же группы людей на протяжении определенного периода времени
	Одноразовые сечения (срезы)	Разовые, непериодические исследования только что сформированной группы людей в конкретный промежуток времени
По регулярности привлечения аудитории	Случайная выборка	К исследованию привлекаются случайно отобранные для изучения респонденты, относящиеся к целевой аудитории
	Аксесс-панель	Исследования проводятся на постоянной базе респондентов, регулярно принимающих в них участие
По территориальному охвату	Региональные	Исследуются объекты в пределах региона
	Национальные	Исследуются объекты в пределах страны
	Международные	Исследуются объекты внутри страны и за ее пределами (в других странах)
По методике сбора данных	Количественные	Методы исследования, основанные на использовании структурированных вопросов закрытого типа, на которые отвечает большое количество респондентов
	Качественные	Сбор, анализ и интерпретация данных путем наблюдения за взаимодействием субъектов с объектом исследования; наблюдения и выводы осуществляются в нестандартизированной форме
	Смешанные	Сочетание количественных и качественных методов, ставятся вопросы закрытого и открытого типа; часть наблюдений и выводов имеют стандартизированную форму, другая часть – произвольную
По характеру получаемых результатов	Пояснительные	Получение ответа на вопросы «почему так происходит» и «как именно это происходит»
	Измерительные	Выявление конкретных (преимущественно количественных) характеристик исследуемого объекта
	Микс-методы	Комбинация пояснительных и измерительных методов, что позволяет получить более разностороннюю информацию в отношении объекта исследования

Окончание таблицы 1

Классификационный признак	Виды маркетинговых исследований	Содержание исследования
По объектам исследования	Демоскопические	Предусматривают изучение поведенческих аспектов объектов исследования
	Экоскопические	Преследуют цель оценить экономические аспекты объектов исследования
По способу получения данных	Опрашиваемые	Предусматривают получение информации от респондентов путем интервью, анкет, опросных писем, дневников и проч.
	Аппаратные	Участие человека полностью исключается
По методу организации исследования	Опрос	Получение информации путем выявления мнений целевой аудитории
	Наблюдение	Получения информации без какого-либо взаимодействия с объектом наблюдения
	Эксперимент	Исследование влияния определенных факторов на объект изучения методом контролируемого изменения одного или нескольких факторов и отслеживания их влияния на объект исследования
	Имитационное моделирование	Метод исследования с применением предварительно разработанной математической модели, которая адекватно воспроизводит поведение объекта исследования
	Метод экспертных оценок	Комплекс процедур, направленных на получение от специалистов информации, ее анализ и обобщение

Представленная нами в таблице 1 классификация маркетинговых исследований содержит достаточно подробную разбивку методов исследований на виды. Такой подход позволяет создавать максимально эффективные системы исследований, которые отлично работают в условиях практически любого конкретного рынка. В свою очередь это обеспечивает гибкость в принятии решений по различным вопросам и практическим проблемам, возникающим как в ходе проведения маркетинговых исследований, так и при разработке мероприятий по результатам исследований.

В настоящее время значительно усилились главные тенденции, обуславливающие необходимость получения более адекватной и широкой маркетинговой информации, а именно: переход от маркетинга на местном уровне к общенациональному маркетингу; переход от потребительских нужд к потребительским предпочтениям и потребительским запросам; перенос акцента с ценовой конкуренции на неценовую. Эти тенденции приводят к необходимости в изменении приоритетов

в маркетинговой деятельности, что, в свою очередь, требует соответствующего информационного обеспечения. Адекватную информацию могут дать только маркетинговые исследования, которые соответствуют всем принципам научных исследований и одновременно позволяют решить специфические маркетинговые, в том числе стратегические, задачи.

#### Список литературы

- 1 **Голубков, Е. П.** Маркетинговые исследования: теория, методология, практика. / Е. П. Голубков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Финпресс, 2000. – 464 с.
- 2 **Войчак, А. В.** Маркетингові дослідження : підручник / А. В. Войчак, А. В. Федорченко ; за наук. ред. А. В. Войчака. – К. : КНЕУ, 2007. – 408 с.
- 3 **Ілляшенко, С. М.** Маркетингові дослідження : навч. посіб. / С. М. Ілляшенко, М. Ю. Баскакова ; за ред. С. М. Ілляшенка. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 192 с.
- 4 **Илловыйский, Н. Д.** Сервис на транспорте (железнодорожном) / Н. Д. Илловыйский, Н. С. Киселев. – М. : Маршрут, 2003. – 585 с.

