

ISSN 2664-5025



**ПРОБЛЕМЫ
ПЕРСПЕКТИВНОГО
РАЗВИТИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ
СТАНЦИЙ И УЗЛОВ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ СБОРНИК
НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

ГОМЕЛЬ 2021

ВЫПУСК 3

**ПРОБЛЕМЫ
ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ
СТАНЦИЙ И УЗЛОВ**

Международный сборник научных трудов

ВЫПУСК 3

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

ПРОБЛЕМЫ
ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ
СТАНЦИЙ И УЗЛОВ

Международный сборник научных трудов

В ы п у с к 3

Под общей редакцией доктора технических наук А. К. ГОЛОВНИЧА

Гомель 2021

В сборник включены научные статьи ученых транспортных вузов по различным вопросам перспективного развития железнодорожных станций и узлов.

Для магистрантов, аспирантов и научных работников, занимающихся проблемами совершенствования, эффективного использования путевого развития и технического оснащения железнодорожных станций и транспортных узлов.

Приказом Высшей аттестационной комиссии
Республики Беларусь № 22 от 30.01.2020 г. сборник научных трудов
«Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов»
включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь
для опубликования результатов диссертационных исследований
по технической отрасли науки (управление процессами перевозок)

Редакционный совет:

Головнич А. К. (главный редактор), доктор технических наук, доцент
(Гомель, БелГУТ);

Вакуленко С. П. (зам. главного редактора), кандидат технических наук,
профессор (Москва, РУТ – МИИТ);

Власюк Т. А. (отв. секретарь), кандидат технических наук, доцент
(Гомель, БелГУТ);

Негрей В. Я., доктор технических наук, профессор (Гомель, БелГУТ);

Еловой И. А., кандидат технических наук, доктор экономических наук,
профессор (Гомель, БелГУТ);

Бессоненко С. А., доктор технических наук, доцент
(Новосибирск, СГУПС);

Пазойский Ю. О., доктор технических наук, профессор
(Москва, РУТ – МИИТ);

Числов О. Н., доктор технических наук, доцент
(Ростов-на-Дону, РГУПС)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
<i>Алаев М. М., Ефимова А. Н.</i> Разработка мер повышения эффективности и безопасности работы транспортно-пересадочного узла Одинцово.....	6
<i>Акмаммедова Ш.</i> Моделирование логистических процессов в железнодорожной сети.....	14
<i>Арбузова А. А.</i> Анализ актуальности и возможности создания интеллектуальной системы планирования работы сортировочной станции.....	17
<i>Вакуленко С. П.</i> Оценка эффективности использования путевого развития промышленной станции в системе имитационного моделирования ИСТРА.....	24
<i>Вакуленко С. П., Куренков П. В., Астафьев А. В.</i> Логистика функционирования железнодорожного транспорта в годы Великой Отечественной войны.....	33
<i>Вакуленко С. П., Куренков П. В., Астафьев А. В.</i> Транспортные коммуникации на Ладожском озере в 1941–1944 гг.	37
<i>Вакуленко С. П., Куренков П. В., Астафьев А. В.</i> Транспортная логистика «Танкограда» в годы Великой Отечественной войны.....	41
<i>Ван Юйбянь.</i> Анализ факторов, оказывающих влияние на пропускную способность железнодорожного участка при организации высокоскоростного движения.....	46
<i>Власюк Т. А.</i> Применение матрицы Ансоффа для решения задач оценки эффективности работы железнодорожного транспорта при обслуживании межрегионального пассажирского сообщения.....	57
<i>Власюк Т. А., Белоус А. Н.</i> Применение GAP-анализа для оценки качества информационного обеспечения пассажиров на железнодорожных вокзалах.....	63
<i>Власюк Т. А., Цзэн Сяньфэн.</i> Применение вертикальной системы организации пространства на железнодорожных вокзалах КНР.....	67
<i>Головнич А. К.</i> Антропоморфные объекты в 3D-моделях технологических процессов железнодорожных станций.....	78
<i>Еловой И. А., Осипенко Л. В., Потылкин Е. Н.</i> Подходы к формированию тарифов за услуги по подаче и уборке вагонов локомотивом перевозчика на железнодорожные пути необщего пользования.....	90
<i>Ерофеев А. А.</i> Апостериорная модель интеллектуальной диспетчерской корректировки графика движения поездов.....	96
<i>Каширцева Т. И.</i> Влияние структуры поездопотока на параметры пассажирских технических станций.....	107
<i>Кекиш Н. А., Скумина М. А.</i> Комплексная система управления порожними вагонопотоками для различных вариантов структуры вагонного парка по собственности и с учетом ограничений по загрузке инфраструктуры.....	112
<i>Климов А. А.</i> Проблемы обеспечения безопасности переработки вагонопотоков на сортировочных горках в современных условиях.....	124
<i>Короткевич И. В., Смагин Ю. С.</i> Моделирование работы железнодорожной станции по адекватному функционалу цифрового двойника.....	140

<i>Кулиев Н. А., Ходжанепесов К. А., Шихиев А. Х.</i> Международный морской порт Туркменбаши – «морские ворота» Туркменистана	146
<i>Кулиев Н. А., Ходжанепесов К. А., Шихиев А. Х.</i> Перспективное направление развития Транскаспийского международного транспортного маршрута.....	150
<i>Куренков П. В., Лёвин С. Б.</i> Полимодальная логистика транспортных узлов: история, проблемы и подготовка кадров	153
<i>Михальченко А. А.</i> Современные аспекты формирования сети станций на полигоне железной дороги	165
<i>Негрей В. Я.</i> Развитие транспортных систем	173
<i>Падалица В. А., Тумель С. А., Енин С. В.</i> Концепция создания цифровой платформы координации Евразийских грузопотоков в рамках экосистемы цифровых транспортных коридоров ЕАЭС	180
<i>Пазойский Ю. О., Шмаль С. Н.</i> Комбинаторика развязок железнодорожных линий разного уровня в узлах	188
<i>Переппавченко Е. М.</i> Топологическая трансформация масштабного плана станции в немасштабную схему по формату композиционного листа	194
<i>Репешко Н. А., Колобов И. А., Магомедова Н. М., Осипова Н. Р.</i> Автоматизированный диагностический комплекс «ЭРА+» для выявления неисправностей инфраструктуры и вагонов	198
<i>Терещенко Е. А.</i> Оценка возможности секционирования сортировочных путей безгорочных грузовых станций Белорусской железной дороги.....	196
<i>Числов О. Н., Трапенов В. В., Луганченко Н. М.</i> Концепция цифрового имитационного моделирования железнодорожного транспортно-складского комплекса	207
Правила оформления статей	216

ВВЕДЕНИЕ

Инфраструктура железнодорожного транспорта в значительной степени определяет эффективность перевозок, формируя логистическую структуру сети маршрутов поездов с особенностями технологии их обслуживания на отдельных пунктах. Ключевую роль играют железнодорожные станции и узлы, мощность путевого развития и технического оснащения которых выступает регулятором транспортных процессов, обладая определёнными предельными величинами пропускной и перерабатывающей способности парков, горловин, горок, внутристанционных и внутриузловых соединительных линий. Немаловажное значение играет организация работы с рациональным использованием существующих технических мощностей и резервов. При комплексном учёте значимых условий и факторов, влияющих на качество перевозочного процесса, удаётся определить стратегию и тактику наиболее полного удовлетворения потребителей транспортных услуг, использующих железную дорогу для обеспечения перевозок.

В условиях роста скоростей движения и транспортных нагрузок от грузоподъемного подвижного состава усиливаются требования к надежности и безопасности функционирования инфраструктуры. Учёные-транспортники и практики принимают активное участие в решении возникающих проблем, обеспечивая научное, методическое и инженерное сопровождение актуальных задач совершенствования путевого развития. В данном сборнике публикуются результаты исследований, которые имеют важное практическое значение и позволяют получить значимый экономический эффект.

Особое место отводится публикациям, посвящённым роли железнодорожного транспорта в Великой Отечественной войне. Многие технические и технологические новации, успешно использующиеся в практике работы железных дорог, возникли и развились в военные годы. Мы уверены в том, что дальнейшее развитие транспорта неотделимо от его великой истории, тем более такой, которая связана с Великой Победой. Публикации этого цикла рассказывают об интересных и оригинальных технических решениях обеспечения транспортных перевозок для фронта и тыла, многие из которых при использовании существующего уровня информатизации могут получить дальнейшее развитие.

УДК 656.212

М. М. АЛАЕВ, А. Н. ЕФИМОВА

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

A777MM@yandex.ru

РАЗРАБОТКА МЕР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНОГО УЗЛА ОДИНЦОВО

Исследуются условия и технические возможности обеспечения безопасного обслуживания пассажиров и маломобильных граждан на инфраструктуре транспортно-пересадочного узла Одинцово.

Согласно международной договорённости и конвенции ООН «О правах инвалидов», ратифицированной Федеральным законом от 03.05.2012 № 46-ФЗ и вступившей в силу на территории России 25 октября 2012 года, государства – участники конвенции обязаны создавать все необходимые условия по обеспечению надлежащего уровня доступа маломобильным гражданам к транспортной инфраструктуре, информации и связи наравне с людьми, не имеющими постоянных или временных нарушений со здоровьем и социализацией в обществе. Федеральные законы № 46 от 03.05.2012 и № 181 от 15.11.1995, целью которых является создание необходимых условий, направленных на удовлетворение потребностей маломобильных граждан и исключение препятствий, из-за которых люди с ограниченными возможностями (ОВЗ) испытывают проблемы при передвижении. При возникновении подобных ситуаций у людей с ОВЗ в экономической, политической и других сферах жизни происходит нарушение их прав и свобод, которые охраняются Конституцией Российской Федерацией, нормами международного права и международными договорами России.

В настоящий момент в Российской Федерации достаточно остро ощущается проблема, связанная с отсутствием специальных вспомогательных сооружений и устройств, которые обеспечивают доступность всем гражданам к объектам транспортной, социальной и инженерной инфраструктур. Для обеспечения достаточного уровня доступности объектов железнодорожной инфраструктуры на ОАО «Российские железные дороги» вышло распоряжение от 15.07.2016 № 1427Р «Об утверждении методики оценки доступности для пассажиров из числа инвалидов объектов пассажирской инфраструктуры, вагонов, пассажирских поездов и предоставляемых услуг».

В настоящее время на многих станциях Московского транспортного узла недостаточно развиты объекты вспомогательной инфраструктуры, например, на станции Одинцово города Одинцово Московской области, входящей в состав направления «Московские центральные диаметры» (МЦД-1). Объекты пассажирского комплекса на станции и в её окрестностях слабо развиты:

- на железнодорожной станции построены три высокие платформы (одна островная и две боковые);
- крытый пешеходный мост, который располагает пандусами, сооруженными не в полном соответствии с ГОСТ Р 51261-2017 «Устройства опорные стационарные реабилитационные. Типы и технические требования».

Отсутствие достаточного количества вспомогательных устройств на станции в условиях увеличения пассажиропотока после открытия МЦД-1 приводит к увеличению количества несчастных случаев, произошедших на объектах транспортной инфраструктуры. По официальной статистике на Московской железной дороге (МЖД) за 2020 год произошло 736 несчастных случаев. Основной причиной нарушения, ведущего к возникновению опасности при совершении поездной и маневровой работы на Московской железной дороге, является несанкционированный переход железнодорожных путей гражданами в запрещенных местах.

При исследовании схем движения пассажиропотоков и их скорости движения на станции Одинцово в зависимости от возраста людей, составляющих пассажиропотоки, можно рассчитать скорости движения, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Средние скорости движения пассажиров в зависимости от возраста и пола объектов

В километрах в час

Возраст (лет)	Мужчины	Женщины
1,5		1,8
2–3		2,5
3–4		3,2
4–5		3,6
5–6		4,0
6–7		4,3
7–8	4,4	4,2
8–10	4,6	4,3
10–12	4,9	4,8
12–15	5,2	5,0
15–20	5,4	5,2
20–30	5,7	5,3

Окончание таблицы 1

Возраст (лет)	Мужчины	Женщины
30–40	5,7	5,2
40–50	5,3	4,9
50–60	4,8	4,5
60–70	3,9	3,8
Среднее значение скорости	4,33	4,16

Скорость перемещения ребенка, не достигшего 18 месяцев, находящегося в коляске, равна примерно 4 км/ч, так как коляской управляет взрослый человек. Мужчин и женщин старше 70 лет, вышедших в пенсионный возраст согласно нормативно-правовому акту от 03.10.2018 № 350-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам назначения и выплаты пенсий», условно приравняем к людям, имеющим трудности в перемещении. На рисунке 1 представлена зависимость скорости передвижения от возраста человека.

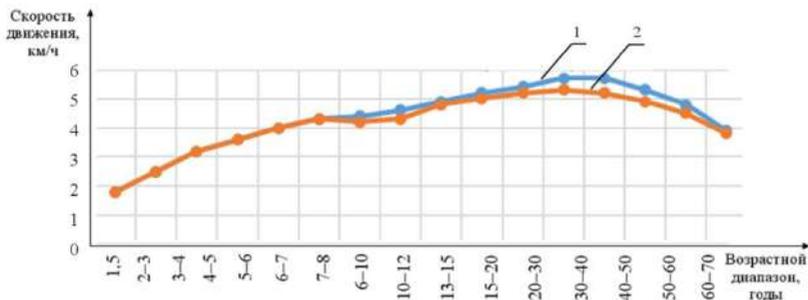


Рисунок 1 – Зависимость скорости передвижения от возраста групп людей:
1 – мужчины; 2 – женщины

На основании вышеизложенного рассчитаны затраты времени:

- на прохождение пассажиром существующего крытого моста на железнодорожной станции;
- преодоление станционных устройств, используя ближайший автодорожный мост, который расположен в 370 метрах от входа к билетным кассам, стоящим на привокзальной площади;
- приходящиеся на несанкционированное преодоление железнодорожных путей в запрещенном месте с риском возникновения несчастного случая.

Пассажиры, находящиеся на островной пассажирской платформе станции, могут воспользоваться только крытым пассажирским мостом. Общая длина моста составляет 140,5 м, расстояние пути по мосту с островной платформы к улице Союзная составляет 94,4 м, а к улице Вокзальная – 81 м. С учетом зависимости расстояния и скорости передвижения пассажиров рассчитывается

время на пользование соответствующей транспортной инфраструктурой – существующим пешеходным мостом:

- с островной платформы к ул. Вокзальная – 1 мин, ул. Союзная – 1,2 мин;
- с боковой платформы к ул. Союзная – 1,4 мин.

Люди, прибывающие на привокзальную площадь автомобильным городским транспортом и не имеющие возможности пользования услугами крытого моста вследствие отсутствия билета, дающего доступ к пассажирским услугам железнодорожной станции Одинцово, вынуждены пользоваться городским автомобильным мостом, проходящим параллельно Коммунальному проезду, выходящему к улице Союзная. Общий путь следования пассажиров от пригородных касс, выходящих к привокзальной площади до конца моста у Союзной улицы, составляет 530 м, что требует времени прохода, равного 5 минутам, учитывая затяжные лестничные пролеты, понижающие скорость подъема.

Граждане, которые нарушают безопасность поездной, маневровой работы и переходят станционные пути в непопозволенном месте, тратят около 45 секунд, учитывая сложности преодоления рельсошпальных решеток железнодорожных путей.

Таким образом, оказывается, что несанкционированный переход железнодорожных путей станции экономит 85 % времени по сравнению с использованием автодорожным мостом на проезд Коммунальный и 25 % времени от использования крытого пешеходного моста, поэтому пользуется огромной популярностью среди пассажиров, увеличивая опасность возникновения несчастных случаев при переходе путей.

В связи с необходимостью обеспечения безопасной организации поездной и маневровой работы на станции Одинцово требуется изменить технические и технологические нормативы работы транспортно-пересадочного узла. В настоящее время установленный на станции одиночный крытый пешеходный мост, проходящий над главными (Ia и IIa) и приемо-отправочными путями железнодорожной станции (IV и VI), а также тупиковым путем, не может полноценно справляться с увеличившимся уровнем пассажиропотоков из-за открытия МЖД-1 в 2019 году. Данная проблема непосредственно указывает на отсутствие специальных технических устройств¹. Существующие пандусы на данном объекте транспортной инфраструктуры установлены с нарушением ГОСТ Р 51261-99 «Устройства опорные стационарные реабилитационные. Типы и технические требования», а именно:

- уклон пандуса в стесненных условиях превышает показатель 1:10;

¹) СП 59.13330.2012 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция» не позволяет выполнять задачи Федерального закона от 24.11.1995 № 181-ФЗ (ред. от 08.12.2020) «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации».

- перед выходом к лестнице не уложены тактильные настилы;
- края ступень лестницы не окрашены в яркий желтый цвет;
- отсутствуют плиты Брайля;
- отсутствуют подъемные механизмы для граждан с ограниченными физическими возможностями;
- разделительная решетка внутри моста создает ситуацию, при которой невозможно пользоваться данным сооружением двум гражданам с инвалидными креслами, так как ширина части моста, выделенной на одну линию движения пассажиропотока, составляет 1 метр, что в 2 раза меньше необходимой ширины.

Указанные выше нарушения безопасного обустройства пешеходного перехода на станции делают его непригодным для использования маломобильными гражданами, лишая их доступности к объектам железнодорожной транспортной инфраструктуре и другим социальным объектам.

Для полного исключения указанных проблем необходимо произвести реконструкцию станции. В настоящее время отсутствует возможность модернизации опор моста из-за их малых размеров, которые не могут обеспечить дальнейшее увеличение погонной нагрузки, возникающей из-за установки вспомогательных устройств и расширения площади моста. Поэтому предлагается сооружение конкурса, который после ликвидации устаревшего сооружения, каким является единственный на станции пешеходный мост, будет удовлетворять ряду условий:

- распределять пассажиропотоки по уровням в зависимости от направления их следования;
- сокращать время движения на 80 % благодаря использованию пассажирами конкурса вместо автомобильного моста, расположенного в 370 м на Коммунальном проезде;
- обеспечивать доступ всем группам граждан, в том числе и маломобильной части населения, к транспортной инфраструктуре и к другими социально важным объектам;
- исключать излишнее использование автомобильного транспорта для переезда железнодорожных путей людям с ОВЗ;
- увеличивать пассажиропоток по направлению к МЦД-1 благодаря современным и доступным техническим средствам;
- уменьшать число несчастных случаев.

Для строительства конкурса необходимо перед сносом пешеходного моста запроектировать альтернативный временный наземный пешеходный переход. Первый наземный переход предлагается сооружать в четной горловине станции через железнодорожные пути станции Ia и III, а второй – вблизи торца высоких пассажирских платформ до стрелки 23 через железнодорожные пути IIa, IV и VI. Оба наземных пешеходных перехода должны соответствовать нормам и стандартам строительства объектов железнодорожной инфраструк-

туры согласно СП 59.13330.2012 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция».

Для определения технического оснащения пешеходного перехода необходимо рассчитать размер движения поездов на данном участке и далее определить категорию пешеходного перехода согласно распоряжению от 23 декабря 2009 года № 2655р «Об утверждении технических требований «Пешеходные переходы через железнодорожные пути. Технические требования» (с изменениями на 7 марта 2017 года), а также своду правил 227.1326000.2014 «Пересечения железнодорожных линий с линиями транспорта и инженерными сетями».

Следующий этап связывается с расчетом максимальных размеров движения поездов в сутки, который включает в себя:

- 4 пары ежесуточного курсирования сообщением Москва – Смоленск (скоростной поезд «Ласточка»);
- 217 пар пригородных электропоездов, в числе которых:
 - 40 пар поездов «Аэроэкспресс» назначением Аэропорт Шереметьево – Москва;
 - 40 пар МЦД Одинцово – МПС;
 - 55 пар транзитных электропоездов.

Общий объем работы составляет 399 пар поездов за одни сутки с учетом поездов, совершающих технические передвижения на участке. Согласно категоризации пешеходных переходов по распоряжению от 23 декабря 2009 года № 2655р «Об утверждении технических требований «Пешеходные переходы через железнодорожные пути. Технические требования (с изменениями на 7 марта 2017 года)» классифицируемый пешеходный переход является переходом первой категории.

Наземные пешеходные переходы первой категории должны быть оснащены настилами, ограждениями, искусственным освещением и огражденной со стороны железнодорожных путей зоной накопления пешеходов. Наземные пешеходные переходы первой категории должны включать ряд предупредительных знаков: звуковых, тактильных и визуальных указателей, плакатов, а также устройств автоматической сигнализации, предупреждающей о приближении подвижного состава.

Для повышения уровня информированности пассажиров, пользующихся пешеходным переходом, на направлениях приближения подвижного состава и вдоль пути, по которому пройдет поезд, а также на наземных пешеходных переходах могут внедряться дополнительные технические средства (сигнальные знаки, синтезаторы речи, указатели направления движения поездов и т. п.). Помимо поручней, пандусов, звуковых и тактильных указателей, необходимых для людей с ОВЗ, необходимо расширить штат работников железнодорожной станции, включив в него специалистов, сопровождающих и оказывающих помощь маломобильным пассажирам, оказавшимся на станции Одинцово.

После сооружения безопасного пешеходного перехода через пути станции, ведущие к платформам и соединяющие противоположные стороны станции, можно приступить к модернизации существующих платформ и строительству конкорса. Современное состояние платформ характеризуется отсутствием барьерных групп ограждений, информационных стоек, навесов, защищающих от атмосферных осадков, экстренной связи с работниками станции или полиции.

Одновременно с выполнением ремонтных работ на платформах необходимо возвести конкорс. Лестницы, предназначенные для спуска и подъема пассажиров, должны быть шириной не менее половины ширины платформы, но более 2,5 м. Наименьшая допустимая ширина надпутного пешеходного перехода, необходимая для обеспечения беспрепятственного движения пассажиров с безопасным уровнем перехода при максимальной плотности движения пассажиропотоков в любом возможном поперечном сечении по всей длине конкорса, должна быть не менее 2,25 м. На протяжении всей зоны, предназначенной для организации движения пассажиропотоков, ширина конкорса должна быть постоянной.

Конкорс должен стать частью ТПУ «Одинцово», который должен объединить железнодорожное и автомобильное пассажирское сообщение. Существующая автотранспортная инфраструктура, расположенная на привокзальной площади, не направлена на обслуживание людей с ОВЗ, так как отсутствуют указанные вспомогательные устройства.