Получено 10.05.2017

**T. S. Melnik.** Directions and types of marketing research in the field of passenger transport including transportation.

Clarified the concept of "marketing research" and its difference from the concept of "market research". The principles of marketing research as an integral part of research and as a specific way of getting information. Summarize the marketing research system, formed in the passenger sector of railway transport of Ukraine. Based on the developed practice and specificity of the transport services proposed new directions of marketing researches in passenger transport. Analyzed the existing classifications of marketing research, executed their systematization and ordering. The resulting classification allows us to give them comprehensive, clearly focused on solving the problems.

## ПОДГОТОВКА КАДРОВ

УДК 658.8

*С. Н. КАРАСЕВИЧ, кандидат технических наук, ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта», г. Москва, Российская Федерация, Д. Г. БЕСЧЕТНЫЙ, менеджер компонента 4 Проекта ГЭФ/ПРООН – Министерства транспорта Российской Федерации № 00080462 «Сокращение выбросов парниковых газов от автомобильного транспорта в городах России», г. Москва, С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

### РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ГОРОДСКОМУ ТРАНСПОРТНОМУ ПЛАНИРОВАНИЮ

Рассмотрены вопросы создания профессионального сообщества ученых и специалистов по городскому транспортному планированию. Приведены результаты анализа деятельности национальных и зарубежных объединений и организаций, связанных с вопросами городского транспортного планирования и управления. Выполнен анализ организационных структур и специфик деятельности данных организаций в России и за рубежом, проведено исследование возможных вариантов создания рассматриваемого экспертного сообщества и на этой основе разработаны предложения по определению функций, полномочий, организационно-правовой структуры и основных направлений работы профессионального объединения в рассматриваемой сфере деятельности.

До настоящего времени в Российской Федерации, в Республике Беларусь и на просторах Евразийского экономического союза в целом, в отличие от других развитых стран, не существует консолидирующего и консультативного органа, постоянно действующей дискуссионной площадки профессионального сообщества в сфере городского транспортного планирования, которое бы объединяло ведущих ученых и специалистов в данной сфере деятельности. Результатом этого является отсутствие адекватной современным вызовам системы экспертной оценки, научного обоснования, методического обеспечения, образовательной деятельности и повышения квалификации в области транспортного планирования, особенно в сфере городского транспорта и организации дорожного движения.

Учитывая то обстоятельство, что крупные города России, Беларуси, Казахстана и других стран Евразийского экономического союза сталкиваются с теми же транспортными проблемами, что и в США и Западной Европе в 1960–1970-х гг., ключевым элементом достижения успеха в решении проблем является возможность обсуждения и передачи прогрессивного национального и зарубежного опыта, а также его широкое распространение и адаптация в городах. Отдельные попытки заимствования прогрессивного опыта имеются и сейчас, однако они носят бессистемный характер, и в силу того, что этим занимаются разрозненные специалисты и научно-проектные организации, в большинстве случаев желаемые результаты не достигаются.

Практика национального городского транспортного планирования в настоящее время характеризуется волюнтаризмом лиц, принимающих решения. Однако подобная ситуация возникает не только как результат сложившихся за последние 20 лет подходов к администрированию, но и как следствие дефицита хорошо образованных кадров, который испытывает сфера транспортного планирования. Кризис общественного транспорта наблюдается и в сокращении транспортной работы, и в оттоке специалистов, что связано с отсутствием спроса на экспертную точку зрения. При этом существуют отраслевые профессиональные организации,

общественные объединения, однако их участие в процессе реформирования, а также управления и планирования работы систем городского транспорта можно определить как незначительное.

Сложившаяся ситуация некоторого отставания в развитии отрасли пассажирских перевозок делает особенно актуальной деятельность профессиональной ассоциации ученых и специалистов по городскому транспортному планированию и управлению в пространстве политических решений. Усилия производителей подвижного состава и комплектующих, сотрудников органов власти, общественных деятелей, научных работников, выступающих против развала отрасли пассажирского транспорта и за увеличение эффективности процессов транспортного планирования, носят разрозненный и эпизодический характер. В этой связи ключевая функция профессиональной ассоциации – аккумуляция ресурсов и последовательная работа по политической поддержке проектов развития городского транспорта в городах стран Евразийского экономического союза, а также росту инвестиционной привлекательности рассматриваемой сферы деятельности, равно как и содействие образовательным инициативам в отрасли.