Так как объекты привокзальной территории не обеспечивают доступность маломобильных групп населения к объектам автомобильного городского транспорта, необходимо произвести определенную перепланировку прилегающей к станции территории. В настоящий момент на данной площадке в хаотичном порядке устанавливаются маршрутные автобусы, завершающие поездки на данной территории, а именно городские маршруты 1–6, пригородные 30, 32–34, 36, 37, 39, 43, 49, 50, 52, 54, междугородные 339, 418, 461, 468. Не распланированное и не способное принять людей с ОВЗ пространство привокзальной площади повышает вероятность возникновения несчастных случаев.

Для решения данной проблемы рекомендуется продлить конкорс до конца площади с выходом на ул. Вокзальная, соединив торговый комплекс и транспортную инфраструктуру. Выходы с конкорса целесообразно расположить с выходом к линиям остановок, имеющих свое направление движения (городское, пригородное, междугороднее).

Для защиты от атмосферных осадков необходимо установить навесы, которые можно выполнить прозрачными для лучшего освещения низких платформ остановок естественным светом. Низкие платформы должны иметь направляющие и предупредительные полосы по краям. Края платформ рекомендуется сделать с выемками под размер пандусов, выдвигающихся с автобусов для лучшей фиксации и обеспечения безопасности пас-

сажиров с ОВЗ при использовании данного устройства. Выемки следует выполнять в строго рассчитанных местах под размер парковочного места автотранспортного средства. Информационные стойки на платформах должны располагаться на каждой линии остановок для вызова специального работника, который мог бы оказать помощь маломобильному пассажиру в случае осуществления посадки, высадки или пересадки с одного вида транспорта на другой.

Таким образом, строительство нового объекта транспортной инфраструктуры полностью решит проблему доступности маломобильных групп граждан к объектам железнодорожного и автодорожного транспорта на Привокзальной площади «Одинцово». Эксплуатация ТПУ с набором необходимых технических средств позволит снизить количество несчастных случаев, возникающих по вине пассажиров с участием автомобильного и железнодорожного транспорта, а также возрастет количество пассажиров, которые смогут пользоваться пригородными, городскими, междугородними автобусами и поездами направления МЦД-1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Конвенция о правах инвалидов : принята резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН от 13 декабря 2006 года № 61/106 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/disability.shtml. – Дата доступа : 01.10.21.

2 Федеральный закон № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_8559/. – Дата доступа : 31.08.21.

3 Распоряжение ОАО «РЖД» от 15.07.2016 № 1427Р «Об утверждении методики оценки доступности для пассажиров из числа инвалидов объектов пассажирской инфраструктуры, вагонов, пассажирских поездов и предоставляемых услуг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-oao-rzhd-ot-15072016-n-1427r-ob-utverzhdenii/>. – Дата доступа : 31.08.21.

4 *Апатцев, В. И.* Железнодорожные станции и узлы : учеб. / В. И. Апатцев; под ред. В. И. Апатцева и Ю. И. Ефименко. – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. – 855 с.

5 *Шмыголь, И. В.* Транспорт Российской Федерации / И. В. Шмыголь // Перспективы развития транспортно-пересадочных узлов в Российской Федерации. – 2014. № 4(53). – С. 16–19.

М. М. ALAEV, A. N. YEFIMOVA

DEVELOPMENT OF MEASURES INCREASE EFFICIENCY AND SAFETY FUNCTIONING OF TRANSPORT ROUTE ODINTSOVO

The conditions and technical opportunities of maintenance safe service of the passengers and people with disabilities on an infrastructure transport route Odintsovo are investigated.

Получено 24.10.2021

УДК 656.2.065.001.57

Ш. АКМАММЕДОВА

*Институт телекоммуникации и информатики Туркменистана, г. Ашхабад
hkakabay@mail.ru*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ

Рассматривается возможность выбора эффективных маршрутов пропуска грузов через транзитные стыковые пункты методом решения многоступенчатых задач. Данная модель используется для разработки экономически целесообразных вариантов отправки грузов через Каспийское море на железнодорожную станцию Берекет в приграничные соседние государства. Сортировочная станция Берекет обеспечивает расформирование всех прибывающих поездов с накоплением по назначениям плана формирования. Соответствующая модельная транспортная сеть представляется в виде ориентированного графа. Решение данной транспортной задачи позволяет найти рациональный вариант пропуска поездов по выделенным маршрутам движения поездов.

Благодаря усилиям Почетного Президента Туркменистана Гурбангулы Бердымухамедова Туркменистан становится одним из крупнейших логистических центров. В качестве примеров можно привести строящиеся автомобильные, железные дороги, реконструированный Международный морской порт Туркменбаши и др. Об этом Президент нашей страны в своей книге «Туркменистан – сердце Великого Шелкового пути» отмечает: «Именно с этой целью мы создаем в Туркменистане универсальную транспортно-коммуникационную инфраструктуру» [1].

В настоящее время доставка продукции от производителя к потребителю осуществляется различными транспортными путями и средствами. В перевозке грузов увеличивается доля железнодорожного транспорта, который широко применяется благодаря возможности перевозить грузы в любых климатических условиях года с незначительным воздействием на окружающую среду по сравнению с другими транспортными средствами.

Нейтральный Туркменистан – страна международного транспортного транзита, расположен на перекрестке транспортных путей из Индии, Пакистана, Омана, Объединенных Арабских Эмиратов, Саудовской Аравии в Иран, Казахстан, Россию, Афганистан, Азербайджан, Грузию, Турцию и страны Западной Европы. В настоящее время грузы, предназначенные для транзита из-за рубежа, доставляются через Каспийское море в междуна-

родный морской порт Туркменбаши, временно хранятся на его складах и дальше направляются в пункты назначения автомобильным или железнодорожным видами транспорта.

При перевозке грузов железнодорожным транспортом возникают различные проблемы, связанные с выбором подвижного состава железнодорожного транспорта, удобных направлений перевозки грузов, минимизацией затрат на перевозку и др. Эти проблемы исследуются многими учеными-транспортниками. Например, в [2] представлена модель, обосновывающая характеристики транспортно-складских процессов в рамках железнодорожной сети. Данная модель является модифицированной формой транспортной задачи с промежуточными пунктами, при которой рассматривается процесс перевозки одноразовой продукции железнодорожным транспортом через пункты пропуска грузов от m производителей к n потребителям [3].

Данная модель используется при разработке вариантов отправки грузов через Каспийское море на железнодорожную станцию Берекет в приграничные соседние государства (рисунок 1).

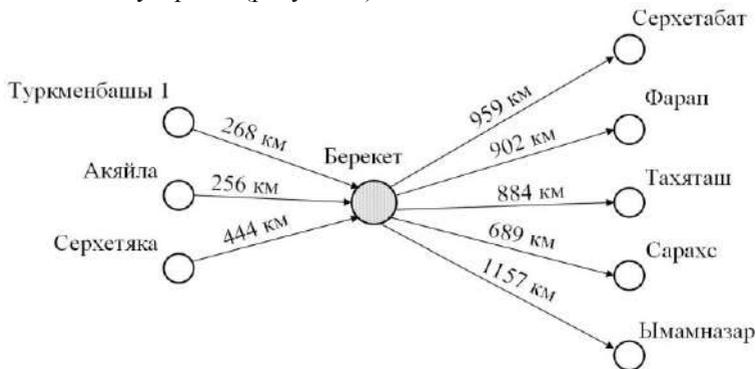


Рисунок 1 – Схема транспортных связей станции Берекет

Станция Берекет является сортировочной станцией, на которой прибывающие поезда расформировываются с последующим накоплением поездов по назначениям плана формирования. Транспортную сеть можно представить в виде направленного графа.

Введем следующие обозначения: a_i – вагонопоток с i -го подхода (со станций Туркменбаши 1, Акяйла и Серхетяка) на сортировочную станцию Берекет; b_j – вагонопоток на j -й подход (на станции Серхетабат, Фарап, Тахятташ, Сарахс и Ымамназар) с сортировочной станции Берекет; d – пропускная способность сортировочной станции Берекет; c – стоимость переработки вагона по станции Берекет (манат/ваг.); y_{iB} – пропускная способность участков железных дорог, соединяющих станции Туркменбаши 1, Акяйла и Серхетяка со станцией Берекет; y_{Bj} – пропускная способность участков железных

дорог, связывающих станцию Берекет с Серхетабат, Фарап, Тахятташ, Сарахс и Ымамназар; c_{iB} – расходы на доставку одного вагона от станций Туркменбаши 1, Акяйла и Серхетяка до станции Берекет; c_{Bj} – расходы на доставку одного вагона со станции Берекет на станции Серхетабат, Фарап, Тахятташ, Сарахс и Ымамназар; x_{iB} – количество груза, подлежащего доставке со станций Туркменбаши 1, Акяйла и Серхетяка на станцию Берекет; x_{Bj} – количество груза, подлежащего доставке со станции Берекет до Серхетабат, Фарап, Тахятташ, Сарахс и Ымамназар.

Целевая функция модели определяет расходы на перевозку грузов от i -й станции до станции Берекет и далее до станций назначения, а также на обработку вагонов на станции Берекет:

$$f = \sum_{i=1}^3 c_{iB} x_{iB} + \sum_{j=1}^5 c_{Bj} x_{Bj} + c \sum_{i=1}^3 x_{iB} \rightarrow \min .$$

При этом дополнительными условиями являются установленные ограничения:

$$x_{iB} = a_i, i = 1, 2, 3; x_{Bj} = b_j, j = 1 \dots 5;$$

$$\sum_{i=1}^3 x_{iB} = \sum_{j=1}^5 x_{Bj} \leq d; 0 \leq x_{iB} \leq y_{iB}; x_{iB} \in Z, i = 1 \dots 3;$$

$$0 \leq x_{Bj} \leq y_{Bj}; x_{Bj} \in Z, j = 1 \dots 5;$$

где Z – целые числа.

Затраты на перевозку грузов можно рассчитать по следующим формулам:

$$c_{iB} = \varphi l_{iB}, i = 1 \dots 3;$$

$$c_{Bj} = \varphi l_{Bj}, j = 1 \dots 5,$$

где φ – базовый тариф перевозки одной единицы груза, манат/км, l_{iB} , l_{Bj} – протяженность соответствующих маршрутов, км.

Решение данной транспортной задачи на указанном полигоне железнодорожной сети позволило рассчитать величину затрат на переработку вагонопотоков по станции Берекет и доставку грузов потребителям, равную 34 251 тыс. манат. По существующей технологии стоимость доставки грузов равна 34 396 тыс. манат. Таким образом, предлагаемый способ расчета позволит получить экономию расходов более 100 тыс. манат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 *Бердымухамедов, Г.* Туркменистан – сердце Великого Шелкового пути / Г. Бердымухамедов. – Ашхабад : Туркменская государственная издательская служба, 2017. – С. 7.
- 2 *Ушакова, А. А.* Моделирование логистических процессов в рамках железнодорожной транспортной сети / А. А. Ушакова, А. Е. Радаев // XLIV Неделя Науки СПбГПУ. Секция «Транспортные и технологические системы», 2015. – С. 291–293.

3 *Бочкарев, А. А.* Планирование и моделирование цепи поставок : учеб.-практ. пособие / А. А. Бочкарев. – М. : Альфа-Пресс, 2008. – 192 с.

4 *Кетко, Ю. Л.* MATLAB 7: программирование, численные методы / Ю. Л. Кетко, А. Ю. Кетко, М. М. Шуль. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 752 с.

SH. AKMAMMEDOVA

MODELING LOGISTIC PROCESSES IN A RAILWAY ROUTE

The opportunity of a choice effective routes the passing of cargoes through transit items by a method the decision of multistage tasks. The given model is used for development economically of expedient variants sending cargoes through the Caspian sea on railway station Bereket in the next states. The sorting station Bereket provides disbandment of all arriving trains with accumulation on assignments of the plan formation. The decision of the given transport task allows to find rational variant of the passing trains on the allocated routes of movement trains.

Получено 09.11.2021

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021**

УДК 656.212.5

А. А. АРБУЗОВА

*Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск
arbuзова1995@mail.ru*

АНАЛИЗ АКТУАЛЬНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

На основании анализа действующей системы управления перевозочным процессом на сортировочных станциях определены основные способы и меры, способствующие увеличению перерабатывающей способности сортировочной горки. Рассмотрены возможности создания интеллектуальной системы планирования и управления оперативной работой сортировочной станции и подходов к ней с учетом работы действующих автоматизированных систем управления и работы смежных служб «Планер – помощник».

Перевозочный процесс на железнодорожном транспорте характеризуется многими взаимозависимыми показателями: срок доставки грузов, экономическая и производственная эффективность, грузооборот, пассажирооборот, грузонапряженность, безопасность перевозочного процесса.

Реализация интеллектуальной системы управления железнодорожным транспортом (ИСУЖТ) как цифрового двойника реального перевозочного процесса позволяет рассматривать ее в качестве основы цифровой трансформации процессов управления перевозками. Трансформация в перевозочном процессе включает в себя и верхний уровень управления – управление эксплуатационной работой полигона, и нижний – автоматическое управление маршрутами и движением локомотивов. Данная система рассматривает переход от практикуемого децентрализованного планирования и индивидуального ручного управления к централизованному динамическому планированию работы полигона и автоматическому выполнению принятых планов [1].

Работа внутри крупных сетевых сортировочных станций, от которых зависят показатели работы дороги, должна планироваться и осуществляться интеллектуальной системой с подвязкой к общей глобальной системе управления железнодорожным транспортом на полигонном уровне.

Сортировочные станции являются главными опорными пунктами организации вагонопотоков на сети железных дорог. От успешной работы этих станций зависит ритмичность работы целых направлений и полигонов сети, а также выполнение заданных размеров перевозок и эксплуатационных показателей. Сортировочный процесс должен соответствовать всем требованиям безопасности движения, а показатели работы станции и дороги в целом должны обеспечиваться при условии качественного соблюдения технологии работы.

Сортировочные станции предназначены для массовой переработки вагонопотоков, то есть расформирования и формирования грузовых поездов в соответствии с действующим планом формирования. На сортировочных станциях перерабатывают транзитные и местные вагонопотоки, формируют сквозные, участковые, сборные и участково-сборные поезда на примыкающие линии, а также вывозные и передаточные поезда до ближайших грузовых станций узла и промышленных станций, производят частичную переработку вагонов с изменением массы и длины составов, подборку (группировку) вагонов в составах передач на грузовые станции и пути необщего пользования, а также в составах сборных и других многогруппных поездов.

В основу технологии работы сортировочных станций положен метод диспетчерского руководства расформированием-формированием поездов, целью которого является планирование и организация работы, обеспечивающие максимальное совмещение операций по расформированию составов поездов с одновременным их формированием. Именно с помощью диспетчерского руководства как на станции, так и на уровне диспетчерского

центра управления перевозками можно добиться слаженной организации перевозочного процесса и обеспечения плановых показателей работы.

Для устойчивой работы горки необходимо, чтобы темп подготовки составов в парке приема был несколько выше или равен темпу работы горки, т. е. чтобы горка не простаивала из-за неготовности составов к роспуску. Это достигается установлением числа бригад ПТО, ПКО и работников СТЦ, обеспечивающих составление сортировочного листка, а также качественным планированием работы дежурного по станции (ДСП), дежурного по сортировочной горке (ДСПГ) и станционного диспетчера (ДСЦ). Выполняя данное требование, можно избежать случаев задержек поездов на подходе к станции.

На сортировочных горках с двумя и более путями надвига готовые разборочные составы должны надвигаться параллельно. Также процесс расформирования при наличии двух путей роспуска либо обводных путей в обход сортировочной горки должен производиться параллельно с перестановкой состава для повторного роспуска в парк прибытия. Данные процессы возможны только при качественном планировании эксплуатационной работы дежурно-диспетчерского аппарата. Причем планирование должно быть не только по 12-, 6- и 4-часовым периодам, но и непрерывно. Таким образом, можно достичь выполнения эксплуатационных показателей с условием полного обеспечения безопасности движения поездов и охраны труда.

В настоящее время базовой системой автоматизации сортировочных процессов на сортировочных горках российских железных дорог является комплексная система автоматизации управления сортировочными процессами (КСАУ СП), которая функционирует непосредственно только в границах сортировочной горки, спускной части и подгорочного парка [2]. Таким образом, КСАУ СП не может влиять на работу в части взаимодействия и планирования работы дежурного по станции и дежурного по сортировочной горке, она лишь способствует автоматизации роспуска и накопления по назначениям вагонов в сортировочном парке.

Дежурный по станции и дежурный по сортировочной горке, а вместе с ними и станционный диспетчер, должны на протяжении всей смены взаимодействовать непрерывно, планировать очередность роспуска, примерное время расформирования состава с учетом наличия вагонов, запрещенных к роспуску с сортировочной горки, предоставлять дополнительные маневровые единицы для надвига составов, организовывать вытягивание составов для повторного роспуска для накопления новых составов сборных и вывозных поездов, следующих на твердые нитки графика движения и др. Именно качественное планирование работы сортировочной горки, а следовательно и станции в целом, может способствовать поточности, бесперебойности работы не только станции, но и всего железнодорожного узла.

Также именно от того, насколько осведомлен дежурный по станции в парке прибытия о работе сортировочной горки, зависит качественное пла-

нирование подхода поездов к станции и его взаимодействие с поездными и узловыми диспетчерами диспетчерского центра управления перевозками.

Основные способы увеличения темпа работы сортировочной горки и ее перерабатывающей способности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные меры, способствующие увеличению перерабатывающей способности сортировочной горки

Меры, не требующие капитальных затрат	Капиталоемкие меры
Постоянное совершенствование технологии работы; применение попутного надвига состава параллельно с окончанием роспуска предыдущего	Устройство обводного пути из сортировочного парка в парк прибытия в обход сортировочной горки
Максимальная параллельность всех операций на станции	Увеличение числа и мощности локомотивов
Поточно-кольцевой метод работы горочных локомотивов с непрерывным роспуском составов	Устройство дополнительного пути надвига и роспуска
Переменная скорость роспуска и полное использование допускаемых по правилам технической эксплуатации скоростей маневровых передвижений	–
Наилучшее использование автоматики и механизмов для ускорения всех операций, дальнейшее совершенствование средств автоматики, телемеханики, телевидения и компьютерной техники	–
Обеспечение взаимодействия технологии работы горки с графиком движения поездов, технологии работы вытяжных путей формирования и парка отправления	–
Непрерывность работы в период смены дежурства	–
Максимальное использование локомотивов вытяжных путей станции для соединения и подтягивания вагонов на путях сортировочного парка вместо осаживания со стороны горки	–
Взаимодействие работников дежурно-диспетчерского аппарата станции между собой, а также с диспетчерским аппаратом диспетчерского центра управления перевозками с целью полного представления и планирования работы	–

Как видно из таблицы 1, существует достаточное количество техноогических мер, не требующих значительных капитальных затрат для увеличения перерабатывающей способности сортировочных горок железнодорожных станций.

На данный момент всё планирование эксплуатационной работой осуществляется работниками дежурно-диспетчерского аппарата станций и диспетчерского центра управления перевозками. Как пропускать поезда на участках, в каком порядке обрабатывать составы, надвигать готовые разборочные составы на сортировочную горку, расформировывать, переставлять готовые составы в парк отправления после накопления и отправлять решают работники, на которых также возложена дополнительная работа в большом объеме. Параллельно с этими задачами возникают нестандартные ситуации, угрожающие безопасности движения, которые требуют первоочередного принятия решений от работников. Кроме организации движения дежурно-диспетчерский персонал осуществляет организацию работ в «окно» для ремонтных и строительно-монтажных работ по заявкам различных служб.

Учитывая влияние фактора оптимизации штата и необходимого распределения работы, нагрузка увеличивается непосредственно на работников, тем самым снижается качество выполнения технологического процесса. В конечном итоге большое влияние может оказать человеческий фактор, в результате чего возникает вероятность различного рода сбоя в виде нарушения безопасности движения, ухудшения показателей работы станции, участка и дороги в целом (неприема поездов станцией, некачественного закрытия ниток графика движения поездов по отправлению со смежной технической станции и др.).

Решение таких проблем исследуется в работе [3], где предлагается создание и внедрение системы контроля и подготовки информации о перемещениях вагонов и локомотивов на станции в реальном времени (СКПИ ПВЛ РВ). Разработка СКПИ ПВЛ РВ направлена:

- на построение единой системы фиксации событий на сортировочной станции в режиме реального времени, не зависящей от конкретного типа систем низовой автоматики и напольного оборудования;
- обеспечение автоматизированной системы управления станции достоверной информацией о фактических передвижениях подвижного состава, времени начала и окончания технологических операций на станции по реальным данным.

Разработка интеллектуальной системы планирования перевозочного процесса на станции позволит обеспечить оперативное планирование работы сортировочной станции и подходов поездов к ней. Данная система

должна быть связана с действующими автоматизированными системами работы станции, графиком движения поездов. В виде подсказок на экран дежурно-диспетчерского персонала могут выводиться сообщения о том, какие поезда принимать на станцию с подходов приоритетно с обгоном на промежуточных станциях; сколько по времени с учетом категорий вагонов в составе и отцепов будет распускаться состав на сортировочной горке, чтобы качественнее планировать надвиг составов и выгонку поездных электровозов и тепловозов из-под составов в депо; какой состав будет готов первым по обработке для дальнейшего надвига на сортировочную горку; какой состав необходимо надвигать на гору следующим по очереди с целью улучшения качественных и количественных показателей работы и дальнейшего эффективного накопления составов с отправлением на ближайшую нитку графика движения поездов и другие необходимые сообщения-подсказки в режиме реального времени. Работники дежурно-диспетчерского аппарата могут подтверждать либо отказываться от предлагаемых программируемых операций. Если отказ производится исполнителем, то система автоматически планирует работу последующих элементов с целью выполнения заданных показателей работы станции.

Таким образом, создается система «Планер-помощник», которая должна обладать простым интерфейсом, понятным работнику, а также требованиями адекватного реагирования на нестандартные ситуации и реакции системы с оповещением дежурно-диспетчерского персонала. Система должна работать без потерь данных и в любом режиме (ручном, автоматическом, советуемом).

В таких условиях с работников в большей степени может сниматься нагрузка от принятия решений и планирования оперативной работы, показатели работы могут контролироваться и просчитываться системой в режиме реального времени с учетом их улучшения и выполнения согласно плановым показателям работы. В данную систему могут подключаться для наиболее качественного планирования информационные системы смежных служб с целью наиболее качественного планирования работы и выполнения показателей на период проведения технологических «окон».