Таким образом, создание профессиональной ассоциации ученых и специалистов по городскому транспортному планированию является весьма актуальной задачей, что было отражено на «круглом столе», который проходил в мае 2015 г. в Москве на площадке Института экономики транспорта и транспортной политики НИУ «Высшая школа экономики» и объединил многих ведущих экспертов и профессионалов в области транспортного планирования. При обсуждении текущего положения дел по проблемам развития и функционирования транспортных систем городов все участники дискуссии согласились с тем, что развитие отрасли идет не лучшим образом. В отрасли недостаточное количество молодых специалистов, отсутствуют или недостаточно развиты подходы к организации передачи опыта от старшего поколения молодому. Эксперты сошлись во мнении, что необходимо как можно скорее начинать подготовку будущих ученых

(кандидатов и докторов наук) из практиков, однако этому во многом мешает отсутствие единого образовательного стандарта по направлениям «транспортное планирование» и «устойчивый транспорт» [1].

Для разработки предложений по созданию профессионального объединения ученых и специалистов по городскому транспортному планированию и управлению проведено исследование в рамках реализации Проекта ГЭФ/ПРООН – Министерства транспорта Российской Федерации № 00080462 «Сокращение выбросов парниковых газов от автомобильного транспорта в городах России» [2].

Выполнен комплексный анализ организационных структур и специфик деятельности аналогичных организаций по городскому транспортному планированию в России и за рубежом. Разработаны предложения по определению организационной структуры, целям и направлениям работы профессиональной ассоциации ученых и специалистов по городскому транспортному планированию и управлению, имеющей базы данных по членам ассоциации и по поставщикам услуг и оборудования для транспортной отрасли. Дано описание организационной структуры аналогичных объединений в России и за рубежом, приведено методическое описание обследования эффективности деятельности организаций, а также разработаны проекты уставных документов организации. Организован и проведен ряд заседаний по обсуждению уставных документов создаваемого объединения ученых и специалистов по городскому транспортному планированию и управлению. В подготовленных проектах уставных документов учтены предложения и замечания заинтересованных лиц.

Методология проведения работ заключалась в использовании методами системного анализа, обобщения, сравнения, аналогий и экспертных оценок с последующей разработкой обоснованных выводов и рекомендаций, экспертных заключений.

Эффективность работы аналогичных организаций в России и за рубежом оценена путем непосредственного опроса представителей ассоциаций и независимых экспертов, а также контент-анализа средств массовой информации. Дана характеристика деятельности существующих ассоциаций посредством SWOT-анализа. Опрос охватил как представителей руководящего состава, так и рядовых сотрудников ассоциаций.

Установлено, что в отличие от Российской Федерации в Европе были организованы и эффективно работают ассоциации специалистов и экспертов в области транспортных систем. Зачастую такие профессиональные объединения выполняют роль коммуникативных площадок, с помощью которых экспертное сообщество планирует и проводит образовательную политику, административную и информационную работу. Влияние таких организаций различно, но все они без исключения являются активными и, главное, консолидированными участниками процессов транспортного планирования и функционирования городов и их агломераций.

После рассмотрения наиболее подходящих вариантов организационно-правовой формы создаваемой организации (ассоциация, некоммерческое партнерство, автоном-

ная некоммерческая организация) с учетом юридических аспектов сделан вывод о том, что наиболее целесообразной представляется такая форма, как ассоциация.

Согласно п. 1 ст. 123.8 ГК ассоциацией (союзом) признается объединение юридических лиц и (или) граждан, основанное на добровольном или в установленных законом случаях на обязательном членстве и созданное для представления и защиты общих, в том числе профессиональных, интересов, для достижения общественно полезных целей, а также иных, не противоречащих закону и имеющих некоммерческий характер целей.

Ассоциация (союз) является некоммерческой корпоративной организацией. Соответственно, ее члены обладают так называемыми корпоративными правами, к числу которых относятся права: участвовать в управлении делами корпорации; в случаях и в порядке, предусмотренных законом и уставом корпорации, получать информацию о деятельности корпорации и знакомиться с ее бухгалтерской и иной документацией; обжаловать решения органов корпорации, влекущие гражданско-правовые последствия, в случаях и порядке, которые предусмотрены законами т. д.