Дежурные по станции и сортировочной горке, отвечая непосредственно за выполнение плановых показателей работы, на протяжении смены не имеют практической возможности в режиме реального времени контролировать выполнение этих показателей, а узнают об их состоянии лишь в конце смены, выгружая из автоматизированных систем. Данная интеллектуальная система могла бы выводить основные станционные и дорожные показатели в режиме реального времени на экран вместе с формирующимися сообщениями-подсказками, спланированными системой при оценке выпол-

нения показателей работы. Только наблюдая за реально выполненными показателями и сравнивая их с плановыми, можно добиться более эффективной работы.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что работа сортировочных станций должна развиваться, обеспечивая переход от механизации к автоматизации технологических процессов. Для принятия эффективных решений и оптимизации работы с выполнением плановых показателей станции требуется создание интеллектуальной системы управления работой сортировочной станции, способной в режиме подсказки и совета предлагать варианты работы дежурно-диспетчерскому персоналу в реальном масштабе времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Матюхин, В. Г.* О текущем состоянии проекта ИСУЖТ и реализации технологии интервального регулирования на его платформе / В. Г. Матюхин, В. И. Уманский, А. Б. Шабунин // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019) : тр. восьмой науч.-техн. конф. – 2019. – С. 3–6.

2 *Шабельников, А. Н.* Цифровая станция как киберфизическая система / А. Н. Шабельников, А. В. Суханов // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019) : тр. восьмой науч.-техн. конф. – 2019. – С. 18–22.

3 *Шабельников, А. Н.* Концепция цифровой платформы на сортировочных станциях / А. Н. Шабельников, И. А. Ольгейзер, А. В. Суханов // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19, № 1. – С. 60–73.

A. A. ARBUZOVA

ANALYSIS OF THE RELEVANCE AND FEASIBILITY OF AN INTELLIGENT MARSHALLING YARD PLANNING SYSTEM

An analysis of the current system for managing the transportation process at marshalling yards is conducted. The main ways and measures contributing to the increase in the marshalling yard processing capacity are identified. The possibilities of developing an intelligent system for planning and controlling the operational work of the marshalling yard and approaches to implement are considered. The operation of the existing automated control systems and the work of the "Planner-Assistant" related services are taken into account.

Получено 01.10.2021

УДК 656.212:004.414.23

С. П. ВАКУЛЕНКО

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

post-iuit@bk.ru

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ СТАНЦИИ В СИСТЕМЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИСТРА

Применение системы имитационного моделирования ИСТРА позволяет репродуцировать в соответствующем модельном образе инфраструктуру железнодорожной станции, адекватно воспроизвести все технологические операции и рассчитать необходимые показатели работы. На примере моделирования работы промышленной сортировочной станции Новолипецк исследуются особенности использования среды ИСТРА.

Станция Новолипецк является сортировочной с большой грузовой работой, формирующей передаточные поезда на внутриузловые промышленные станции. Станция Новолипецк расположена в непосредственной близости к производственным подразделениям (рисунок 1).

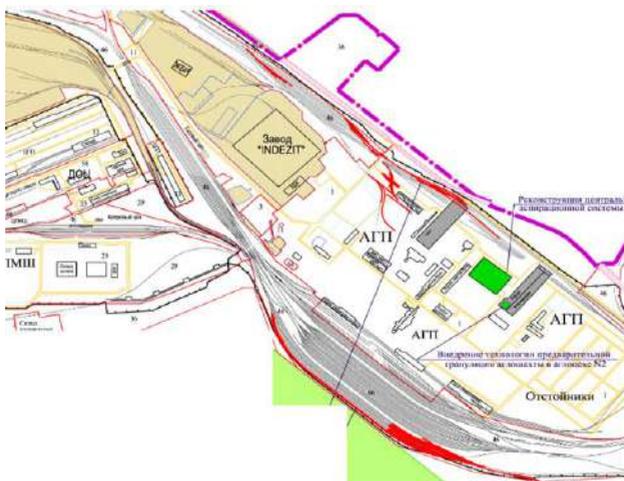


Рисунок 1 – Взаимное расположение станции Новолипецк и промышленных объектов

Станция имеет три парка: «А», «В», «Г», а также сортировочный «Б», пути шестого маневрового района, парк вагоноопрокидывателей и гаражей размораживания (рисунок 2).

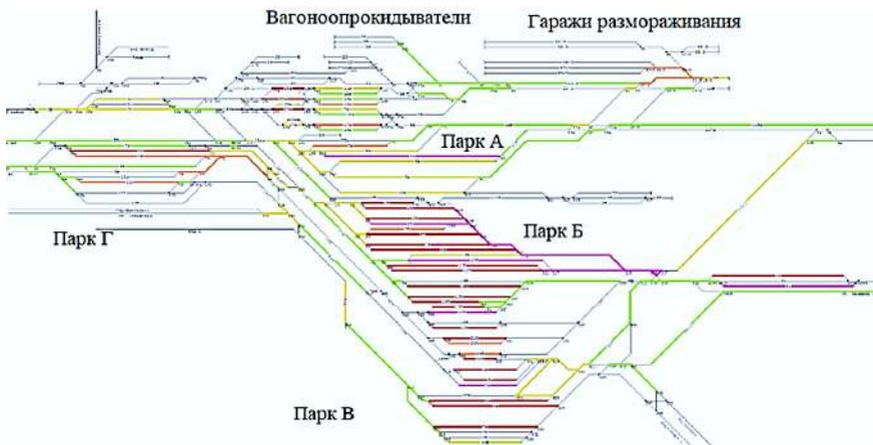


Рисунок 2 – Схема путевого развития станции Новолипецк

Парк «А» включает 16 путей, из них шесть приемо-отправочных (4, 5, 7, 8, 9, 10) полезной длиной от 908 до 1150 м; главный путь VI длиной 885 м. Отправление поездов на сеть ОАО «РЖД» производится с путей 7–10. В состав путевого развития станции входят два вытяжных пути (9 и 11) полезной длиной соответственно 310 и 550 м, весовой путь 33 длиной 196 м, путь 20 для ремонта вагонов длиной 341 м, два выставочных пути (38 и 39) длиной по 171 м каждый, путь 22 для кантовки вагонов с известью длиной 324 м, два тупика 26а и 28а для накопления вагонов после выгрузки.

Сортировочный парк «Б» состоит из 37 путей, парк «В» – из восьми путей, в числе которых семь приемо-отправочных (1–8) с полезной длиной от 706 до 985 м и главный путь IV длиной 744 м.

В парк «Г» входит 12 путей, из них два главных (IV, VIII) длиной 796 и 852 м, восемь приемоотправочных 5–7, 9–12 длиной от 606 до 800 м.

Парк «Д» включает 14 путей, из них четыре приемо-отправочных (1–4) длиной 175 и 445 м, четыре соединительных 4п, 2/12а, бап, 10/22 длиной от 135 до 421 м, два вытяжных (1т и 2т) длиной 195 и 200 м, два выгрузочных (4ап, бап) длиной 28 и 246 м, два погрузочных пути (7 и 8) по 225 м.

Пути VI маневрового района имеют пять путей, из них один ходовой 1 длиной 1627 м, два выставочных (8, 9) длиной 200 м и 356 м, два соединительных (14 и 22) полезной длиной 273 и 418 м.

Выгрузка навалочных грузов осуществляется на четырех вагоноопрокидывателях, разогрев руды производится в гаражах размораживания.

Станция Новолипецкая формирует одnogруппные, двухгруппные передачи и поезда.

Со станции Казинка прибывают поезда в парк В, затем они переставляются в парк Г для дальнейшего расформирования через горочную систему путей парка Б и отправления на станции завода. Со станции Чугун-II поезда прибывают в парк А, вагоны выгружаются на трех вагоно-опрокидывателях и, после провески, в парке формируются на ст. Чугун-II. С внутренних станций передачи следуют со станций Входная, Восточная, Южная, Угольная, Конвертерная и Складская.

Модель строится по технологии подробного моделирования в имитационной системе ИСТРА. Технология отображается в виде сети технологических операций (рисунок 3).

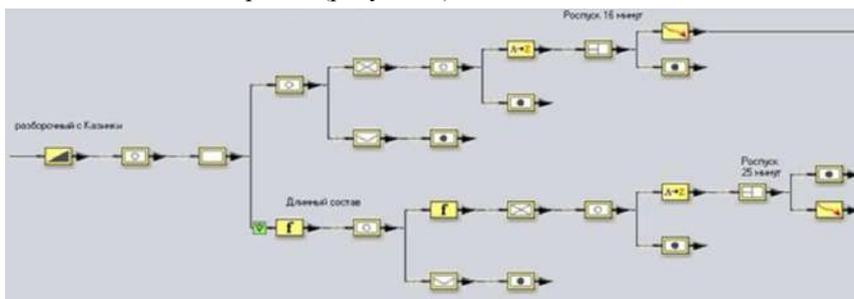


Рисунок 3 – Технологическая цепочка обработки поезда в расформирование

Подробно задается схема путевого развития с указанием всех путей, стрелок, грузовых и сортировочных устройств. Корректность задания схемы и отображения технологии можно проверить в результатах моделирования, где на схемах путевого развития показаны все передвижения (рисунок 4).

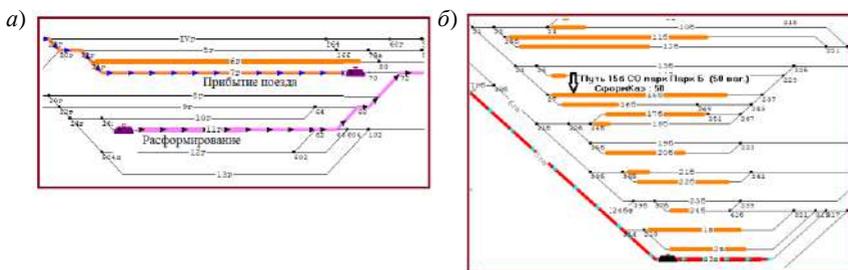


Рисунок 4 – Моделирование работы парков «Г» (а) и «Б» (б) станции Новолипецкая

Работу отдельного пункта характеризуют прибывающие поездно- и вагонопотоки, которые позволяют реконструировать в модельном плане общую картину функционирования станции (рисунок 5).

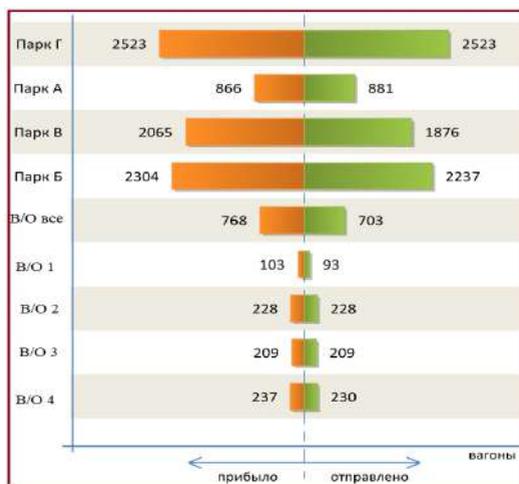


Рисунок 5 – Динамика работы станционных парков

Результаты моделирования позволяют определить пропускную и перерабатывающую способности устройств станции. Важными показателями являются полный и расчлененный по операциям и элементам структуры простой вагонов, которые также определяются в системе моделирования ИСТРА (рисунок 6).



Рисунок 6 – Полное и расчлененное время нахождения вагонов на станции

Взаимодействие структуры и технологии характеризуются структурными и технологическими задержками. Технологические задержки показывают величину суммарных задержек при выполнении операций по каждому их типу, а также среднее время задержек, приходящееся на одну операцию (рисунок 7).

Операция	графически	в сутки	кол-во	на операцию
Расформирование (скл)		25:13	6	4:12
Уборка вывозного (чугун)		24:55	2	12:27
Отправление на Входную 1 (с без роспуска)		15:34	3	5:11
Отправление на Входную		13:40	2	6:50
Начало цикла по пути (в.о.)		13:29	51	0:15
Перестановка(для выгрузки) 2,3,4 в.о.		13:03	44	0:17
Вывозной для 246 в горочный		7:20	2	3:40
Закрепление состава с ККЦ-2		7:00	2	3:30
Отправление на ККЦ-2		5:07	1	5:07
Расформирование (со Входной)		5:04	18	0:16

Рисунок 7 – Продолжительность задержек на операциях

По каждой операции выдается распределение задержек по элементам структуры (рисунок 8).

Операция	графически	в сутки	кол-во	на операцию
Перестановка (для выгрузки) 2,3,4 в.о.		13:03	44	0:17
Элемент	графически	в сутки	на операцию	
Лок. маневровые		6:45	0:09	
14а п. парка, вагоноопрокидыватели		2:27	0:08	
17а п. парка, вагоноопрокидыватели		1:03	0:04	
18а п. парка, вагоноопрокидыватели		0:49	0:03	
13а п. парка вагоноопрокидыватели		0:35	0:02	
5а п. парка А		0:18	0:03	
Стр. 59а		0:14	0:01	

Рисунок 8 – Распределение технологических задержек по элементам структуры

В данном случае приводится перечень структурных элементов, которые вызвали задержку при выполнении операции «Перестановка для выгрузки». Модель выдает суммарные задержки, возникающие из-за каждого структурного элемента, а также величину средней задержки (рисунок 9).

Элемент	графически	факт	всего	в среднем
6в п. парка Парк В		30:16	71:00	3:01
7в п. парка Парк В		16:49	53:29	0:05
Лок. маневровые		40:48	40:48	0:04
5в п. парка Парк В		7:47	39:41	0:01
Стр.205,207,213,215, 217,219,221,235,245, 349,3536,355,3576		27:14	34:14	0:12
1гр п. парка Парк Б		25:22	29:12	0:11
Стр.110,190,202,606		27:16	28:00	0:15

Рисунок 9 – Структурные задержки на станции

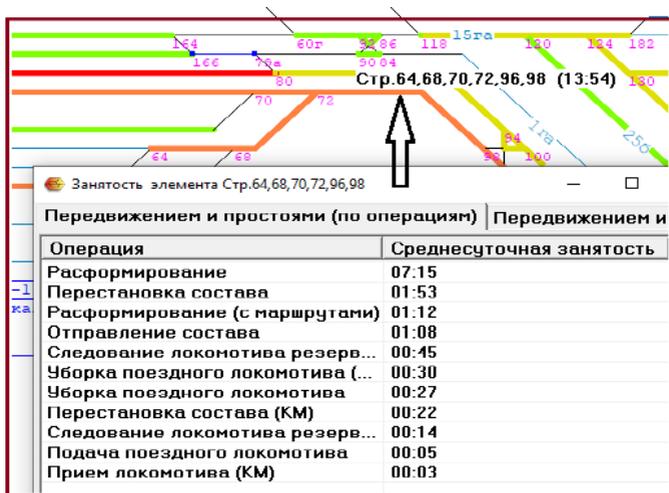
Взаимодействие структуры и технологии можно оценить по перечню структурных задержек при выполнении каждого типа операций (рисунок 10).

Элемент	графически	факт	всего	в среднем
Стр.110, 190, 202, 606		27:16	28:00	0:15
Операция	графически	факт	всего	в среднем
Отправление на Входную1 (без отпуска)		24:00	24:00	8:00
Вызов вывозного со Складской (для 2б, 3б)		0:34	0:34	0:17
Отправление вывозного диспетчерского на Входную		0:25	0:25	0:03
Подача вывозного локомотива на 22б (на ККЦ-2)		0:23	0:23	0:07
Уборка вывозного (под угли)		0:00	0:21	X
Перестановка (скл) в парк Г		0:21	0:21	0:03

Рисунок 10 – Распределение структурных задержек по операциям

Для удобства анализа занятость структурных элементов и задержки из-за них показаны непосредственно на схеме станции (рисунок 11).

а)



б)

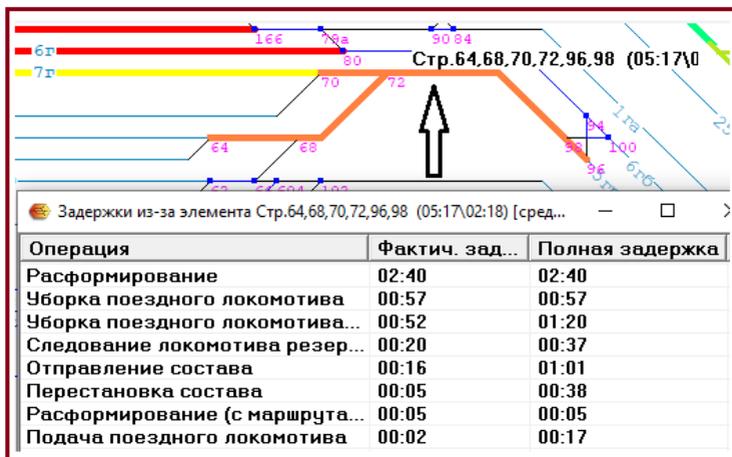


Рисунок 11 – Распределение занятости (а) и задержек (б) в группах стрелок

По результатам моделирования выдается детальная информация об использовании станционных локомотивов (рисунок 12).

Локомотив	графически	полезн.зан	межопер.прост	полн.зан.
Лок. 1 маневров.		13:52	4:08	18:00
Лок. 2 маневров.		9:58	2:43	12:41

Операция	графически	полезн.зан.	межопер.прост.
Перестановка (для выгрузки) 2,3,4 в.о.		3:58	0:00
Перестановка состава на 1 в.о.		1:34	0:00
Перестановка на 1 в.о. (местные)		1:06	0:00
Уборка локомотива (двг) 2 в.о.		0:16	0:49
Обгон электротолкателя 11а		0:50	0:00
Уборка локомотива 4 в.о.		0:08	0:39
Уборка локомотива		0:16	0:22
Уборка локомотива 11а		0:10	0:25

Рисунок 12 – Занятость локомотивов в технологических операциях

Модель позволяет сформировать график исполненной работы по паркам (рисунок 13).

а)

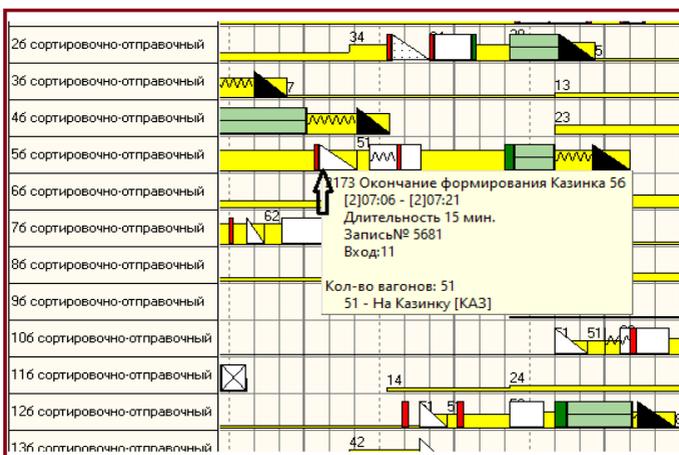


Рисунок 13 (начало) – График исполненной работы: а – сортировочного парка

б)

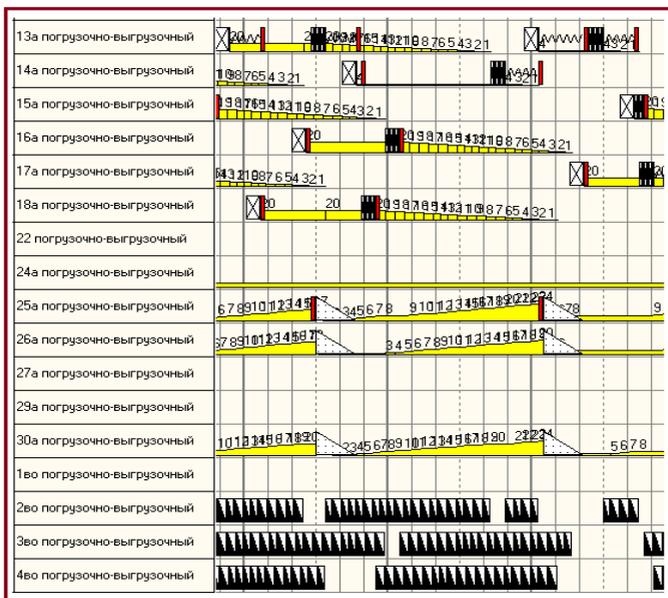


Рисунок 13 (окончание) – График исполненной работы: б – грузового парка

Использование имитационной подробной модели для станции Новолипецкая позволило определить резервы маневрового локомотивного парка и пропускной способности инфраструктуры станции, обеспечивших увеличение объема переработки на 15 % при условии невозрастающей загрузки станционных устройств. Таким образом, имитационная модель является эффективным инструментом для исследования соответствия наличных ресурсов структуры и принятой технологии работы станции. Проведенные исследования с использованием системы ИСТРА показали эффективность имитационной модели.

S. P. VAKULENKO

ESTIMATION EFFICIENCY OF USE TRAVELLING DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL STATION IN SYSTEM IMITATING MODELING ISTRА

The application of system imitating modeling ISTRА allows simulate in the appropriate model image an infrastructure of railway station, adequately to reproduce all technological operations and to calculate necessary parameters of work. On an example of modeling work of industrial station Novolipetsk investigated the features of use environment ISTRА.

Получено 21.10.2021

УДК 656 (035.3)

С. П. ВАКУЛЕНКО, П. В. КУРЕНКОВ, А. В. АСТАФЬЕВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

ЛОГИСТИКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

Показана ключевая роль логистики в организации транспортного и материального обеспечения фронта и тыла ресурсами в условиях острого дефицита времени и пропускной способности железнодорожных станций и узлов Европейской части Советского Союза в годы Великой Отечественной Войны.

В ноябре 1941 года на Куйбышевском железнодорожном узле пересекались три гигантских грузопотока. Дальневосточные составы с резервными дивизиями шли к Москве. С запада на восток двигались эшелоны с оборудованием эвакуированных предприятий. Десятки поездов прибывали в узел с кавказской нефтью. Весь этот поток должен был пройти через единственный однопутный мост через Волгу. Гигантская пробка, которая растянулась на 400 километров, могла сорвать не только масштабный план по вывозу оборудования и специалистов вглубь страны, но и поставки военных грузов для фронта.

Сталин лично дал указание исключить заторы и решить проблему точного пропуска через Куйбышевский узел эшелонов с сибирскими и дальневосточными дивизиями. Сначала было принято решение регулировать движение поездов вручную. Впервые в мире была применена система «живой автоблокировки», которая заключалась в том, что на всём протяжении участка следования поездов стояли люди на расстоянии прямой видимости (800–900 м) с флажками днем, фонарями ночью и регулировали движение поездов.

Однако все меры, которые помогли разгрузить железнодорожный узел, были временными, поэтому было принято решение о дальнейшем развитии станций Куйбышевского узла. 25 ноября 1941 года вышло соответствующее постановление Государственного комитета обороны о необходимости проведения проектных и строительных работ по укладке дополнительных путей на 18 станциях, в том числе Пенза, Куйбышев, Безымянка, Рузаевка, Ртищево, Балашов, Инза, Ковылкино, проложить 90 километров железных дорог, 60 километров путей в прямо-отправочных парках.

Стремительное наступление вражеских войск на всех фронтах поставило под угрозу захвата более 30 тысяч промышленных предприятий. Военная логистика помогла выстроить стратегию эффективного перемещения ги-

гантских производственных ресурсов и в конечном итоге выиграть экономическое сражение с противником. В первые месяцы войны на логистику были возложены особые задачи не только непрерывно доставлять ресурсы действующей армии, но и срочно эвакуировать предприятия из прифронтовой полосы, сохраняя при этом все производственные цепочки. Вместе с заводами перемещали квалифицированные кадры рабочих, технологов, инженеров. Организацией работы руководил специально созданный 24 июня 1941 года Государственный совет по эвакуации. Его председателем сначала стал Нарком путей сообщения Лазарь Каганович, а потом кандидат в члены политбюро Николай Шверник, первым заместителем – нарком внешней торговли Анастас Микоян.

Сразу стало ясно, что эвакуация принимает огромные масштабы. Для эвакуации всех производственных мощностей не хватало ни времени, ни транспорта. Поэтому приходилось выбирать, что эвакуировать в первую очередь, в какие районы эвакуировать те или иные заводы с максимально коротким сроком их развертывания на новых местах.

27 июня вышло постановление об эвакуации по перемещению людского контингента и ценного оборудования. Совет по эвакуации вместе с Государственным комитетом обороны провел инвентаризацию запасов сырья и оборудования, которые находились на военных заводах и гражданских оборонных предприятиях. Первый список предприятий для эвакуации был готов 29 июля 1941 года. Предприятия, подлежавшие эвакуации из прифронтовой полосы, продолжали выпуск продукции до последнего момента. Но события на фронте разворачивались быстрее, чем ожидалось. Многие производства, намеченные для переброски, оказались в зоне боев. 30 августа появился новый эвакуационный список на 385 листах, где было расписано, какие предприятия и куда должны передислоцироваться. В соответствии с этим планом Наркомат путей сообщения выделял эшелоны, организовывал их движение, а в местах приема готовились к встрече людей и оборудования. Автором масштабной логистической операции стал глава Госплана СССР Николай Вознесенский. Были разработаны конкретные планы, согласно которым производился демонтаж, выделялись железнодорожные вагоны и вывозилось оборудование.

Логистическая схема Вознесенского предусматривала поэтапную перестройку народного хозяйства на военный лад. Согласно мобилизационному плану районы Поволжья, Урала, Западной Сибири, Казахстана и Средней Азии превращались в главную военную экономическую базу СССР. Предприятия западной части страны эвакуировались глубоко в тыл по заранее разработанной схеме.

Николай Вознесенский разработал новые направления логистической деятельности по массовому перемещению производительных сил с участием железнодорожного транспорта в восточные районы страны. Опыт та-

кой работы он изложил в книге «Военная экономика СССР в период Отечественной войны», которая была издана в 1948 году и до сих пор является дидактическим материалом для студентов-экономистов многих вузов.

Эвакуация крупного завода представляет собой сложнейшую логистическую операцию. Любая ошибка повлияет на состояние оборудования и сроки запуска предприятия на новом месте. Яркий пример эффективного функционирования логистики в военное время – крупномасштабное перемещение киевской промышленности. Из столицы Украинской ССР были вывезены судостроительный завод, электротехнический завод «Транс-сигнал» и построенный еще в царское время «Арсенал», который выпускал пушки, снаряды и минометы. В начале июля 1941 года под руководством специально созданного эвакоштаба начался вывоз оборудования «Арсенала». Эвакуация проходила под постоянными артобстрелами и бомбардировками с воздуха. На переброску предприятия понадобилось 17 дней и 2500 рабочих. Служащих завода и оборудование разместили в 36 эшелонах, при этом надо было демонтировать 4 паровых молота, каждый из которых весил по 10–12 т, 3 паровых прессы по 5–10 т. Механических средств не хватало. Часто многотонное оборудование рабочие грузили в вагоны вручную. На новом месте в городе Балашов Саратовской области завод заработал спустя три дня после транспортировки и установки оборудования.

Крупнейшим промышленным центром Советского Союза был Харьков, где находился самый мощный танковый завод страны. Именно в Харькове был создан танк Т-34. С конца июля станции Харьковского железнодорожного узла подверглись массированным немецким авианалетам. 16 сентября на следующий день после окружения войск юго-западного фронта в районе Киева Государственный комитет обороны СССР утвердил график эвакуации. В первую очередь требовалось вывести на Урал Харьковский завод транспортного машиностроения, моторный завод № 75 и тракторный завод. Для эвакуации каждого из заводов требовалось порядка трех тысяч вагонов.

Моторный завод № 75 заработал в Челябинске, где на базе тракторного завода был создан «Танкоград». Тракторный завод, который выпускал лёгкие танки Т-16, был переброшен в Сталинград, завод транспортного машиностроения – в Нижний Тагил на площадку «Уралвагонзавода». Новая площадка «Уралвагонзавода» подходила идеально, поэтому запустить производство на новом месте удалось очень быстро. Последний эшелон с оборудованием прибыл на новое место в Нижний Тагил 19 октября, а уже 8 декабря первые 25 танков были отправлены на фронт. К началу декабря 1941 года работало примерно две трети эвакуированных заводов.

С первых месяцев войны тысячи эшелонов с бойцами Красной Армии, боевой техникой и боеприпасами шли на фронт. Навстречу им на Урал, в Сибирь, Среднюю Азию перевозили предприятия и население. Эвакуационные грузы занимали половину от общего объема перевозок, а в отдельных

направлениях – до 80 процентов. По экспертных оценкам, для эвакуации потребовалось около полутора миллионов вагонов и 30 000 поездов. Грузопоток резко возрос, поэтому стали системно решать проблему увеличения пропускной способности железных дорог. Например, определенными регулировочными мерами эшелоны после выгрузки военных грузов передавались под погрузку эвакуационных.

Начальники железных дорог ежедневно, не позже 22 часов, подавали в наркомат путей сообщения отчеты о движении всех эшелонов. По распоряжению Алексея Косыгина в июле 1941 года на узловых железнодорожных станциях начали создавать эвакуационные пункты, которые располагались в приспособленных помещениях и зданиях вокзалов. На эвакуационных пунктах обязательно был кипяток, там можно было получить медицинскую помощь и талоны на продукты питания. В среднем один эвакуопункт обслуживал 15–18 эшелонов в сутки, где ежедневно эвакуированным выдавалось до 20 тысяч порций еды. Логистическая система грузоперевозок была выстроена так, что приоритет отдавался военным эшелонам с грузами для фронта.

Всего в период масштабной эвакуации на восток страны было перевезено и запущено порядка трех тысяч предприятий. Благодаря этому объем валовой продукции промышленности Урала вырос в 1942 году почти в 3 раза, Западной Сибири и Поволжья – почти в два с половиной раза. Передислокация предприятий в тяжелое военное время укрепила экономику страны и дала мощный толчок развитию восточных регионов.

С окончанием войны многие оборонные заводы перешли на выпуск продукции гражданского назначения. Началось восстановление народного хозяйства, которое шло гигантскими темпами. Новые масштабные логистические проекты позволили за пять лет фактически с нуля построить города с сотнями тысяч жителей. Благодаря грамотно построенной логистической системе заработали грузовые и пассажирские перевозки, торговля, энергетика, финансы. Именно опыт военных лет лег в основу развития отечественной логистики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Наука и война. Дорога жизни. Исторический канал [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://m.tvzvezda.ru>. – Дата доступа : 21.09.2021.

S. P. VAKULENKO, P. V. KURENKOV, A. V. ASTAFIEV

LOGISTIC OF FUNCTIONING RAILWAY TRANSPORTATION IN GREAT PATRIOTIC WAR

The article shows role logistic in organization of transport and material maintenance of front and rear by resources in conditions sharp deficiency of time both throughput of railway stations in the European part of Soviet Union in Great Patriotic War.

Получено 21.10.2021

УДК 656 (035.3)

С. П. ВАКУЛЕНКО, П. В. КУРЕНКОВ, А. В. АСТАФЬЕВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

ТРАНСПОРТНЫЕ КОММУНИКАЦИИ НА ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ В 1941–1944 гг.

Представлен аналитический обзор материалов, показывающих героизм советских ученых, инженеров, рабочих, которые смогли создать и эффективно использовать различные транспортные сооружения на Ладожском озере в годы Великой Отечественной Войны.

Одним из самых трудных и значимых для осажденного Ленинграда и фронта транспортных проектов было сооружение ледовой трассы по Ладожскому озеру. Использование 30-и километрового участка замерзшего озера для движения автомобилей было достаточно рискованным планом (рисунок 1).

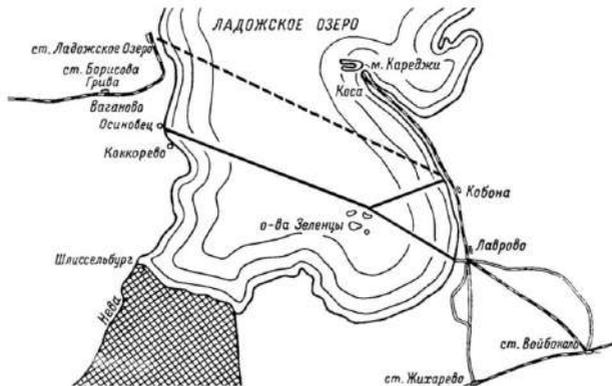


Рисунок 1 – Дороги, связывавшие берега Ладожского озера:
— — — — — автомобильные; - - - - - железная

Глубокой ночью 16 ноября 1941 года по тонкому льду Ладоги с восточного берега в сторону осажденного Ленинграда выехало 7 грузовиков. Их фары были выключены, двери с кабин сняты. Шоферы вели автомобили, стоя на подножках, чтобы успеть выпрыгнуть из машин в любой момент. Первая колонна грузовиков не смогла доехать до осажденного города: через 20 километров путь преградила огромная полынья, мешки с мукой выгрузили прямо на лёд и вернулись обратно.

22 ноября 1941 года из Ленинграда выехала колонна из 60 грузовиков 389-го отдельного автомобильного батальона, которая успешно достигла Кобоны на восточном берегу озера и вернулась в Ленинград с 70 тоннами муки. Ледовая трасса заработала.

В конце ноября ударили сильные морозы, и лед окончательно окреп. Однако появилась другая проблема, которую никто не мог объяснить. За две недели работы дороги жизни под лёд без видимых причин провалилось более 100 машин. Проблема заключалась в том, что при движении автомобилей по прочному льду он вдруг трескался, появлялась широкая щель, в которую на полном ходу очень быстро погружалась машина, и лед смыкался. Спасти шансов ни у кого не было.

Физики предположили, что причина трагедии на Ладоге заключается в явлении резонанса, когда автомобиль на определенной скорости создает вибрации, совпадающие с длиной подледной волны. Но эту версию надо было подтвердить. Для изучения свойств ледового покрова требовался специальный прибор. Его конструкцию разработал инженер Физико-технического института Наум Рейнов, используя тяжелую чугунную подставку, к которой крепились трубчатые ограждения городских клумб. Этот прибор давал точную фиксацию колебаний ладожского льда в зависимости от погодных условий и подводного течения во временном интервале от одной десятой секунды до суток. Сотрудники института собрали 52 таких самописца, приборы установили на льду Ладоги и приступили к измерениям.

Наблюдения за льдом шли успешно, достаточно быстро собрали необходимые данные, на основании которых могли определить закономерности деформации льда, которых раньше не знали. Стала ясна их зависимость от скорости движения машин. Наиболее опасной оказалась скорость около 35 км/ч. При ней собственные колебания льда совпадали с колебаниями, вызванными идущим по льду автомобилям. Амплитуды складывались, и возник резонанс, который лед не выдерживал.

По результатам исследований были даны рекомендации двигаться с большей или меньшей скоростью. На ладожской трассе запретили обгоны, установили строгую дистанцию между автомобилями (не менее 80 метров), прибрежные зоны были объявлены особо опасными участками, поскольку именно у берега проявлялось большое количество отраженных волн. Ученые рассчитали, какие нагрузки мог выдерживать лед при разной толщине, благодаря чему ледовую дорогу использовали до поздней весны, когда толщина льда была всего десять сантиметров. По Дороге жизни пошли тяжелые грузовики ЗиС-5 и даже пятитонные Уралы.

Официальное название Дороги жизни – Военная автомобильная дорога № 101. На каждом берегу в различных обеспечивающих подразделениях этой дороги работало больше 19 тысяч человек. По всей длине трассы постоянно работали палатки, в которых были поставлены буржуйки с чайни-

ками, оказывалась медицинская помощь раненым и обмороженным. Заправочные и ремонтные станции разворачивались прямо на дороге. Ежедневно по ледовой дороге проходило до 1000 автомобилей, назначение полос было строго регламентировано: одни использовались для вывоза раненых и детей, по другой трассе везли боеприпасы, по третьей – нефтепродукты. Расстояние между ними было рассчитано так, чтобы в случае взрыва остальные машины не пострадали.

За всё время ледовая трасса отработала 152 дня, было построено больше 100 дорог. Необходимость сооружения новых дорог возникала из-за того, что из-за такой активной эксплуатации ледовая трасса выходила из строя буквально на вторые сутки, даже очень толстый лёд лопался, крошился, изнашивался (рисунок 2).



Рисунок 2 – Ледовая дорога по Ладожскому озеру

Ладожская дорога не только поддерживала жизнь осажденному Ленинграду. В январе 1942 года ледовая трасса обеспечила переход 60 танков КВ, которые сразу были направлены на фронт. Большой опасностью для танков было преодоление трещин на льду. Выход подсказали сами танкисты, которые набирали предельную скорость и перепрыгивали через опасные участки. За две ночи вся танковая бригада была переброшена на другой берег.

Ледовая трасса работала практически до конца апреля 1942 года. Весной на судостроительных заводах Ленинграда были построены дополнительные грузоперевозочные баржи и специальные самоходные катера, по обоим берегам озера введены в строй 26 причалов.

Острую нехватку продовольствия в городе удалось решить, но с топливом дело обстояло хуже: ежедневно Ленинград нуждался в 660 тоннах горючего. С такой задачей Дорога жизни не справлялась, и 25 апреля 1942 года Госкомитет обороны принимает решение проложить нефтепровод по дну Ладожского озера.

Основная база строительства находилась на западном берегу. Стальные трубы привезли с Ижорского завода. Их сваривали в плети длиной по 200 м ночью в целях маскировки. Когда все секции были сварены, труба постепенно укладывалась на дно. Предварительно эти секции по два километра испытывались под давлением 35 атмосфер.

Водолазы в холодной воде практически при нулевой видимости выполняли свою работу по обследованию дна и контролю состояния трубопровода при укладке. Всего через 43 три дня топливная артерия была проложена. Сначала по ней прокачали воду, потом керосин под давлением. Небольшой дефект был найден только на одном из 5800 сварных стыков.

Трубопровод эксплуатировался 20 месяцев. До снятия блокады было перекачено 40 тысяч тонн топлива, что позволило обеспечить жизненно важные функции Ленинграда, а также снабжать топливом танки, которые обороняли город. Уникальная операция вошла в историю блокады ещё и тем, что фашисты о ней так и не узнали.

Осенью 1942 года руководство Ленинградского фронта вновь обращается за помощью к специалистам Физико-технического института. Физикам предстояло исследовать свойства льда в районе Шлиссельбургской губы для постройки через Ладожское озеро железной дороги на деревянных сваях. Этот проект состоял в том, чтобы возвести железнодорожный мост длиной в 30 километров, который должен был соединить железнодорожную станцию Кобона на восточной стороне Ладоги со станцией Ладожское озеро на западном (см. рисунок 1). Это позволило бы перевозить гораздо большее количество грузов в блокадный город в любую погоду и при любой толщине льда.

К работе приступили в первых числах января. Водолазы укрепляли конструкцию под водой. На глубину 11 метров вручную забивались огромные деревянные сваи. Всего было подготовлено и установлено 19 000 свай. Строители работали на обоих берегах Ладоги, двигаясь навстречу друг другу. За две недели была построена почти половина дороги, по рельсам уже ходили рабочие поезда, участвовавшие в строительстве.

Однако этот проект не был реализован. 18 января 1943 года был совершён прорыв блокады Ленинграда, когда войска Ленинградского и Волховского фронтов сомкнулись, и враг был отброшен на 9–11 километров. Необходимость строительства по льду Ладожского озера железной дороги отпала.

Ледовая трасса продолжала действовать вплоть до 27 января 1944 года, когда осада города была снята окончательно. За это время по Дороге жизни (зимой по льду, а летом по воде) было перевезено больше двух миллионов тонн грузов и эвакуированы миллион триста семьдесят шесть тысяч человек.

Блокада унесла жизни многих ученых ленинградских учреждений. Академия наук потеряла пять членов-корреспондентов, не выдержали испытание голодом двадцать два профессора и пятьдесят четыре кандидата наук, погибли около ста преподавателей Ленинградского университета. Те научные сотрудники, кому удалось выжить, продолжали трудиться, рискуя соб-

ственной жизнью. Ленинградские ученые боролись как в самом Ленинграде в тяжелейших условиях блокады, так и в эвакуации. И там они не только способствовали победе в Великой Отечественной войне, но и дали импульс развитию многих научных школ. Люди науки в труднейших условиях искали и находили новые способы и технологии для борьбы с врагом. Большинство ученых могли эвакуироваться из блокадного Ленинграда, но они остались и сделали всё возможное, чтобы город-герой выстоял.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Наука и война. Дорога жизни. Исторический канал [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://m.tvzvezda.ru>. – Дата доступа : 20.10.2021.

S. P. VAKULENKO, P. V. KURENKOV, A. V. ASTAFIEV

THE TRANSPORT COMMUNICATIONS ON THE LADOGA LAKE IN 1941–1944

The review of materials showing herosm the Soviet scientists, engineers, working is submitted which could create and effectively to use various transport structures on the Ladoga lake in Great Patriotic War.

Получено 10.11.2021

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021**

УДК 656 (035.3)

С. П. ВАКУЛЕНКО, П. В. КУРЕНКОВ, А. В. АСТАФЬЕВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва,
post-iiuit@bk.ru, petrkurenkov@mail.ru

ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА «ТАНКОГРАДА» В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

Статья входит в цикл исследований исторического опыта роли транспорта в управлении производственными мощностями в годы Великой Отечественной войны. Приведены примеры перераспределения машиностроительного производства для нужд фронта, строительства новых причалов порта Осиновец для организации эвакуации и выпуска продукции «Танкограда» в Челябинске.

С сентября 1941 года в Ленинграде Кировский танковый завод выпускает ежемесячно по 70 танков КВ. Прочная броня советского танка выдерживает

вала попадания снарядов всех немецких орудий, разве что за исключением гаубиц и зениток большого калибра.

План эвакуации Кировского завода предполагал, что оборудование и людей отправят по железной дороге. В июле в Свердловск успели вывести дизельный цех, но к концу августа железнодорожное сообщение с Ленинградом было прервано. Единственной возможностью транспортировать многотонные грузы стали порты. Согласно новому плану эвакуации до 1 ноября всё заводское оборудование должны погрузить на баржи и отправить через Ладогу. Для этого на мысе Осиновец Ладожского озера был построен новый порт с возведением большегрузных причалов и монтажом тяжелых кранов [2, 3]. Работа началась в сентябре, к сооружению причалов были привлечены бойцы строительных, саперных батальонов и ленинградские рабочие (рисунок 1).



Рисунок 1 – Работы в порту Осиновец

Одновременно прокладывался новый судходный фарватер от Осиновца на западном берегу до бухты Черная Сатама – на южном для возможности приема крупных судов.

В течение трех дней провели необходимые промеры глубин, обозначили фарватер, по которому в Черную Сатаму из Осиновца тральщик привел первую баржу с рабочими Кировского завода. В короткий срок войсковые части и рабочие построили четыре больших пирса для причаливания судов, произвели дноуглубительные работы. Объем земляных работ составил 70 тысяч кубометров грунта. От причальных линий к основной магистрали была проложена узкоколейная железная дорога, построены склады для продовольственных товаров, горючего и боеприпасов, были вырыты землянки для различных морских и охранных служб. Новая трасса вступила в строй (рисунок 2).



Рисунок 2 – Судоходный фарватер от Осиновца до бухты Черная Сатама

Технические мощности порта позволили погрузить на корабли прокатные броневые станы Кировского завода, оборудование мартеновских печей и штамп-пресс с нагрузкой в 5000 тонн. Все эти работы были выполнены на один месяц с передислокацией на Челябинский тракторный завод.

До войны завод должен был обеспечивать страну тракторами. Для этого в тридцатые годы при участии американских инженеров построили высокоэффективное предприятие. Вместо 20 разных корпусов, что было ранее обычной практикой в строительстве заводов, возвели только три особо крупных: механический, литейный и кузнечный. Тогда никто и не предполагал, что это решение станет настолько важным, что в годы войны завод в кратчайшее время сможет быть приспособлен для выпуска тяжёлых танков. Название «Кировский завод наркомата танковой промышленности» объединенный завод получил по основному предприятию.

В Ленинграде над сборкой танков работали бригады опытных рабочих. Теперь же к станкам встали четырнадцатилетние и пятнадцатилетние подростки, которых можно было научить только двум-трем операциям. Поэтому потребовалось решать проблему с обучением персонала. Директор завода И. М. Зальцман принимает решение привлечь к производству танкистов. В Челябинске активно работал учебный бронетанковый центр, в котором по специальной пятнадцатидневной программе на одной учебной машине готовили танковые экипажи. Теперь каждый десятый день учебной программы подготовки маршевой роты отводился на сборку танка в цехе, и экипаж работал вместе с сотрудниками завода.

Однако мощностей даже такого гиганта, как Челябинский завод, для массового производства танков было недостаточно. Поэтому в срочном порядке возвели стены для 17 корпусов новых цехов. Многие станки включались в работу, когда в цехах ещё не было крыши. Все усилия направлялись только на то, чтобы как можно скорее дать фронту первую

продукцию. Путь от нескольких единиц до полутора десятков машин в день завод проходил ускоренными темпами. В крайне сжатые сроки удалось наладить бесперебойную поставку и сборку почти всех необходимых компонентов корпусов трансмиссии и вооружения, однако возник острый дефицит двигателей, которых не было в наличии.