Разработан проект уставных документов ассоциации, обозначены возможные варианты финансирования создаваемого профессионального сообщества. Выполненные работы позволили сформулировать предложения по цели, задачам и основным направлениям деятельности ассоциации ученых и специалистов по городскому транспортному планированию в России.

Целями деятельности ассоциации являются выработка единых подходов к решению транспортных проблем в российских городах; содействие повышению качества транспортного планирования, содействие повышению качества образования и компетенций в области транспортного планирования; поддержка научных исследований в этой сфере, а также последовательная работа по повышению качества нормативно-технической и нормативно-правовой базы, в том числе путем проведения транспортно-социологических исследований и создания доступной для членов Ассоциации общероссийской базы статистических и иных исходных данных для городского транспортного планирования, включая базу данных по поставщикам услуг и оборудования для транспортной отрасли, повышение прозрачности рынка услуг по городскому транспортному планированию, а также обобщение и анализ наиболее прогрессивных достижений в данной сфере.

Ассоциация создается на основе признания авторитета в профессиональной среде и квалификации учредителей ассоциации и её членов, признания других объединений и организаций специалистов в сфере транспорта как в России, так и за рубежом и не будет выполнять работы на рынке услуг по транспортному планированию.

Для реализации вышеуказанной цели ассоциация по городскому транспортному планированию решает следующие задачи:

- осуществляет сбор, систематизацию мирового опыта, обобщает и анализирует наиболее прогрессивные достижения в области городского транспортного планирования, содействует их внедрению и наиболее полному использованию в практической деятельности



ведомств и организаций, занимающихся вопросами транспортного планирования в городах Российской Федерации;

- участвует в формировании нормативной, законодательной и методической базы в сфере городского транспортного планирования;

- формирует и реализует собственные научные исследования, программы и проекты, конференции, симпозиумы и семинары в области городского транспортного планирования и управления;

- организует работы творческих коллективов (рабочих групп) для выполнения перспективных исследований в области городского транспортного планирования, внедрения современных высокоэффективных методов, технологий и оборудования, а также экспертизы знаковых проектов в сфере городского транспортного планирования;

- участвует в работе научно-практических, экспертных и других советов по функциональным направлениям в области городского транспортного планирования и развития транспортных систем;

- консолидирует усилия отечественных и иностранных специалистов на решение проблем по формированию и реализации совместных практических, технических и образовательных программ, стандартов и проектов в сфере городского транспортного планирования;

- содействует установлению и развитию сотрудничества между национальными и международными ассоциациями, центрами, организациями и общественными объединениями, осуществляющими научную и практическую деятельность в области городского транспортного планирования;

- привлекает источники финансирования научно-практических исследований в области городского транспортного планирования, содействует улучшению их материально-технической базы;

- привлекает на основе информационной и организаторской деятельности добровольные пожертвования отечественных и иностранных научно-проектных объединений, организаций различной формы собственности и граждан.

Ассоциация осуществляет деятельность по следующим направлениям:

- содействие выполнению фундаментальных, прикладных исследований и научно-технических разработок в области городского транспортного планирования;

- установление прямых международных контактов и связей, способствующих развитию научных исследований по городскому транспортному планированию, применению современных прогрессивных методов и технологий, подготовка и подписание соответствующих соглашений, меморандумов и иных документов;

- создание и обеспечение работы научно-технического (ученого) совета и экспертных (рабочих) групп по основным направлениям в области городского транспортного планирования и управления;

- оказание консультационных услуг по вопросам городского транспортного планирования, в том числе на федеральном уровне во взаимодействии с Министерством транспорта России;

- организация обмена экспертными знаниями в области городского транспортного планирования;

- организация конференций, семинаров, симпозиумов, выставок, в том числе с участием иностранных ор-

ганизаций и специалистов по проблематике, связанной с городским транспортным планированием;

- осуществление в установленном законодательством Российской Федерации порядке издательской деятельности, учреждение собственных научно-технических журналов и других средств массовой информации (сайта, статей и т. д.), издание материалов конференций и симпозиумов, научных статей, методических и учебных пособий по тематике – «городское транспортное планирование»;

- подготовка, рецензирование, редактирование и издание специальной, информационной и другой продукции в области городского транспортного планирования;

- осуществление деятельности по научной экспертизе проектов законодательных, нормативных правовых, распорядительных и методических актов и документов по городскому транспортному планированию в Российской Федерации;

- проведение независимой научной экспертизы программ, проектов и разработок в области городского транспортного планирования в интересах общества, научно-проектных организаций, органов исполнительной власти Российской Федерации;

- участие в разработке образовательных программ и стандартов по подготовке высококвалифицированных кадров и дополнительного образования в области городского транспортного планирования;

- участие на согласованной основе в аттестации и аккредитации высших учебных заведений и систем подготовки кадров, аттестации педагогических кадров, проводимых в установленном законодательством порядке, и подготовка предложений по совершенствованию этой деятельности;

- оказание помощи в направлении членов ассоциации на стажировку в ведущие зарубежные научные центры и институты по городскому транспортному планированию, на выставки, конференции, симпозиумы и семинары;

- вступление в международные ассоциации, союзы, фонды и иные объединения, а также участие в их учреждении в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации;

- осуществление благотворительной деятельности для поддержания развития отечественной и мировой науки в сфере городского транспортного планирования, оказание помощи отдельным организациям и коллективам, специалистам в реализации проектов и программ в области городского транспортного планирования, в том числе в защите их прав на интеллектуальную собственность;

- PR-продвижение и маркетинг-позиционирование деятельности ассоциации и её членов (молодых учёных и т. д.);

- создание динамической системы – перечня всех мировых и национальных конференций и семинаров для участия членов ассоциации;

- создание в установленном законодательством порядке региональных отделений, филиалов и представительств в Российской Федерации ассоциации по городскому транспортному планированию;

- создание статистических справочников и баз данных для научных исследований;

- формирование базы данных по членам организа-

ции и базы данных по поставщикам услуг и оборудования для транспортной отрасли.

Приведенный перечень направлений деятельности не является исчерпывающим и может получить дальнейшее развитие в рамках процесса формирования ассоциации ученых и специалистов по транспортному планированию.

Предусмотрено формирование экспертных (рабочих) групп по функциональным направлениям деятельности (экология, безопасность движения, интеллектуальные транспортные системы и др.), в которые включены члены экспертных (рабочих) групп.

Внесены предложения по целесообразности консолидации усилий создаваемой ассоциации ученых и специалистов по транспортному планированию и управлению с интернет-ассоциацией ученых и специалистов, действующих в рамках международной конференции «Проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния», г. Екатеринбург (URL: <http://www.waksman.ru/>), а также с учрежденной в 2015 году Ассоциацией транспортных инженеров, г. Санкт-Петербург (URL: <http://www.traffic-ing.ru>), направления деятельности которых имеют близкую направленность.

Ведущая роль в функционировании интернет-ассоциации «Проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния» принадлежит оргкомитету конференции и непосредственно основателю организации С. А. Ваксману (г. Екатеринбург).

Ассоциация транспортных инженеров представляет собой профессиональное объединение физических и юридических лиц, работающих в сфере развития и обеспечения эффективного функционирования транспортных систем, в том числе:

- подготовки и повышения квалификации транспортных инженеров;
- экологической безопасности городских транспортных систем;
- городского пассажирского транспорта общего пользования;
- интеллектуальных транспортных систем;
- организации и безопасности дорожного движения;
- развития транспортной инфраструктуры;
- транспортного планирования и моделирования.

Миссия Ассоциации транспортных инженеров – популяризация использования принципов планирования и моделирования транспортных потоков для улучшения функционирования и развития транспортных систем через повышение качества транспортного планирования, развитие профессиональных навыков и мастерства транспортных инженеров, а также объединение всех, кто планирует, моделирует, прогнозирует и управляет транспортными потоками.

Вместе с этим рассмотрена возможность создания профессионального объединения ученых и специалистов по транспортному планированию и управлению на базе консультационного органа при Минтрансе России. (Постановлением расширенного заседания Коллегии Министерства транспорта Российской Федерации от 24.10.2012 № 3 предусмотрено создание

федерального консультационного органа по вопросам городских и транспортных систем на базе государственного научно-исследовательского института [3]).

Разработаны и внесены предложения по возможному институциональным механизмам взаимодействия создаваемой ассоциации ученых и специалистов по транспортному планированию и управлению с Министерством транспорта Российской Федерации (рисунок 1).