Небольшие запасы, благодаря которым Челябинский Кировский завод построил 62 танка с дизельными моторами, закончились, и тогда директор принял очень рискованное решение – использовать карбюраторные двигатели, предназначенные для самолетов, которые случайно оказались в проходящем через Челябинск составе. Это решение противоречит планам Л. П. Берия, который курировал авиапромышленность. Казалось, после такого решения дни директора сочтены, но его выручил достаточно веский аргумент: под эти моторы самолетов сейчас пока нет, а танки нужны завтра. Таким образом, в ноябре 1941 года 156 танков КВ было отправлено на фронт.

Накануне годовщины Октябрьской революции был утвержден план проведения военного парада 1941 года. В перечне всей техники по Красной площади должны были пройти танки из Челябинска. Однако перебои с поставками от смежников привели к тому, что танки из Челябинска отправили без стартеров, а с предприятия, которое производило стартеры, были отправлены рабочие с готовой продукцией навстречу. В Куйбышеве провели все работы по комплектованию, и советская бронетехника 7 ноября прошла по Красной площади, откуда сразу же была направлена на фронт.

Основное отличие Челябинского тракторного завода, позднее неофициально именуемого «Танкоградом», заключалось в том, что он практически делал всё, начиная от двигателя и кончая узлами ходовой части, обеспечивая тем самым полный цикл сборки.

Одновременно основное производство в Челябинске перестраивается под выпуск танков Т-34 без снижения объемов производства танков КВ. В течение одного месяца было спроектировано и изготовлено несколько тысяч наименований штампов моделей новых инструментов, организован параллельный конвейер и обучено несколько тысяч специалистов для производства танка Т-34-76. К началу 1943 года танковая промышленность СССР достигает уровня, о котором в начале войны можно было лишь мечтать. Однако новая немецкая бронетехника по толщине брони и по огневой мощи превосходила танки КВ. Поэтому был создан новый тяжёлый танк ИС-2, который вошёл в серийное производство Челябинского завода в сентябре 1943 года.

Первый официальный выходной на всех заводах Танкограда объявят только 9 мая 1945 года. Скрупулезный подсчет показал, что за годы войны здесь создали 13 типов и 18 000 новых танков и САУ. Впервые в мировой практике танкостроения сборка тяжёлых танков была поставлена на конвейер.

После победы челябинский тракторный завод приступил к выпуску столь необходимой для мирной жизни продукции – тракторов. Разрушенной стране нужно было много тракторов и опять – в самые кратчайшие сроки.

Рассмотренные уникальные условия производства танков в годы Великой Отечественной войны показывают тонкие механизмы логистического подхода, позволяющие совершенствовать технологические процессы и организацию работы машиностроительных предприятий в форс-мажорных условиях. Изучение подобного опыта в историческом разрезе дает представление об уникальности отдельных решений по логистическому управлению операционными ресурсами и производственными мощностями, обеспечивших создание новых технологий и регламентов работы благодаря тесному взаимодействию промышленности и транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Биография Колобанова З. Г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Колобанов,_Зиновий_Григорьевич. – Дата доступа : 21.10.2021.

2 Порт Осиновец. Военный дневник [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://wardiary.ru/порт-осиновец>. – Дата доступа : 21.10.2021.

3 Ковальчук, В. М. Ленинград и Большая земля [Электронный ресурс] / В. М. Ковальчук. – Режим доступа : http://militera.lib.ru/h/kovalchuk_vm/02.html. – Дата доступа : 21.10.2021.

4 Комаров, Л. С. Летопись Челябинского тракторного / Л. С. Комаров, Е. Г. Ховив, Н. И. Заржевский. – М., 1972.

5 Наука и война. Дорога жизни. Исторический канал [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://m.tvzvezda.ru>. – Дата доступа : 21.10.2021.

S. P. VAKULENKO, P. V. KURENKOV, A. V. ASTAFIEV

TRANSPORT LOGISTIC «TANKOGRAD» IN GREAT PATRIOTIC WAR

The article included into a cycle of researches historical experience a role of transport in management capacities in Great Patriotic War. The examples of redistribution of machine-building manufacture for needs of front, construction new moorings of port Osinovets for organization of evacuation and output «Tankograd» in Chelyabinsk.

Получено 14.11.2021

УДК 656.212;625.1

ВАН ЮЙБЯНЬ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
alerof@tut.by*

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЧАСТКА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

Установлены факторы, оказывающие влияние на пропускную способность железнодорожной линии при организации высокоскоростного движения поездов: скорости движения поездов различных классов и их сочетания, режимы остановок поездов, доли поездов разных категорий в графике движения поездов. Предложены методики выполнения аналитических расчетов величины изменения пропускной способности в зависимости от значимых факторов. Выполнено математическое моделирование и установлены аналитические зависимости изменения пропускной способности в зависимости от значимых факторов.

Организация высокоскоростного движения пассажирских поездов по существующей инфраструктуре предполагает распределение пропускной способности между различными категориями поездов. Целью исследования является определение факторов и их влияние на наличную пропускную способность железнодорожного участка. В качестве наиболее значимых факторов рассматриваются ходовые скорости и их сочетания для различных категорий поездов, количество остановок и продолжительность остановок.

К наиболее значимым факторам, оказывающим влияние на участковую скорость движения поездов можно отнести следующие.

1 Ходовая скорость движения поездов.

В данной работе в качестве объекта исследования рассмотрены две категории поездов: высокоскоростные поезда, следующие с ходовыми скоростями 250 и 200 км/ч (далее – категория *A*) и скоростные поезда – 180 км/ч и 160 км/ч; 140 км/ч и 120 км/ч – категория *B*.

2 Количество остановок и время, затрачиваемое на остановки.

При организации движения пассажирских поездов решается технико-экономическая задача по определению рационального количества остановок поезда в пути следования. Очевидно, чем больше количество остановок, тем больше величина потенциально обслуживаемого пассажиропотока, но тем меньше участковая скорость. При организации движения поездов категорий *A* и *B* на одной железнодорожной линии принимается, что высокоскоростные поезда делают остановки реже, чем скоростные. При этом в качестве

параметра, характеризующего удельное влияние времени, затрачиваемого на стоянки, предлагается использовать коэффициент участковых скоростей β_x .

3 Соотношение количества поездов A и B в графике и их ходовых скоростей движения.

Несмотря на то, что данное соотношение не влияет на ходовую скорость каждой из категорий поездов (за исключением случаев, когда поезда категории B вынуждены делать остановки для обгона поездами категории A), оно оказывает непосредственное влияние на среднюю участковую скорость на рассматриваемом направлении.

Таким образом, для того, чтобы рассчитать участковую скорость движения поездов классов A и B , необходимо установить среднее время остановки и количество остановок поездов классов A и B .

Для этих целей предлагается следующая методика расчета.

Пусть v_A – скорость движения класса A , а v_B – скорость движения класса B . T_A , T_B обозначают чистое время движения поездов классов A и B , которое можно получить, разделив маршрутное расстояние на скорость движения: $T_A = L/v_A$; $T_B = L/v_B$. В данной статье v_A и v_B принимаются равными установленным ходовым скоростям. Коэффициенты ходовых скоростей могут быть рассчитаны по формулам

$$\beta_A = \frac{T_A}{T_A + k_A(T_{\text{ост}} + \Delta t)}; \quad \beta_B = \frac{T_B}{T_B + k_B(T_{\text{ост}} + \Delta t')}. \quad (1)$$

где $T_{\text{ост}} + \Delta t$ – продолжительность одной остановки поезда, включая затраты времени на посадку-высадку пассажиров, дополнительные затраты времени на разгоны и замедления; k_A , k_B – количество остановок на участке для поездов соответственно классов A и B .

Тогда средняя участковая скорость может быть определена по формуле

$$\bar{v} = \frac{L}{(1 - a_B)(T_A + k_A(T_{\text{ост}} + \Delta t)) + a_B(T_B + k_B(T_{\text{ост}} + \Delta t'))}, \quad (2)$$

где a_B – доля поездов категории B .

Оценим влияние расстояния между станциями остановки поездов на участковую скорость движения.

Предположим, что существует 5 пассажирских участков различной длины от 50 до 250 км. На каждом пассажирском участке имеется 1 промежуточная станция. Коэффициент остановки для поездов класса A на промежуточной станции составляет 0,3, коэффициент остановки для поездов B – 0,7. Дополнительное время на разгоны и замедления для поездов A составляет 5 мин; для поездов B – 3 мин. Продолжительность стоянки для посадки-высадки пассажиров для поездов A составляет 2 мин, а для поездов B – 5 мин. Рассчитаем участковую скорость для каждой категории поездов и в целом для участка (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Зависимость участковых скоростей движения поездов от расстояния между техническими станциями и от ходовой скорости (без остановок)

Расстояние, км	$v_A = 250$		$v_A = 200$		$v_B = 180$		$v_B = 160$		$v_B = 140$		$v_B = 120$	
	$v_{уч}$, км/ч	β_x										
50	176,5	0,71	150,0	0,75	152,5	0,85	137,9	0,86	122,8	0,63	107,1	0,71
100	206,9	0,83	171,4	0,86	165,1	0,92	148,1	0,93	130,8	0,77	113,2	0,83
150	219,5	0,89	180,0	0,90	169,8	0,94	151,9	0,95	133,8	0,84	115,4	0,88
200	226,4	0,91	184,6	0,92	172,2	0,96	153,8	0,96	135,3	0,87	116,5	0,91
250	230,8	0,92	187,5	0,94	173,7	0,97	155,0	0,97	136,2	0,90	117,2	0,93

Таблица 2 – Зависимость участковых скоростей движения поездов от расстояния между техническими станциями и от ходовой скорости (одна остановка)

Длина участка, км	$v_A = 250$		$v_A = 200$		$v_B = 180$		$v_B = 160$		$v_B = 140$		$v_B = 120$	
	$v_{уч}$, км/ч	β_x										
50	157,9	63,2	136,4	68,2	121,6	70,4	112,1	72,8	101,9	42,4	90,9	51,7
100	193,5	77,4	162,2	81,1	145,2	82,6	131,9	84,3	118,0	59,5	103,4	68,2
150	209,3	83,7	173,1	86,5	155,2	87,7	140,1	88,9	124,5	68,8	108,4	76,3
200	218,2	87,3	179,1	89,6	160,7	90,5	144,6	91,5	128,0	74,6	111,1	81,1
250	223,9	89,6	182,9	91,5	164,2	92,3	147,4	93,1	130,3	78,6	112,8	84,3

На основании сравнения таблиц 1 и 2 можно сделать вывод, что добавление остановок на промежуточных станциях уменьшит значения участковых скоростей для всего диапазона исследуемых расстояний между техническими станциями. Поскольку коэффициент остановки поездов класса *A* меньше, чем у поездов класса *B*, сравнение значений коэффициентов в таблицах 1 и 2 показывает, что значения коэффициентов скорости движения поездов класса *B* уменьшаются в большей степени, это свидетельствует о том, что добавление промежуточных станций оказывает большее влияние на значения скорости поездов класса *B*.

Изменяя уравнение (1), можно найти наименьшую длину зоны, чтобы гарантировать приемлемое значение коэффициента скорости *A*, *B*.

$$L > \frac{\beta(T_{ост} + k(T_{ост} + \Delta t))v}{60(1-\beta)}. \quad (3)$$

Для того чтобы коэффициент ходовой скорости был выше 0,75 (китайский стандарт составляет около 0,85 для поездов класса *B*), необходимо установить наименьшее расстояние между станциями остановок поездов (таблица 3).

Таблица 3 – Зависимость минимального рекомендованного расстояния между техническими станциями от ходовой скорости и количества промежуточных станций

k	$v_A = 250$	$v_A = 200$	$v_B = 180$	$v_B = 160$	$v_B = 140$	$v_B = 120$
0	62,5	50,0	27	24	21	18
1	150,0	120,0	99	88	77	66
2	237,5	190,0	171	152	133	114
3	325,0	260,0	243	216	189	162

Как видно из таблицы 3, чем выше ходовая скорость, тем больше минимальное расстояние между начальной и конечной станциями маршрута должно быть для обеспечения приемлемого значения коэффициента скорости, и чем больше количество остановок, тем больше длина маршрута. При этом для скоростей движения 250 км/ч минимальное расстояние между остановочными пунктами должно составлять не менее 62,5 км.

Оценим влияние доли поездов класса B на участковую скорость поездов.

Соотношение количества поездов классов A и B оказывает непосредственное влияние на среднюю участковую скорость движения всех поездов в зоне обслуживания и определяет, насколько быстро или медленно перевозятся пассажиры. Величина средней скорости движения анализируется путем изменения доли поездов категорий A и B .

В таблице 4 приведены результаты расчета средней участковой скорости движения при различных пропорциях между количеством поездов категорий A и B . При выполнении расчетов принималось, что длина участка составляет 150 км, и поезда могут делать одну остановку в пути следования.

Таблица 4 – Зависимость средней участковой скорости от доли поездов категории B и значений ходовых скоростей

a_B	$v_A = 250$	$v_A = 250$	$v_A = 250$	$v_A = 250$	$v_A = 200$	$v_A = 200$	$v_A = 200$	$v_A = 200$
	$v_B = 180$	$v_B = 160$	$v_B = 140$	$v_B = 120$	$v_B = 180$	$v_B = 160$	$v_B = 140$	$v_B = 120$
0	209,3	209,3	209,3	209,3	173,1	173,1	173,1	173,1
0,1	202,2	199,4	196,0	191,5	171,1	169,1	166,6	163,3
0,2	195,7	190,5	184,2	176,5	169,2	165,3	160,6	154,6
0,3	189,5	182,3	173,8	163,6	167,3	161,7	154,9	146,8
0,4	183,7	174,8	164,5	152,5	165,4	158,2	149,7	139,8
0,5	178,2	167,8	156,1	142,9	163,6	154,8	144,8	133,3
0,6	173,1	161,4	148,6	134,3	161,9	151,6	140,2	127,5
0,7	168,2	155,5	141,7	126,8	160,1	148,6	136,0	122,1
0,8	163,6	150,0	135,5	120,0	158,5	145,6	131,9	117,2
0,9	159,3	144,9	129,8	113,9	156,8	142,8	128,1	112,6
1,0	155,2	140,1	124,5	108,4	155,2	140,1	124,5	108,4

Результаты расчетов графически представлены на рисунке 1.

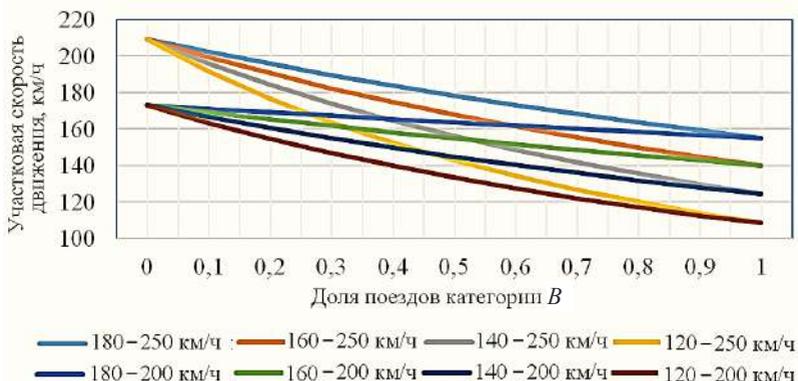


Рисунок 1 – Зависимость средней участковой скорости от доли поездов категории B и значений ходовых скоростей

Как видно из таблицы 4 и рисунка 1, на среднюю участковую скорость движения в большей мере влияет ходовая скорость движения поездов категорий A и B, а соотношение количества таких поездов влияет в меньшей степени. При этом сценарии 200–160 км/ч и 200–140 км/ч имеют более высокие значения средней скорости движения, чем сценарий 250–120 км/ч. Таким образом, при постановке скоростей движения пассажирских поездов рекомендуется одновременно решать задачу повышения скорости движения поездов не только класса A, но и класса B. В противном случае средняя участковая скорость движения поездов может оказаться ниже расчетной.

Организация движения высокоскоростных поездов по действующей инфраструктуре неизбежно связана со снижением пропускной способности для пропуска поездов других категорий. Одним из методов снижения коэффициента съема поездов является выбор рациональных сочетаний скоростей движения поездов различных категорий. На пропускную способность железнодорожных участков оказывает влияние ряд технических и технологических параметров. Рассмотрим основные из них.

1 Количество категории поездов и разница в ходовых скоростях движения.

При организации движения поездов различных категорий возникают обгоны менее скоростных поездов более скоростными. При этом чем больше разница в ходовых скоростях движения, тем меньшее расстояние проходят поезда без обгонов. Разница в скорости движения поездов приводит к тому, что поезда класса A обгоняют поезда класса B, что снижает пропускную способность железнодорожного участка.

2 Доля поездов различных типов.

Изменение пропорций различных типов поездов напрямую влияет на величину пропускной способности. Если данные сочетания не сбалансирова-

ны, невозможно организовать подряд отправление поездов одной категории (организовать период с параллельным графиком), что приводит к снижению пропускной способности.

3 Остановки поездов для посадки-высадки пассажиров.

Остановка высокоскоростных поездов создает дополнительное время занятия графика движения поездов и увеличивает коэффициент основного съема. При этом при увеличении количества остановок высокоскоростных поездов, несмотря на сближение участков скоростей движения поездов различных категорий, фактический коэффициент съема возрастает.

4 Длина участка.

Длина участка влияет на время хода поездов по участку. Чем длиннее участок, тем больше разница между временем хода поездов класса A и поездов класса B , тем больше коэффициент съема для поездов класса B и тем меньше пропускная способность.

Аналитический метод расчета пропускной способности при непараллельном графике предполагает определение пропускной способности при параллельном графике и распределение ее между поездами в соответствии с коэффициентами съема поездов. Пропускную способность при параллельном графике можно рассчитать по формуле

$$N = \frac{1440 - t_{\text{техн}}}{T_{\text{пер}}} \cdot \alpha_n, \quad (4)$$

где $T_{\text{пер}}$ – период графика, мин; $t_{\text{техн}}$ – продолжительность технологического окна, мин; α_n – коэффициент надежности работы технических устройств.

Коэффициент съема высокоскоростных поездов класса A ε_A связан с временем стоянки на промежуточной станции участка (при ее наличии), дополнительными затратами времени на разгоны и замедления и значением межпоездного интервала. По сравнению с существующей системой организации движения поездов время стоянки и дополнительные затраты времени на замедления и разгоны оказывают значительное влияние на коэффициент съема. Влияние остановки на пропускную способность можно выразить как $\Delta t / I$. Время, приходящееся на одну остановки поезда Δt можно выразить

$$\Delta t = t_3 + t_{\text{ст}} + t_p, \quad (5)$$

где $t_{\text{ст}}$ – время стоянки поезда класса A ; t_p и t_3 – дополнительные затраты времени соответственно на разгон и замедление.

Тогда основной коэффициент съема при условии одной остановки поезда на участке

$$\varepsilon_A = 1 + \Delta t / I. \quad (6)$$

Поскольку на практике поезда класса A имеют более высокую маршрутную скорость и только для части из них предусматриваются остановки на маршруте следования, коэффициент съема будет иметь вид

$$\varepsilon_A = 1 + x_A \Delta t / I. \quad (7)$$

где x_A – доля остановок поезда; Δt – среднее время остановки поезда.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что при организации высокоскоростного движения чем больше остановок в пути следования предусматривается для поездов класса A , тем ниже будет пропускная способность участка. На коэффициент съема поездов класса B ε_B влияет большее количество факторов, чем класса A .

В случае, когда доля поездов класса B меньше или равна 0,5, т. е. когда количество курсирующих поездов класса B меньше, чем количество поездов класса A , пакетная прокладка поездов класса B не рассматривается. В таком случае основной коэффициент съема для поездов класса B может быть выражен как

$$\varepsilon_B = \frac{I_{\text{отпр}} + I_{\text{приб}} + t_{\text{разница}} + x_B \Delta t}{I} - 1 = 1 + \frac{t_{\text{разница}} + x_B \Delta t}{I}, \quad (8)$$

где $t_{\text{разница}} = \left(\frac{L}{v_B} - L / v_a \right)$ выражает разницу во времени хода поездов по участку длиной L .

Когда $a_B > 0,5$, т. е. когда количество курсирующих поездов класса B больше, чем количество поездов класса A , может возникнуть ситуация, при которой поезда класса B идут друг за другом в пакете, тем самым формируя фрагмент параллельного графика движения поездов. В соответствии с предпосылкой пропорциональной укладки максимальное количество поездов, следующих в пакете, $z = a / (1 - a)$. В таком случае основной коэффициент съема поездов класса B можно рассчитать по формуле

$$\begin{aligned} \varepsilon_B &= \frac{I_{\text{отпр}} + I_{\text{приб}} - I + t_{\text{разница}} + (z - I)I_{\text{след}} + z x_B \Delta t'}{zI} - 1 = 1 + \frac{t_{\text{разница}} + x_B \Delta t'}{I} = \quad (9) \\ &= \frac{I_{\text{след}}}{I} + \frac{I - I_{\text{след}} + t_{\text{разница}} + z x_B \Delta t'}{zI}. \end{aligned}$$

Из уравнения (9) следует, что значение z стремится к бесконечности, когда a стремится к 1. Тогда

$$\begin{aligned} \lim_{z \rightarrow \infty} \varepsilon_B &= \frac{I_{\text{след}}}{I} + \frac{I - I_{\text{след}} + t_{\text{разница}}}{zI} + x_B \frac{\Delta t'}{I} = \\ &= \frac{I_{\text{след}}}{I} + x_B \frac{\Delta t'}{I} + \lim_{z \rightarrow \infty} \varepsilon_B (I - I_{\text{след}} + t_{\text{разница}}) = \frac{I_{\text{след}}}{I} + x_B \frac{\Delta t'}{I}. \quad (10) \end{aligned}$$

Когда $a_B = 1$, т. е. когда все курсирующие поезда являются поездами класса B , максимальная пропускная способность высокоскоростной железнодорожной линии равна значению пропускной способности при параллельном графике и зависит от минимального интервала отправления поездов в пакете $I_{\text{след}}$. Тогда для поездов класса B , имеющих остановки на части станций участка коэффициент съема

$$\varepsilon_B = \frac{I_{\text{след}}}{I} + x_B \frac{\Delta t'}{I}, \quad (11)$$

где x_B – коэффициент остановок; $\Delta t'$ – время остановки поездов класса B .

Результирующая пропускная способность участка при организации движения поездов классов A и B

$$N_{AB} = \frac{1440 - T_{\text{тех}}}{I(a_B \varepsilon_B + (1 - a_B) \varepsilon_A)}. \quad (12)$$

Из уравнения (12) видно, что на пропускную способность влияют не только коэффициенты съема поездов ε_A и ε_B , но и доля поездов класса B , равная a_B . Поэтому необходимо эффективно согласовать скорости движения поездов A и B , а также их количество и расположение на графике.

Оценим влияние различных сочетаний скоростей движения поездов классов A и B на условном примере. При расчете принимаем, что высокоскоростные поезда класса A следуют со скоростями 250 км/ч, 200 км/ч; а скоростные поезда класса B – 180 км/ч, 160 км/ч, 140 км/ч и 120 км/ч. Поезда 6 классов образуют 8 сочетаний. При расчетах длины участков принимаем равными от 50 до 250 км с шагом 50 км, что характерно для условий Белорусской железной дороги.

Для поездов класса A межпоездной интервал составляет 4 минуты, дополнительное время на разгоны и замедления – 3 и 2 минуты соответственно, а время одной стоянки A – 2 минуты. Для поездов класса B межпоездной интервал составляет 5 минут, дополнительное время на разгон и замедление – 2 минуты и 1 минута соответственно, а время стоянки – 5 минут.

Определим чистые времена хода поездов по участкам различной длины (таблица 5).

Таблица 5 – Расчетная таблица чистых времен хода поездов по участкам

Длина участка, км	Чистое время хода T_A, T_B , км/ч					
	250	200	180	160	140	120
50	12,00	15,00	16,67	18,75	21,43	25,00
100	24,00	30,00	33,33	37,50	42,86	50,00
150	36,00	45,00	50,00	56,25	64,29	75,00
200	48,00	60,00	66,67	75,00	85,71	100,00
250	60,00	75,00	83,33	93,75	107,14	125,00

Для каждого сценария определяем $t_{\text{разница}}$ (таблица 6).

Если предположить, что доля поездов класса *B* составляет $a_B = 30\%$, а процент остановки поездов класса *A* составляет $x = 30\%$, то пропускная способность каждого участка определяется по таблице 7.

Таблица 6 – Разница во времени хода поездов по участку для каждого сценария

Длина участка, км	$v_A = 250$ $v_B = 180$	$v_A = 250$ $v_B = 160$	$v_A = 250$ $v_B = 140$	$v_A = 250$ $v_B = 120$	$v_A = 200$ $v_B = 180$	$v_A = 200$ $v_B = 160$	$v_A = 200$ $v_B = 140$	$v_A = 200$ $v_B = 120$
	50	4,67	6,75	9,43	13,00	1,67	3,75	6,43
100	9,33	13,50	18,86	26,00	3,33	7,50	12,86	16,67
150	14,00	20,30	28,29	39,00	5,00	11,30	19,29	25,00
200	18,67	27,00	37,71	52,00	6,67	15,00	25,71	33,33
250	23,33	33,80	47,14	65,00	8,33	18,80	32,14	41,67

Таблица 7 – Пропускная способность участка для различных сценариев

Длина участка, км	$v_A = 250$ $v_B = 180$	$v_A = 250$ $v_B = 160$	$v_A = 250$ $v_B = 140$	$v_A = 250$ $v_B = 120$	$v_A = 200$ $v_B = 180$	$v_A = 200$ $v_B = 160$	$v_A = 200$ $v_B = 140$	$v_A = 200$ $v_B = 120$
	50	133	125	116	106	146	137	126
100	117	105	93	81	139	123	107	98
150	104	90	78	65	132	111	92	82
200	94	79	67	55	126	101	81	71
250	85	71	58	47	120	93	73	63

Графически результаты расчета представлены на рисунке 2.

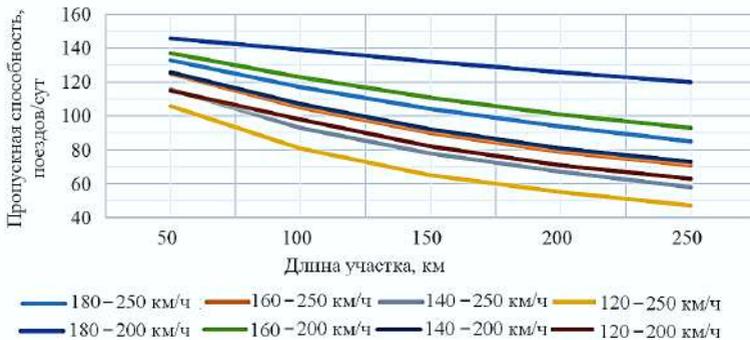


Рисунок 2 – Зависимости пропускной способности от длины железнодорожного участка и сочетаний скоростей движения поездов

Из данных таблицы 7 и рисунка 2 можно сделать вывод, что максимальная пропускная способность обеспечивается при наименьшей разнице скоростей движения поездов различных классов (200–180 км/ч), а минимальная пропускная способность – при сочетании скоростей 250–120 км/ч. При этом чем больше длина участка, который поезда проследуют без остановок, тем

меньше пропускная способность (при условии построения безобгонного графика движения поездов).

Оценим влияние доли поездов категории *B* на пропускную способность. Для этого используем формулу (12). Предположим, что имеется участок, длиной 100 км. Определим для него значения пропускной способности при различных соотношениях количества поездов классов *A* и *B*. Результаты расчета приведены в таблице 8 и на рисунке 3.

Таблица 8 – Пропускная способность железнодорожного участка в зависимости от доли поездов класса *B*

Пропорция a_B	В поездах в сутки							
	$v_A = 250$ $v_B = 180$	$v_A = 250$ $v_B = 160$	$v_A = 250$ $v_B = 140$	$v_A = 250$ $v_B = 120$	$v_A = 200$ $v_B = 180$	$v_A = 200$ $v_B = 160$	$v_A = 200$ $v_B = 140$	$v_A = 200$ $v_B = 120$
0	196	196	196	196	196	196	196	196
0,1	162	154	145	134	175	166	155	149
0,2	138	127	115	83	158	144	129	120
0,3	121	108	96	83	144	127	110	100
0,4	107	94	82	69	133	114	96	86
0,5	96	83	71	60	123	103	85	76
0,6	101	90	78	67	124	107	91	82
0,7	106	97	86	76	124	111	98	90
0,8	112	105	97	88	125	116	106	100
0,9	119	115	110	104	126	121	116	112
1,0	127	127	127	127	127	127	127	127

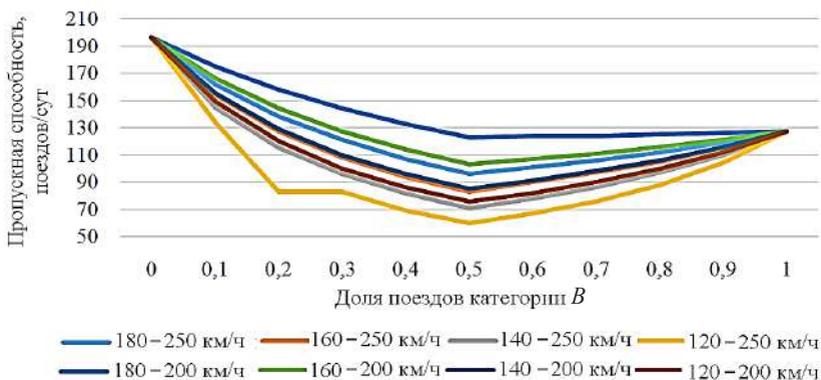


Рисунок 3 – Зависимость пропускной способности железнодорожного участка от доли поездов класса *B*

Как видно из рисунка 3, для любого сценария по мере увеличения доли поездов класса *B*, пропускная способность интервала становится меньше, достигая минимума, когда доля поездов класса *B* составляет 50 %. После

этого значения пропускная способность возрастает. Подобные зависимости характерны для участков любой длины.

Оценим влияние доли остановок поездов класса A на пропускную способность. При организации высокоскоростного движения большее количество остановок для поездов класса A увеличивает частоту обслуживания станций, но при этом увеличивается время на остановки поездов класса A , время в пути и снижается скорость движения поездов класса A . С использованием формул (7)–(12) выполним расчет для описанных выше условий: длина участка 100 км, а доля поездов B $a_B = 0,3$. Результаты моделирования приведены в таблице 9 и на рисунке 4.

Таблица 9 – Взаимосвязь между процентом остановок поездов класса A и пропускной способностью

Пропорция x_A	$v_A = 250$	$v_A = 250$	$v_A = 250$	$v_A = 250$	$v_A = 200$	$v_A = 200$	$v_A = 200$	$v_A = 200$
	$v_B = 180$	$v_B = 160$	$v_B = 140$	$v_B = 120$	$v_B = 180$	$v_B = 160$	$v_B = 140$	$v_B = 120$
0,0	162	144	126	109	196	171	147	133
0,1	156	140	123	106	188	165	142	129
0,2	151	135	120	103	180	159	137	126
0,3	146	131	116	101	173	153	133	122
0,4	141	128	113	99	167	148	129	119
0,5	137	124	111	97	161	143	126	116

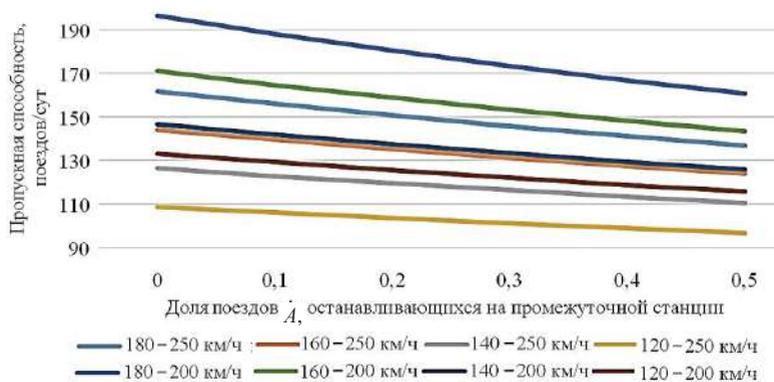


Рисунок 4 – Зависимость между процентом остановок поездов класса A и пропускной способностью

Из данных таблицы 9 и рисунка 4 видно, что для любого из сценариев пропускная способность зоны уменьшается по мере увеличения доли остановок поездов класса A .

Таким образом, в результате аналитического моделирования получен ряд зависимостей изменения пропускной способности железнодорожного участка от параметров поездопотоков. Количественно установлено влияние

факторов на пропускную способность участка. Полученные закономерности могут быть использованы на стадии формирования предпроектных решений при организации высокоскоростного движения поездов как по существующей инфраструктуре, так и проектируемых железнодорожных линий.

WANG YUBIAN

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE THROUGHPUT OF A RAILWAY SECTION WHEN ORGANIZING HIGH-SPEED TRAFFIC

The factors influencing the throughput of the railway line when organizing high-speed train traffic are established: the speed of movement of trains of various classes and their combinations, modes of train stops, the proportion of trains of different categories in the train schedule. Methods for performing analytical calculations of the amount of change in throughput depending on significant factors are proposed. Mathematical modeling has been carried out and analytical dependences of changes in throughput depending on significant factors have been established.

Получено 07.10.2021

ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021

УДК 51-7: 656.2

Т. А. ВЛАСЮК

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
vlasiuk.ta@gmail.com*

ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЦЫ АНСОФФА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО ПАССАЖИРСКОГО СООБЩЕНИЯ

Предложено применение матрицы Ансоффа в качестве инструмента повышения эффективности работы железнодорожного транспорта при обслуживании пассажиров в межрегиональном сообщении. Рассмотрены отличительные особенности метода, который позволяет найти оптимальное решение при его практическом применении исходя из конкретных условий, что повышает эффективность стратегического планирования и конкурентоспособность железнодорожного транспорта.

В настоящее время очень высокая степень конкуренции между различными видами транспорта, особенно железнодорожным и автомобильным, который сегодня не только прочно занимает свою нишу на рынке транспортных услуг,

но и постепенно вытесняет другие его виды. Наблюдается активная экспансия автобусного транспорта, который выступает альтернативой железной дороге не только на пригородных направлениях, но в дальнем сообщении. Так, в структуре пассажирооборота Республики Беларусь в 2019 году железнодорожный транспорт составлял 22,7 %, в то время как в 2010 году – 32,3 % (рисунок 1).

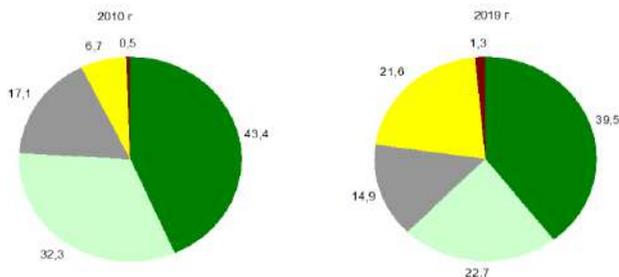


Рисунок 1 – Перевозка пассажиров различными видами транспорта:



Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь в 2020 году всеми видами пассажирского транспорта (включая таксомоторный) перевезено 1639,2 млн человек, или 82,2 % к уровню 2019 года, а пассажирооборот составил 18542,1 млн пас·км и снизился на 32,8 %. Ежедневно пассажирским транспортом перевозится почти 4,5 млн человек. В общем объеме перевозок пассажиров более половины (60,6 %) пассажиров перевезено автобусным транспортом, на городской электрический транспорт и метрополитен приходилось 33,5 % пассажиров, на железнодорожный – 3,7 %, на воздушный – 0,1 %. В общем объеме пассажирооборота наибольший удельный вес занимали автобусный (44,6 %) и железнодорожный (20,2 %) транспорт, на городской электрический транспорт и метрополитен приходилось 17,1 %, на воздушный транспорт – 15,4 %.

Автобусами в 2020 году перевезено 992,7 млн человек, или 83,7 % к уровню 2019 года. В общем объеме перевозок пассажиров автобусами в регулярном сообщении доля городских перевозок составила 92,8 %, пригородных – 6,5 %, междугородных – 0,6 %, международных – менее 0,1 %. Ежедневно автобусами перевозится более 2,7 млн человек. Троллейбусами в 2020 году перевезено 284,6 млн человек, или 82 % к уровню 2019 года, что составляет 51,9 % от общего объема перевозок городским электрическим транспортом и метрополитеном, трамваями – 44,8 млн человек, или 77 и 8,1 % соответственно. Ежедневно услугами троллейбусного транспорта пользовались около 780 тыс. пассажиров, трамвайного транспорта – более 122 тыс. пассажиров. Метрополитеном перевезено 219,3 млн человек, или 74,7 % к уровню 2019 года, что составляет 40 % от общего объема перевозок городским электрическим

транспортом и метрополитеном. Ежедневно услугами метрополитена пользовались более 600 тыс. пассажиров.

В 2020 году железнодорожным транспортом перевезено почти 60 млн человек, или 75,3 % к уровню 2019 года. Удельный вес перевозок пассажиров в региональном сообщении эконом-класса (в объеме перевозок пассажиров железнодорожным транспортом) составил 83,2 %, в межрегиональном сообщении, региональном сообщении бизнес-класса, – 10,4 %, в городском сообщении – 5,5 %, в международном сообщении – 0,9 %.

Таким образом, выполнение перевозок в полном объеме с привлечением дополнительного пассажиропотока и укрепление «своей» позиции на рынке транспортных услуг является важнейшей задачей железнодорожного транспорта. При этом привлечение пассажиров на железнодорожный транспорт путем создания комфортных условий проезда обеспечивает повышение доходности пассажирского комплекса, расширяет возможности реализации целевых инвестиционных программ для развития локальных транспортных рынков. Освоение перевозок на межрегиональных маршрутах с учетом специфики формирования спроса и уровней платежеспособности населения, позволит укрепить позиции железной дороги на рынке транспортных услуг.

Одним из направлений решения данного вопроса является применение матрицы Ансоффа, рассматривающей не только текущее состояние дел, но и связи, которые могут возникнуть в перспективе с возможными комбинациями старых и новых технологий по обслуживанию пассажиров, а также внедрение новых способов освоения железнодорожных пассажирских перевозок в межрегиональном сообщении и предоставлении услуг. Использование матрицы Ансоффа позволяет определить конкурентоспособный вариант будущей стратегии развития и сделать соответствующий выбор из возможных. Следует отметить, что согласно матрице Ансоффа железнодорожному транспорту, прежде всего, необходимо развивать свои конкурентные преимущества по сравнению с другими видами транспорта.

Составим матрицу Ансоффа, исходя из различных стратегий развития межрегиональных пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте, отражающую экономическую эффективность, риск предложений и потенциальные сферы их применения (таблица 1).

Таблица 1 – Матрица Ансоффа стратегического развития межрегиональных пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте

Рынок транспортных услуг	Существующее положение	Предложения
Существующий	Проникновение на рынок транспортных услуг	Укрепление позиций на рынке
Прогнозируемый	Расширение рынка	Диверсификация

Как видно из таблицы 1, матрица Ансоффа включает четыре стратегии развития межрегиональных пассажирских перевозок на железнодорожном транс-

порте и предполагает выбор одной из четырех, что вызывает необходимость рассмотрения каждой из них в отдельности. Так, стратегия «Проникновение на рынок транспортных услуг» может быть рассмотрена на примере таблицы 2.

Анализ таблицы 2 показал, что стратегия «Проникновение на рынок транспортных услуг» позволяет рассмотреть возможности увеличения прибыли за счет и роста пассажиропотока, который привлекается на железнодорожный транспорт различными маркетинговыми предложениями на существующем рынке транспортных услуг. При этом необходимо постепенно увеличивать периодичность предоставляемых услуг, например, организацию различных видов туристических туров.

Стратегия «Расширение рынка транспортных услуг» достигается путем продвижения существующих услуг для пассажиров посредством тщательной сегментации, таргетинга и позиционирования услуги и может быть рассмотрена на примере таблицы 3.

Таблица 2 – Краткая характеристика стратегии «Проникновение на рынок транспортных услуг»

Критерий	Возможность достижения		
	Достижимо	Возможно	Невозможно
Темп роста рынка транспортных услуг	Высокий	Замедленный	Низкий
Уровень предоставления транспортных услуг для пассажиров	Высокий	Среднерыночные показатели	Низкий
Частота пользования услугами пассажирами	Максимальная	Умеренная	Низкая
Конкурентоспособность услуги	Имеется	–	Не имеется

Таблица 3 – Краткая характеристика стратегии «Расширение рынка транспортных услуг»

Критерий	Возможность достижения		
	Достижимо	Возможно	Невозможно
Наличие достижений на рынке транспортных услуг	Имеется	–	Не имеется
Количество видов транспорта на рынке транспортных услуг	Незначительное	Небольшое	Большое
Темп развития рынка транспортных услуг	Высокий	Умеренный	Замедленный
Уникальность услуги	Имеется	–	Не имеется
Конкурентоспособность услуги	Имеется	–	Не имеется

Анализ таблицы 3 показал, что стратегия «Расширение рынка транспортных услуг» позволяет открыть новые направления для применения существующих услуг на железнодорожном транспорте, что подтверждается имеющимися возможностями для их реализации на железной дороге, которые в дальнейшем

позволят увеличить прибыль за счет привлечения большего количества пассажиров, например, чартерные поезда для паломнических туров.

Стратегия «Укрепление позиций на рынке транспортных услуг» требует дополнительных финансовых затрат, но даёт возможность в течение некоторого времени оставаться железной дороге монополистом на рынке транспортных услуг за счет опережения конкурентов. При использовании данной стратегии возможна разработка новых услуг, ориентированных на существующий пассажиропоток (таблица 4).

Таблица 4 – Краткая характеристика стратегии «Укрепление позиций на рынке транспортных услуг»

Критерий	Возможность достижения		
	Достижимо	Возможно	Невозможно
Темп роста существующего рынка транспортных услуг	Высокий	Растущий	Стагнация
Объем существующего рынка транспортных услуг	Крупный	Средний	Небольшой
Наличие недостатков в предоставляемых услугах	Имеется	–	Не имеется
Угроза появления новых видов транспорта	Имеется	–	Не имеется

Таким образом, из таблицы 4 видно, что железнодорожный транспорт имеет все возможности для расширения предоставляемых услуг.

Стратегия «Диверсификация» подразумевает разработку новых услуг для пассажиров на новых рынках, что в свою очередь считается наиболее рискованной стратегией. Однако стратегия диверсификации, несмотря на риск, может предложить наибольший потенциал дохода, так как открывает новый поток доходов – доступ к потребительским расходам на рынке, которого ранее не было (таблица 5).

Таблица 5 – Краткая характеристика стратегии «Диверсификация»

Критерий	Возможность достижения		
	Достижимо	Возможно	Невозможно
Темп роста существующего рынка транспортных услуг	Стагнация	Замедление	Высокий
Конкуренция на существующем рынке транспортных услуг	Высокая	Жесткая	Низкая
Дополнительные ресурсы для развития услуг	Имеется	–	Не имеется
Получение компенсации за введение новых услуг на новом рынке	Имеется	–	Не имеется
Возможность развития на существующем рынке существующих услуг	Имеется	–	Не имеется

Анализ таблицы 5 показал, что в настоящее время можно не проводить диверсификацию, так как железная дорога имеет возможности роста на су-

существующем рынке транспортных услуг с использованием новых и существующих услуг.

Оценка затрат и возможность получения эффекта в зависимости от стратегии согласно зарубежным исследованиям приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Затраты и возможность получения эффекта в зависимости от стратегии

Стратегия	Увеличение затрат	Возможность получения эффекта, %
Проникновение на рынок транспортных услуг	–	50
Расширение рынка	В 4 раза	20
Укрепление позиций на рынке	В 8 раз	33
Диверсификация	От 12 до 16 раз	5

Таким образом, проведенный стратегический анализ при помощи матрицы Ансоффа показал имеющиеся возможности для повышения эффективности межрегиональных пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте исходя из стратегии «Проникновение на рынок транспортных услуг», которая является наиболее распространенной и наименее рискованной из четырех рассматриваемых альтернатив. Предлагаемая стратегия потребует дополнительных затрат, таких как переподготовка персонала, но в свою очередь это улучшит качество обслуживания пассажиров и в дальнейшем позволит увеличить пассажиропоток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Ансофф, И. Новая корпоративная стратегия / И. Ансофф. – СПб. : Питер Ком. 2005. – 206 с.

2 Экспертное бюро оценки и консалтинга [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.burocons.ru>. – Дата доступа : 12.12.2020.

3 Основы разработки маркетинговой стратегии и обоснование возможности ее реализации / М. В. Соловьева [и др.] // Вестник ВУиТ. – 2020. – № 3 (46). – С. 140–151.

4 Стратегический маркетинг : учеб. пособие / О. В. Фирсанова [и др.]. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского государственного экономического университета, 2018. – 73 с.

T. A. VLASIUK

APPLICATION OF THE ANSOFF MATRIX TO ENHANCE THE EFFICIENCY OF THE RAILWAY TRANSPORT DURING MAINTENANCE INTERREGIONAL PASSENGER SERVICE

The use of the Ansoff matrix as a strategic tool is proposed in order to improve the efficiency of railway transport when servicing passengers in interregional communication. The distinctive features of this method are considered, which allows choosing the optimal solution for its practical application, based on specific conditions, which increases the effectiveness of strategic planning and the competitiveness of railway transport.

Получено 01.11.2021

УДК 656.072.6:005.311

Т. А. ВЛАСЮК, А. Н. БЕЛЛОУС

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

vlasiuk.ta@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ GAP-АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАССАЖИРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛАХ

Рассматривается возможность применения GAP-анализа с целью выявления проблемных зон (разрывов), которые препятствуют эффективному развитию информационного обеспечения на железнодорожных вокзалах с разработкой мер по их устранению. Приведены отличительные особенности данного метода, который выявляет несоответствия или разрывы между текущим состоянием организации информирования пассажиров и рациональным планом ее использования. Данные разрывы приводят к снижению эффективности обслуживания пассажиров на железнодорожных вокзалах.

Информационное обеспечение пассажиров на железнодорожных вокзалах является неотъемлемой частью их поездки, в процессе которой они получают различную информацию прежде всего, относительно предстоящего путешествия, которая, как правило, является визуальной (высвечивается на большом электронном табло, где представлено время прибытия, отправления, номер поезда и посадочной платформы, а также другие данные). Кроме того, эти данные транслируются по системе звукового оповещения пассажиров. Средства визуальной и аудиоинформации для пассажира характерны для любого железнодорожного вокзала.

Таким образом, информация, предоставляемая на вокзалах пассажирам, должна быть доступной, достоверной и даваться в полном объеме в соответствии с режимом работы вокзального комплекса. Однако, несмотря на типовое обозначение аналогичных объектов при существующих условиях обслуживания пассажиров, на железнодорожных вокзалах не всегда выдерживается принцип единообразия информации об однотипных объектах, что проявляется при цветовом решении, размере шрифта, объеме информации, форме ее подачи без видимой ориентации на конкретные условия, цель использования и т. п.

В связи с этим целесообразно применение GAP-анализа как комплексного аналитического исследования, позволяющего выявить проблемные зоны (разрывы) между существующим и перспективным состоянием информационного обеспечения пассажиров на железнодорожных вокзалах. Следует отметить, что информационное обеспечение, включающее четко выстроенную систему навигации, является залогом качественного выполнения технологического процесса

работы железнодорожного вокзала, сокращения времени проведения технологических операций по обслуживанию пассажиров, обеспечения быстрой и удобной их ориентации на территории вокзального комплекса.

GAP-анализ позволяет изучить проблемные зоны (разрывы), имеющиеся в информационном обеспечении «изнутри» и, помимо этого, провести оценку степени готовности перехода от существующего состояния к перспективному развитию (рисунок 1).

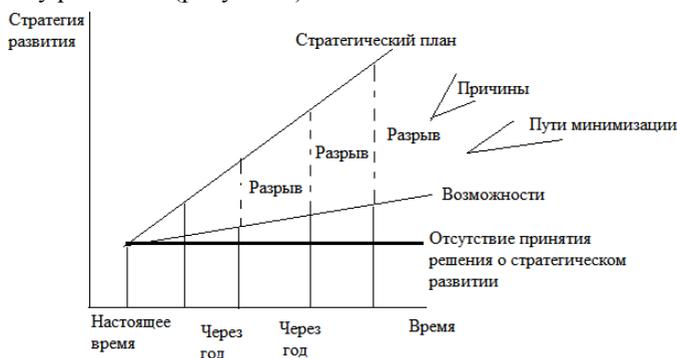


Рисунок 1 – GAP-анализ информационного обеспечения железнодорожного вокзала исходя из возможностей и стратегического планирования

Таким образом, GAP-анализ позволяет разработать детальный стратегический план совершенствования работы по информационному обеспечению пассажиров на железнодорожном вокзале и составить прогноз (как краткосрочный, так и долгосрочный) по изменению ситуации в будущем с учетом имеющихся возможностей (ресурсов), например, современных технических средств. При этом важно определение конкретных показателей стратегического плана и выявление отклонения между целью и возможностью ее реализации, что позволяет разработать специальные программы и способы для уменьшения количества и величины разрывов, характеристика которых для рассматриваемого примера, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Виды разрывов GAP-анализа и их характеристика

Вид разрыва (проблемная зона)	Характеристика
Коммуникационный	Несоответствие информирования об услугах, оказываемых на железнодорожных вокзалах, их фактической реализации
Технический	Несоответствие фактического информационного обеспечения современным требованиям
Технологический	Процессные разрывы – разница между оптимальной последовательностью операций и фактической
Имиджевый	Разница между формируемым имиджем и представлением о нем у пассажиров

На основании результатов GAP-анализа может быть сформирован план по минимизации разрывов или проблемных зон, реализуемых в виде инициатив (таблица 2).

Таблица 2 – Инициативы для минимизации разрывов в GAP-анализе

Разрыв (проблемная зона)	Задача	Инициатива
Несоответствие информирования об услугах, оказываемых на железнодорожных вокзалах, их фактической реализации	Снижение себестоимости услуги	Внедрение современных технологических и управленческих решений, что позволит снизить издержки
	Внедрение формулы «E2E self service + комфортная среда для общения с администратором вокзала»	
Несоответствие фактического информационного обеспечения современным требованиям	Анализ результативности	Оснащение железнодорожных вокзалов современным оборудованием
Процессные разрывы, рассматривающиеся как разница между оптимальной последовательностью операций и фактической	Применение брейн-сторминга с целью разработки инновационного процесса	Улучшение качества работы служб вокзала
Разница между формируемым имиджем и представлением о нем у пассажиров	Мониторинг комментариев в сети	Формирование понимания ситуации (point-of-view)
	Организация рекламы	Организация обратной связи с целью выявления различных недостатков в информационном обеспечении

Анализ таблицы 2 показал, что определение задач и их решение через инициативы позволяет снизить стратегический разрыв (проблемные зоны) и осуществить комплекс мероприятий, имеющих более действенные изменения и являющихся менее затратными. Учитывая это, можно характеризовать цели GAP-анализа в качестве схемы организационных улучшений, а также как метода оценки информационного обеспечения железнодорожного вокзала в плане его пригодности для реализации улучшений.

Таким образом, представленный метод диагностики организационных проблем одновременно является и методом управления изменениями, так как, с одной стороны, он дает возможность определить проблемы и круг задач предстоящих изменений, а с другой – позволяет выявить векторы действий по организации и развитию стратегических возможностей железнодорожного вокзала. В результате применения GAP-анализа снижается непродуктивная трата ресурсов и усилий в попытках достижения нереальных целей (рисунок 2).

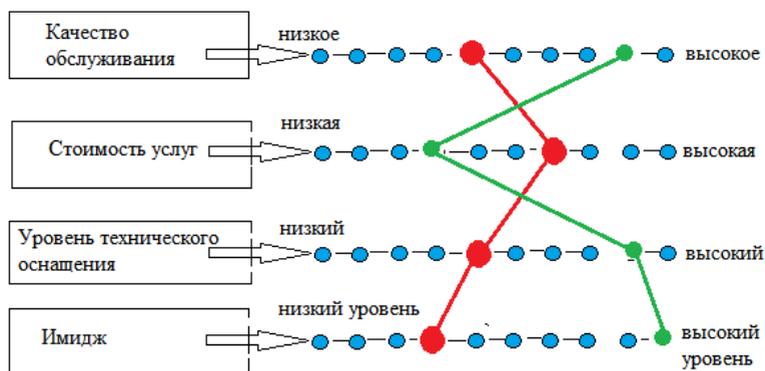


Рисунок 2 – Графическая интерпретация GAP-анализа информационного обеспечения железнодорожного вокзала:

— прогнозируемое
 — существующее информационное обеспечение

Графическая интерпретация GAP-анализа рассматривается как возможность показать на одной графической диаграмме одновременно и реальную ситуацию, и желаемую, что удобно как в процессе анализа и поиска эффективных решений поставленной задачи, так и на этапе обоснования принимаемых решений.

На основании выполненного исследования можно сделать вывод, что применение GAP-анализа, отличающегося относительной простотой алгоритма его проведения, а также универсальностью ввиду наличия большого количества прикладных разработок, является результативным методом, позволяющим оперативно оценить возникшую проблему и сэкономить время на поиске путей ее решения. Однако нельзя не учитывать вероятность получения некорректного результата, если были упущены некоторые неочевидные факторы, оказывающие заметное влияние на ситуацию, особенно если она характеризуется большим количеством разрывов, взаимно влияющих друг на друга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Пустовалова, Т. А. Алгоритм построения таблицы GAP-анализа разрывов ликвидности / Т. А. Пустовалова, А. А. Банников // Экономика и управление : рос. науч. журн. – 2014. – № 10. – С. 39–45.
- 2 Марковский, В. А. Использование методики GAP анализа для оценки эффективности логистической системы / В. А. Марковский // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). – 2012. – № 2 – С. 1–11.
- 3 Гершун, А. GAP-анализ: преодоление разрывов между мечтами и реальностью в бизнесе / А. Гершун // Менеджмент и менеджер – 2007. – № 11. – С. 61–63.

4 Геп-аналіз: показники, методи, моделі [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://buklib.net/component/option,com_jbook/task,view/Itemid,9999999/catid,126/d,357. – Дата доступу : 28.10.2021.

T. A. VLASIUK, A. N. BELAUS

APPLICATION OF GAP ANALYSIS FOR EVALUATION PASSENGER INFORMATION SUPPORT AT RAILWAY STATIONS

The application of GAP analysis is considered in order to identify problem areas (or gaps) that hinder the effective development of information support at railway stations and the development of measures to eliminate them. The distinctive features of this method are presented as a complex study that reveals inconsistencies or gaps between the current state of the organization of passenger information and its further prospects, which leads to a decrease in the efficiency of passenger service at railway stations.

Получено 01.11.2021

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021**

УДК 725.31(529)

T. A. ВЛАСЮК

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
vlasiuk.ta@gmail.com,*

ЦЗЭН СЯНЬФЭН

Гуанчжоуский профессионально-технический колледж железнодорожного транспорта, КНР

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛАХ КНР

Железнодорожный вокзал – это не только сочетание помещений с различными геометрическими параметрами в объемно-планировочном решении здания, имеющего архитектурно-художественную выразительность построения внешних объемов и внутренних пространств, но и основной элемент инфраструктуры транспорта, который должен отвечать требованиям функциональной, технической и экономической целесообразности. В связи с этим на примере железнодорожных вокзалов КНР рассмотрена вертикальная система организации пространства по обеспечению безопасного передвижения пассажиров.

Современный Китай – это прежде всего многомиллионные мегаполисы и крупные города, которые связаны друг с другом регулярными железнодорожными маршрутами (рисунок 1).

Наиболее загруженными линиями, связывающими север и юг страны, являются Пекин – Гуанчжоу, Пекин – Тяньцзинь – Нанкин – Шанхай, Эрэн-Хото – Датун – Тайюань – Сиань, Маньчжурия – Харбин – Шэньян – Далянь. Важнейшие среди линий широтного направления, соединяющих порты с внутренними районами: Тяньцзинь – Пекин – Датун – Баотоу, Циндао – Цзинань – Шицзячжуан – Тайюань, Ляньюньган – Чжэнчжоу – Сиань – Ланьчжоу – Урумчи и Шанхай – Ханчжоу – Гуйян – Куньмин. В 2017 году было введено в эксплуатацию более 3000 км новых железнодорожных путей и сформирована система из четырех вертикальных (с севера на юг) и четырех горизонтальных (с востока на запад) высокоскоростных железных дорог, открыты новые железнодорожные маршруты в достаточно отдаленные западные регионы страны: Ланьчжоу – Чунцин, Сиань – Чэнду и др.



Рисунок 1 – Карта железных дорог КНР

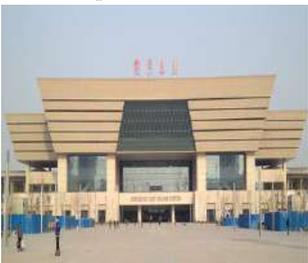
Количество перевезенных пассажиров за 2015–2019 гг. приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Количество перевезенных пассажиров в период с 2015 по 2019 гг.

Год	Количество перевезенных пассажиров, млрд чел.	Пассажирооборот, млрд пас·км
2015	2535	1196,1
2016	2814	1257,9
2017	3084	1345,7
2018	3371	1472,5
2019	3662	1599,6

Следует отметить, что пик пассажирских перевозок приходится в Китае на период новогодних праздников Чуньюн. Так, в это время в 2018 году доля железнодорожных пассажирских перевозок увеличилась на 4,8 % по сравнению с 2017 годом. В период новогодней миграции железнодорожные ведомства Китая принимают комплекс мер с целью максимального увеличения пропускной способности железнодорожных маршрутов, например, перед праздником вводят более 570 дополнительных составов. В этот период увеличивается нагрузка на вокзальные комплексы железнодорожного транспорта, что вызывает необходимость распределения пассажиропотоков по маршрутам следования и выполнении технологических операций по распределению многочисленных потоков пассажиров, прибывающих или отправляющихся согласно расписанию поездов. Распределение пассажиропотоков по прибытии и отправлению осуществляется за счёт специализации пассажирских платформ, количество которых колеблется на крупнейших пассажирских станциях от 20 до 34. Следует отметить, что каждый вокзал имеет свое функциональное назначение исходя из скоростных характеристик подвижного состава и типа станции (таблица 2).

Таблица 2 – Краткая характеристика крупнейших вокзальных комплексов Китайской народной республики

Вокзальный комплекс	Количество пассажирских платформ	Особенности распределения пассажиропотоков
<p>Северный вокзал Сиань (провинция Шэньси)</p> 	34	Соединение со второй линией метро Сиань
<p>Восточный вокзал Чжэнчжоу (провинция Хэнань)</p> 	32	Соединение с первой линией метро Чжэнчжоу

Продолжение таблицы 2

Вокзальный комплекс	Количество пассажирских платформ	Особенности распределения пассажиропотоков
<p>Шанхайский вокзал Хунцяо (провинция Шанхай)</p> 	30	Соединение со 2-й и 10-й линиями Шанхайского метро, а также международным аэропортом Шанхай Хунцяо
<p>Южный вокзал Куньмин (провинция Юньнань)</p> 	30	Соединение с 1-й линией метро Куньмина
<p>Южный вокзал Гуанчжоу (провинция Гуандун)</p> 	28	Соединение со 2-й и 7-й линиями метро Гуанчжоу
<p>Южный вокзал Нанкин (провинция Цзянсу)</p> 	28	Соединение с линиями 1, 3 и S1 метро Нанкина

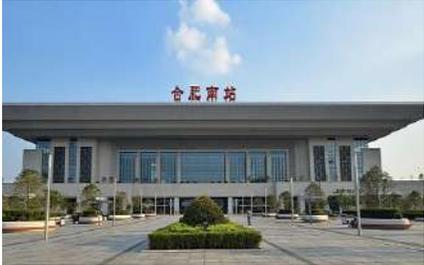
Продолжение таблицы 2

Вокзальный комплекс	Количество пассажирских платформ	Особенности распределения пассажиропотоков
<p>Восточный вокзал Ханчжоу (область Чжэцзян)</p> 	28	Соединение с метро Ханчжоу (1-я и 4-я линии)
<p>Северный вокзал Гуйян (провинция Гуйчжоу)</p> 	28	Соединение с Guiyang BRT (система быстрого автобусного сообщения)
<p>Восточный вокзал Чэнду (область Сычуань)</p> 	26	Соединение со 2-й линией метро Чэнду
<p>Северный вокзал Чунцин (провинция Чунцин)</p> 	26	Соединение с 3-й линией метро Чунцин

Продолжение таблицы 2

Вокзальный комплекс	Количество пассажирских платформ	Особенности распределения пассажиропотоков
<p>Южный вокзал Пекина (провинция города Пекин)</p> 	24	Соединение с 4-й и 14-й линиями пекинского метро
<p>Западный вокзал Тяньцзиня (провинция города Тяньцзинь)</p> 	24	Соединение с 1-й и 6-й линиями метро Тяньцзиня
<p>Южный вокзал Чанша (провинция Хунань)</p> 	24	Соединение со 2-й линией метро Чанша, а также с поездами Маглев
<p>Вокзал Шицзячжуан (область Хэбэй)</p> 	24	Соединение с 3-й линией метро Шицзячжуан

Продолжение таблицы 2

Вокзальный комплекс	Количество пассажирских платформ	Особенности распределения пассажиропотоков
<p data-bbox="202 252 488 308">Западный вокзал Ланьчжоу (провинция Ганьсу)</p> 	<p data-bbox="631 245 661 268">24</p>	<p data-bbox="736 245 986 301">Строительство метрополитена</p>
<p data-bbox="129 604 561 660">Южный железнодорожный вокзал Хэфэй (область Аньхой)</p> 	<p data-bbox="631 600 661 622">22</p>	<p data-bbox="736 600 986 683">Соединение с 1-й линией метро Хэфэй</p>
<p data-bbox="210 1008 482 1064">Западный вокзал Наньчан (провинция Цзянси)</p> 	<p data-bbox="631 1003 661 1026">22</p>	<p data-bbox="736 1003 986 1086">Соединение со 2-й линией метро Наньчан</p>

Окончание таблицы 2

Вокзальный комплекс	Количество пассажирских платформ	Особенности распределения пассажиропотоков
<p>Южный вокзал Шеньяна (провинция Ляонин)</p> 	22	—
<p>Северный вокзал Шэньчжэня (провинция Гуандун)</p> 	20	Соединение с 4-й и 5-й линиями метро Шэньчжэня
<p>Вокзал Ухань (провинция Хубэй)</p> 	20	Соединение с 4-й линией Уханьского метрополитена

Анализ таблицы 2 показал, что в каждом из рассмотренных вокзальных комплексов применяется вертикальная система организации пространства на железнодорожном вокзале, что позволяет его формировать как многофункциональный комплекс. Данная схема обеспечивает наиболее полное разделение путей движения пассажиров, а также компактное размещение офисов по продаже билетов (билетные кассы) залы ожидания и т. д. Характерной их особен-

ностью является сочетание помещений с различными геометрическими параметрами (площадями, высотами), а также сочетание относительно небольших помещений, например кабинетов, с помещениями среднего размера (классами, большими залами ожидания и т. п. (рисунок 2).



Рисунок 2 – Вертикальная планировка пространства железнодорожного вокзала г. Гуанчжоу

Как видно из рисунка 2, особое значение при вертикальной планировке приобретают коммуникации: лестницы, пандусы, коридоры, галереи, которые «активно участвуют» в формировании внутреннего пространства по распределению пассажиропотока. При этом вертикальные коммуникации – лестницы – обеспечивают связь между этажами и оснащены эскалаторами, а также имеют искусственное и естественное освещение через оконные проемы.

Еще одной отличительной особенностью распределения пассажиропотоков на вокзалах КНР является применение турникетов, позволяющих формировать пассажиропотоки на конкретные поезда сразу у внутренних терминалов внутри вокзала, где наблюдается скопление большого количество людей, которые ежедневно прибывают и отправляются с железнодорожных вокзалов. Такой особый режим допуска на перрон позволяет пройти к поезду только к моменту его подачи, а на станциях, которые поезда проезжают без остановки, на перроне и пассажирских платформах можно наблюдать только служащих вокзала. В отличие от требований безопасности Респуб-

лики Беларусь или СНГ на железнодорожном транспорте КНР свободный доступ на пассажирские платформы с поездами не допускается.

Выход пассажиров на перрон Северного железнодорожного вокзала города Гуанчжоу показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Выход пассажиров на перрон
(Северный железнодорожный вокзал г. Гуанчжоу)

Распределение пассажиропотока на железнодорожном вокзале по зонам обслуживания иллюстрировано на рисунке 4.



Рисунок 4 – Распределение пассажиропотока
на железнодорожном вокзале по зонам обслуживания

Помимо вышеперечисленных особенностей следует также отметить, что на входе в вокзал проверяют как билет, так и багаж, и пассажирам необходимо пройти лично через рамку контроля.

Таким образом, формула «Вокзал – только для пассажиров» остается основным исходным положением, определяющим стратегию работы железнодорожных вокзалов в Китае, опыт работы которых показывает, что для повышения эксплуатационных качеств и уровня удобств, предоставляемых пассажирам, необходимо строгое функциональное зонирование основных участков и помещений вокзала с выделением в них следующих характерных зон:

- путей пешеходного движения;
- участков и зон, предназначенных для осуществления различного рода операций (с учетом степени возможной концентрации пассажиров в очередях) и размещения учреждений так называемого попутного обслуживания;
- непроходных участков, помещений и зон, предназначенных для кратковременного отдыха и ожидания пассажиров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Прусова, В. И. Состояние и тенденции развития железнодорожного транспорта // В. И. Прусова, К. Г. Овсепян // Экономика и бизнес. – 2021. – № 4. – С. 105–109.

2 Показкая, Е. В. Пассажирский железнодорожный комплекс. Вокзалы / Е. В. Показкая, А. С. Левченко : учеб. пособие для студентов вузов ж.-д. транспорта. – Самара : СамГАПС, 2007. – 66 с.

3 Власюк, Т. А. Особенности распределения пассажиропотоков на железнодорожных вокзалах Гуанчжоу / Т. А. Власюк, Ц. Сяньфэн // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель, БелГУТ. – 2021. – С. 65–67.

4 Как устроен китайский вокзал [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://fishki.net/52109-kak-ustroen-kitajskij-vokzal-34-foto.html>. – Дата доступа : 22.09.2021.

T. A. VLASUK, Z. XIANFENG

THE USE OF A VERTICAL SPACE ORGANIZATION SYSTEM AT RAILWAY STATIONS OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA

The railway station is not only a combination of rooms with various geometric parameters in the space-planning solution of the building, which has architectural and artistic expressiveness of the construction of external volumes and internal spaces, but also the main element of the transport infrastructure, which must meet the requirements of functional, technical and economic feasibility. In this regard, using the example of railway stations of the people's Republic of China, the vertical system of space organization to ensure the safe movement of passengers is considered.

Получено 26.11.2021

УДК 004.414.23:656.21:004.8

А. К. ГОЛОВНИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
golovnich_alex@mail.ru

АНТРОПОМОРФНЫЕ ОБЪЕКТЫ В 3D-МОДЕЛЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Рассматривается возможность представления и функционирования в трехмерной динамической модели железнодорожной станции графических изображений пассажиров. Информационная структура подобной модели включает сложные, мотивационно ориентированные антропоморфные объекты, обладающие поведенческими свойствами и активно влияющие на развитие моделируемых технологических процессов эффективного обслуживания пассажиропотоков. При этом формируемая интеллектуальная среда оказывается самодостаточной, способной выполнить все технологические задачи в автономном режиме, принимая оперативные решения на основе адаптивных программных алгоритмов.

Информационные реконструкции станционных процессов связываются с воспроизведением изменений состояний визуальных образов различных объектов инфраструктуры и подвижного состава. Субъектом управления модельными процессами выступает диспетчер или дежурный по станции, находящийся по другую сторону виртуальной реставрации и обладающий безусловными контролирующими функциями запуска модельной картины, ее корректировки по мере развития событий, а также остановки или завершения процессов реконструкции. Таким образом, объекты и субъекты управления 3D-моделью станции разделяются непроницаемой границей экрана дисплея. Однако в этом случае живой, реальный мир в компьютерном воспроизведении без человека представляется редуцированным, механистическим образом, резко контрастирующим с реальным прототипом, в котором динамичные процессы с участием регулировщиков скорости движения отцепов, работников пунктов технического и коммерческого осмотра, станционного технологического центра, пассажиров на посадочных платформах и в поездах определяют реалистичность и полноту визуализации технической системы железнодорожной станции в целом, формируя корректную среду взаимодействующих и взаимозависимых объектов. Модель чрезвычайно обедняется отсутствием человека как полноценного объекта виртуальной реминисценции.

Следует отметить, что адекватный моделинг процессов обслуживания поездопотоков с введением антропоморфных объектов достаточно трудно реализуем для динамически нелинейных взаимодействующих структур, связанных между собой физически многозначными отношениями и мотивациями, имеющими сложное причинно-следственное происхождение [1–3]. Детерминированная структура изменений состояний модельных конструктивов без влияния объектов, обладающих поведенческими свойствами, позволяет создавать устойчивые информационные реконструкции технических систем, развивающиеся по относительно простым псевдофизическим правилам, приближенно воспроизводящим прототипируемые процессы [4]. Тем не менее мониторинг со стороны наблюдателя является неотъемлемой частью продуктивного моделирования. В конечном итоге модель железнодорожной станции создается для достаточно определенных прагматических целей совершенствования работы технической системы и повышения эффективности управления со стороны человека. Весь вопрос в том, можно ли вывести оператора из контроля работой модели и заменить его функционалом исполнительного алгоритма, активизируемого самой моделью.

Определим модельные системы, в которых отсутствуют объекты с поведенческими свойствами, как механические. В механических модельных системах (ММС) контролирующие воздействия обеспечиваются посредством трансграничных управляющих стимулов, осуществляемых оператором реальной технической системы (например, маневровым диспетчером железнодорожной станции). ММС полностью зависимы от воли и сознания внешнего наблюдателя. Все воздействия на модель обеспечиваются внешними командами (экстенс-импульсами ЭИ), которые по характеру своего влияния разделяются на стимулы 1-го и 2-го родов.

Экстенс-импульсы 1-го рода (ЭИ1) позволяют управлять моделью посредством общих команд запуска и остановки, изменения скорости процессов, масштабируемой и фрагментарной визуализации модельных подсистем и отдельных объектов. *Экстенс-импульсы 2-го рода (ЭИ2)* связываются с внешними воздействиями на отдельные модельные процессы, изменяющими порядок функционирования объектов модели (например, команды на расформирование иного поезда, находящегося в приемо-отправочном парке; заезд маневрового локомотива не под планируемую группу вагонов подачи на подъездной, а на сортировочный путь для вытягивания вагонов с целью повторной сортировки) или кардинальной корректировки всего плана работы модельной станции. Кроме этого, сама продуцирующая среда ММС обладает определенными, алгоритмически заложенными возможностями порождать аналогичные воздействия 1-го рода. Так как эти воздействия исходят от модельной системы, то будем называть их *интенс-импульсами (ИИ)*. Разделение контрольных стимулов на экстенс- и интенс-импульсы в формируемой ММС позволяет упростить алгоритм ее функционирования, ориен-

тируя прототипирующую систему на штатное развитие процессов в условиях действия модельной физики, адекватно имитирующей природные законы, и обеспечивающих выполнение требований технологических процессов на станции. Для ММС характерна реализация интенс-импульсов 1-го рода (ИИ1), обеспечивающих ограниченный самоконтроль функционирования модели (проверка работоспособности аппаратного и программного обеспечения, достоверности результатов модельного эксперимента и др.). В этом случае наблюдается определенная аналогия с экстенс-импульсами 1-го рода, генерируемыми человеком-оператором.

Интеллектуализация модельной среды связывается с расширением области действия ее алгоритма на экстенс-импульсы 2-го рода. Если репродуцирование станционных процессов распространяется на нештатные ситуации, то последние могут служить исходным материалом для обучения модельной системы поведению в подобных критичных обстоятельствах с поиском рациональных решений на основе генетических алгоритмических конструкций. Прототипирующая среда, наделяемая саморазвивающейся способностью к принятию решений, присущей оператору-человеку, рассматривается как бихевиористичная модельная система (БМС). Такая модель способна к саморегуляции, активизирующей состояния объектов и производящей корректировку такими воздействиями, которые компенсируют тренды негативного развития технологических процессов. Адекватное воспроизведение интенс-импульсов 2-го рода (ИИ2) в БМС обеспечивает эквивалентность модели и прототипа, сохраняя устойчивость модельной системы.

Переход к технологически обусловленным информационным воздействиям со стороны БМС не отрицает связи с внешним наблюдателем. Диспетчер и дежурный по станции по-прежнему будут выступать в роли «заказчиков» прототипирования технологических процессов. Интеллектуальная работа модели в этом случае происходит на уровне обработки информационной средой возникающих ситуаций и принятия управляющих решений, препятствующих развитию деструктивных ситуаций, способных привести к выходу модельной системы за пределы программно-контролируемого спектра событий. В такой среде кроме модельных объектов инфраструктуры и подвижного состава формируется многочисленный типаж антропоморфных объектов (юзерпиков), обладающих специфическими для модели поведенческими свойствами, способными в той или иной степени оказывать влияние на динамику прототипируемых явлений. По степени активности и характеру влияния на развитие модельных процессов выделяется три класса антропоморфных объектов (АО):

- 1) *коллективного поведения* (АО1), присущего конкретной группе лиц в репродуцируемой технической системе. Для 3D-модели железнодорожной станции этот класс бихевиористичных объектов ассоциируется с пассажи-

рами поездов и пассажиропотоками, движущимися по разрешенным маршрутам на территории станции. Атрибутивный признак степени воздействия на модель у этих объектов минимален и определяется постоянным значением, отвечающим за способность антропоморфных конструкций влиять на моделируемые технологические процессы строго определенным образом.

2) *редуцированно-индивидуального поведения* (АО2), характерного для исполнителей отдельных технологических операций (работников ПТО и ПКО, составителей), непосредственно влияющих на процессы, но работающих в штатных режимах модельной реконструкции. Кроме атрибута перемещения по установленным маршрутам антропоморфные объекты данного типа обладают определенными свойствами ограниченного влияния на объекты инфраструктуры и подвижного состава (фиксация сигнатидами составов поездов тормозными башмаками, ремонтные работы на пути монтерами ПЧ);

3) *регулятивно-индивидуального поведения* (АО3), прототипирующего функции администрирования и непосредственного управления технологическими процессами с активным влиянием на весь ход развития модели. Такие антропоморфные объекты являются юзерпик-аналогами дежурных по станции или диспетчеров и обладают сложной структурой атрибутивных признаков, способных воздействовать на модель, формируя расширенный интеллектуальный ресурс полиморфно реконструируемого алгоритма. Отличительной чертой регулятивных антропоморфных объектов можно считать конструирование модельного развития станции, сопровождающегося изменением порядка и продолжительности выполнения технологических процессов, а также влияние на поведение объектов двух предыдущих классов. Кроме этого, возможны кооперативные действия регулятивных и редуцированных юзерпиков, взаимосогласовывающих свои решения, существенным образом отражающиеся на дальнейшем развитии модели станции в целом.

Таким образом, антропоморфные объекты являются не только визуальным отражением своих прототипов, но и наделяются модельным эквивалентом их рассудочных способностей, обеспечивая реалистичную динамику технологических процессов в системе взаимодействующих конструктивов, информационно репродуцирующих физические и биологические структуры.

Отношения между модельными объектами подвижного состава и антропоморфными компонентами основываются на взаимодействии соответствующих информационных атрибутов (массы отцепа, рода груза, назначения вагона, его технического состояния и принимаемого решения о характере торможения на замедлителях; степени взрыво-, пожароопасности грузов в вагонах поезда и приоритетности роспуска его с горки). Управляющие стимулы в зависимости от уровня интеллектуальности модели (ММС или БМС) квалифицируются как экстенс- или интенс-импульсы 2-го рода. Алго-

ритмически наиболее просто проблема оперативного контроля решается для ММС, где диспетчер и дежурный по станции определяют каждый шаг технологической реконструкции состояний модельной инфраструктуры и имитирующего подвижного состава. Модель генерирует только объектные изменения, происходящие в силу действия законов модельной физики. Активные антропоморфные объекты в ММС как информационные структуры отсутствуют. Их функции выполняет оператор-человек, находящийся вне модели и отдающий непосредственные команды управления модельной системе. Определенную сложность верификации функционирования ММС представляет оценка достоверности визуальных эффектов модельной физики и адекватности величин контрольных выходных параметров, обуславливающих последующие технологические процессы.

Антропоморфные объекты в трехмерной модели воспроизводятся визуализированными сущностями, имеющими некоторую образную аналогию с прототипами. Однако объекты редуцированного и регулятивного поведения, характерные для БМС, не формируются как прототипно подобные. По мере интеллектуализации модели (формирование БМС2) активные антропоморфные объекты будут выводиться из управляющего контура интенс-импульсов 2-го рода, функционально насыщая модельные структуры пути и подвижного состава. Например, информационная реконструкция железнодорожной станции-автомата, реализуемого по системе безлюдной технологии, способная поддерживать рабочий режим по обслуживанию поездо-, вагоно- и грузопотоков без какого-либо контроля с внешней стороны. Антропоморфные объекты в этом случае растворяются в модельной среде эффективного функционирования, теряют идентифицируемые с юзерпик-аналогами свойства интеллектуального поведения. Целеориентированной становится вся модельная среда, в которой объекты изменяют свои состояния строго в направлении, оцениваемом программными критериями с максимально достижимыми значениями фиксированных параметров эффективности.

Однако из БМС-модели станции не исключаются пассивные антропоморфы (АО1), которые всегда идентифицируются с пассажиропотоками, следующими по территории модельной станции. Эти объекты представляют собой обслуживаемые моделью динамические конструкты, не подлежащие изменению содержания, а только детализации внешнего вида. В противном случае сама модель оказывается несостоятельной из-за отсутствия объекта цели (обслуживаемого пассажиропотока). Поэтому такой пассивный антропоморф является необходимым конструктивным звеном модели пассажирской или иной станции, обслуживающей поезда, для которых важнейшими операциями являются посадка-высадка пассажиров и обеспечение их безопасного прохода через пространственную локацию модельной станции.

Влияние антропоморфных объектов на работу модельной станции обуславливается связями, представленными на рисунке 1.

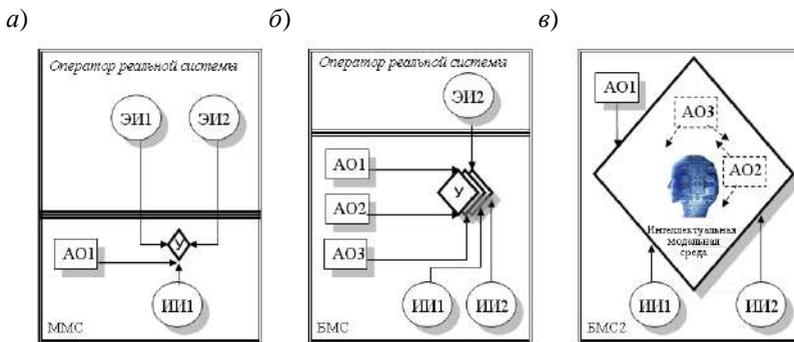


Рисунок 1 – Антропоморфные объекты АО1, АО2, АО3 в модельных системах:
а – механической; *б* – бихевиористичной; *в* – адаптивной бихевиористичной

Модельные системы ММС и БМС тесно взаимодействуют с оператором реальной технической системы, который контролирует прототипируемые процессы. Граница, разделяющая области соприкасающихся объектов существующей железнодорожной станции и модели, делит общую коммуникативную среду на сферы действия экстенс- и интенс-стимулов. Благодаря расширению зоны программного управления (*У*) (см. рисунок 1, *а*, *б*) область экстенс-импульсов в БМС сокращается, а в БМС2 – полностью исключается с формированием самодостаточной интеллектуальной модельной среды.

Индивидуализация массива антропоморфов пассажиров (АО1) может быть различной степени с обеспечением:

1) структуры имперсональных, обезличенных аватаров (АО11), движение которых строго упорядочено по выделенному маршруту с появлением и исчезновением в точках зарождения и погашения потока на границах модельного пространства;

2) множества разнообразных трехмерных изображений пассажиров (АО12) с характерными признаками объектов предыдущего класса. Визуальное отличие данной группы аватаров заключается в определенной личностной и объектной характеристике (наличие или отсутствие багажа и ручной клади, детей в общем потоке пассажиров, лиц с ограниченными физическими возможностями). При этом указанные особенности аватаров пассажиров определяют скорость их движения в потоке, оказывая тем самым влияние на динамику пассажиропотока в целом (рисунок 2);

3) персонализированных аватаров пассажиров (АО13) с вероятностными отклонениями от установленного режима движения (перестроения в другие потоки, возникающего как намерения пассажиров скорректировать свой маршрут; изменения скорости или направления движения отдельных пассажиров в общем потоке; возникновение других ситуаций, влекущих дезорганизующие или резонансные явления в маршрутном потоке).

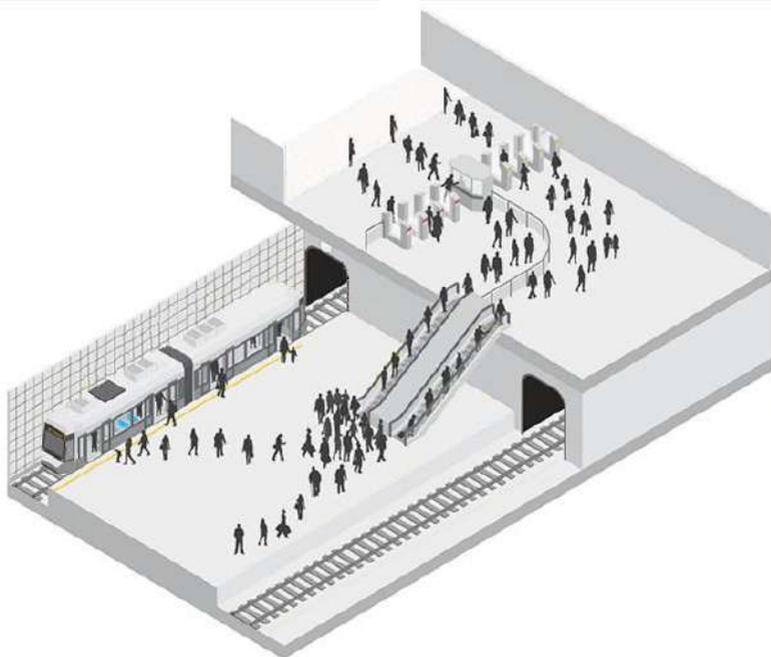


Рисунок 2 – Визуализация пассажиропотоков на трехмерной модели фрагмента станции

Натурализация визуального эффекта для данного класса персонифицированной динамики аватаров пассажиров с выраженными поведенческими установками приводит к определенному рассеянию фиксированных маршрутов внешне подобных графических изображений пассажиров. Диссипативные тренды движения модельных пассажиропотоков ожидаются наиболее выраженными для пересекающихся маршрутов, а также для узких потоков относительно высокой плотности. Тем не менее движения пассажиропотоков должны быть устойчивыми в динамике, и определенные флуктуации, рассеивающие границы маршрутного движения аватарных образов, следует рассматривать как кратковременные, алгоритмически распознаваемые и быстро погашаемые вокруг основного ядра потока. Модельные реставрации диссипативных трендов должны контролироваться программной средой, а при достижении некоторых установленных критических значений отклоняющего потока от основного ансамбля – резко сокращать его долю или активизировать запасные маршруты движения, разгружающие пассажиропоток, способный привести к частичному или полному затору в движении.

Для обслуживания модельных пассажиропотоков на станции формируются различные образы сервисных объектов (мосты, тоннели, лифты, эскалаторы, турникеты, траволаторы и др.). Параметрическим атрибутом этих объектов кроме их геометрических размеров является количество обслуженных пассажиров за определенное время. Входные и выходные турникеты, а также пассажирские поезда определяются как области зарождения и погашения пассажиропотоков, которые пересекают наружные границы пространственной локации модельной станции. Особый алгоритм визуализации аватарных изображений пассажиров реконструирует динамику появления и исчезновения графических генераций при достижении модельным пассажиром невидимой плоскости, пересекающей контуры объектного наполнения пространства моделирования.

Посыл импульса движения для юзерпика пассажира означает его перемещение из зоны A модельного пространства в зону B . При этом каждый i -й юзерпик пассажира имеет в этих зонах фиксированные точки $a_i(A)$ и $b_i(B)$, идентифицирующие начало и завершение процесса перемещения в пространстве модели (рисунок 3).

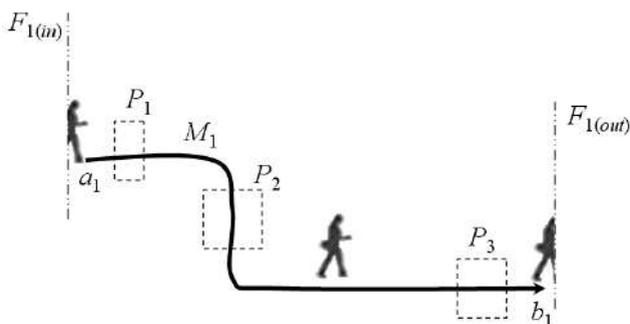


Рисунок 3 – Визуальная реконструкция процесса зарождения, перемещения и погашения юзерпик-образа пассажира на модели станции

Генерация маршрута M_i движения конкретного антропоморфного объекта AOI_i заключается в определении пространственно координированных точек формирования $a_i(x_{i1}, y_{i1}, z_{i1})$ и выхода $b_i(x_{i2}, y_{i2}, z_{i2})$ юзерпика пассажира из поля зрения модели. При этом до завершения M_i исключается занятие точек a_i и b_i другими аватарами. Таким образом, пространственная область с характерным множеством параметров (M_i, a_i, b_i) закрывается на время t_i для доступа прочим AOI_j -м модельным объектам. Соседний антропоморфный объект AOI_{i+1} реализуется и функционирует между точками с координатами

$$\begin{aligned} & a_{i+1}(x_{(i+1)1}, y_{(i+1)1}, z_{(i+1)1}), \\ & b_{i+1}(x_{(i+1)2}, y_{(i+1)2}, z_{(i+1)2}), \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}x_{(i+1)j} &= x_{ij} + \Delta x_v, \\y_{(i+1)j} &= y_{ij} + \Delta y_v, \\z_{(i+1)j} &= z_{ij} + \Delta z_v\end{aligned}$$

для всех $j = 1, 2$.

Величины параметров Δx_v , Δy_v , Δz_v определяют минимальные расстояния между пространственно ближайшими юзерпиками пассажиров, которые рассматриваются как допустимые, идентифицирующие нормальную плотность пассажиропотока. Если между точками a_i и b_j встречаются маршруты M_i и M_j (рисунок 4), то значения Δx_v , Δy_v , Δz_v могут существенно сокращаться или увеличиваться на величины $\pm\delta_v$, определяя соответственно сгущенный ($-\delta_v$) и разреженный ($+\delta_v$) потоки.

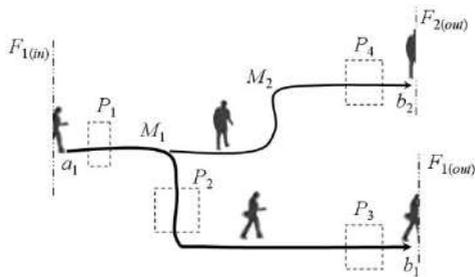
На пути движения AOI_i аватар проходит некоторые сервисные объекты P_k (турникеты, эскалаторы, траволаторы, пассажирские платформы), которые определяются как места коллективного пользования с возможным их занятием во время t_i другими AOI_j -ми антропоморфными объектами. Для каждого сервисного объекта P_k определяется максимальная пропускная способность $N(P_k)$, допускающая нахождение в данный конкретный момент времени на сервисном объекте не более s_k аватаров пассажиров, принадлежащих одному или различным маршрутам движения M_i .

Специфическими структурами, порождающими и погашающими аватарные конструкции модели, являются продукционные плоскости F_i , за пределами которых модельный мир не существует. Различают входные $F_{i(in)}$ и выходные $F_{i(out)}$ продукционные плоскости (см. рисунок 4). $F_{i(in)}$ генерируют новые структурные элементы модельного пассажиропотока определенного маршрута движения. $F_{i(out)}$ выводят аватары пассажиров за пределы модели с визуальной недоступностью для их дальнейшего наблюдения. Выходные продукционные плоскости несут значительную информационную нагрузку, являясь концентраторами сведений о количестве пассажиров и характере пассажиропотоков, выходящих за границы модельной станции. Эти данные могут быть исходной информацией для входных продукционных плоскостей смежного модельного мира. Например, при формировании прототипируемого 3D-образа привокзальной площади с реконструкцией соответствующих пассажиропотоков, перемещающихся с железнодорожной станции к остановочным пунктам городских видов транспорта, $F_{i(out)}$ станции могут стать питающими информационными каналами для соответствующих $F_{i(in)}$ модели привокзальной площади.

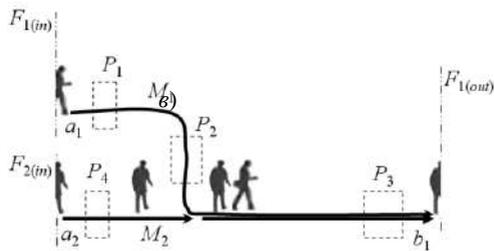
Визуальный образ антропоморфных объектов должен указывать на количество и качество их свойств, проявляемых в процессе функционирования модельной станции. Если формируется пассажиропоток, не обладающий индивидуальностью поведения отдельных АО, то составляющие этот поток аватары будут визуально неотличимы, а их динамика перемещения будет повторяющейся (одновекторно ориентированной, не сопровождаю-

щейся никакими изменениями исходной формы аватара).

а)



б)



в)