Рисунок 1 – Институциональный механизм взаимодействия ассоциации ученых и специалистов по транспортному планированию с Министерством транспорта Российской Федерации

В перспективе целесообразно создание филиалов (региональных представительств) ассоциации в городах Санкт-Петербург, Екатеринбург, Иркутск, Ростов-на-Дону и Пермь, где имеется научный кадровый потенциал по городскому транспортному планированию и другие ресурсные возможности.

На следующем этапе актуально объединение создаваемой профессиональной ассоциации в Российской Федерации с аналогичными (создаваемыми и существующими) профессиональными объединениями специалистов по транспортному планированию и управлению в странах Евразийского экономического союза.

Полученные результаты работ выступают в качестве обоснования и методического сопровождения практической деятельности по созданию профессиональной ассоциации ученых и специалистов по городскому транспортному планированию и управлению в России и могут быть использованы для становления и создания профессиональной ассоциации ученых и специалистов по транспортному планированию на просторах Евразийского экономического союза.

**Заключение.** Появление профессионального сообщества, деятельность которого направлена на содействие образованию и повышению компетенций в области планирования транспортных систем городов, поддержку научных разработок в этой сфере, а также последовательную работу по повышению эффективности процессов транспортного планирования в городах, позволит повысить качество и эффективность транспортного планирования в городах, в том числе закре-

пить экологическую ответственность за реализацию мер по развитию транспортных систем городов в качестве одного из основных принципов работы членов ученого сообщества. Профессиональная ассоциация ученых и специалистов по городскому транспортному планированию и управлению обеспечит участие транспортных планировщиков в градостроительной политике для обеспечения баланса интересов и повышения эффективности деятельности в области транспортного планирования.

Вместе с этим создание ассоциации ученых и специалистов по транспортному планированию и управлению позволит обеспечить использование потенциала, приобретенного в рамках Проекта ГЭФ/ПРООН – Министерства транспорта Российской Федерации № 00080462 «Сокращение выбросов парниковых газов от автомобильного транспорта в городах России» после его завершения. На начальном этапе становления профессиональной ассоциации в России может быть оказана определенная финансовая поддержка в рамках вышеназванного проекта.

Авторы настоящей статьи демонстрируют достигнутые к настоящему времени результаты и призывают заинтересованных лиц способствовать становле-

нию и развитию рассмотренного профессионального сообщества на просторах Евразийского экономического союза.

#### Список литературы

1 Общественная организация управления транспортными системами городов и планирование их развития / С. А. Ваксман [и др.] // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: материалы юбилейной XXII Междунар. (двадцать пятой Екатеринбургской) науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16–17 июня 2016 г. / Уральский гос. экономич. ун-т; ред. кол.: С. А. Ваксман [и др.]. – Екатеринбург, АМБ, 2016. – С. 29–44.

2 Разработка предложений по созданию профессионального сообщества ученых и специалистов по транспортному планированию и управлению, имеющего базу данных по членам ассоциации и базу данных по поставщикам услуг и оборудования для транспортной отрасли: отчет НИР (I–II этап) / ОАО «НИИАТ»; рук. С. Н. Карасевич, исполн.: А. А. Ступина [и др.]. – М., 2016.

3 Постановление расширенного заседания Коллегии Министерства трансп. Российской Федерации от 24.10.2012 г. № 3.

Получено 12.12.2016

**S. N. Karasevich, D. H. Beschety, S. A. Azemsha.** Development of proposals on creation of the professional community of scientists and experts in urban transport planning.

Considers the issues of establishing a professional association of scientists and experts in urban transport planning. Below are the results of analysis of the activities of national and international communities and entities related to the issues of urban transport planning and transport management. The analysis of organizational structures and specific activities of these organizations in Russia and abroad, the study of possible options for establishing companies and proposals as for the functions, powers, legal structure and key activities of professional associations in this sphere.

Редакторы: *И. И. Эвентов, А. А. Павлюченкова*  
Технический редактор *В. Н. Кучерова*  
Корректор *Т. А. Пугач*  
Компьютерная верстка – *С. В. Ужанкова*

Подписано в печать 22.09.2017 г. Формат 60x84<sup>1/8</sup>. Бумага офсетная.  
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 13,02. Уч.-изд. л. 13,44. Тираж 100 экз. Изд. № 27. Зак. № 3387.

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет транспорта»  
ЛП № 02330/238 от 14.04.2014 г.  
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель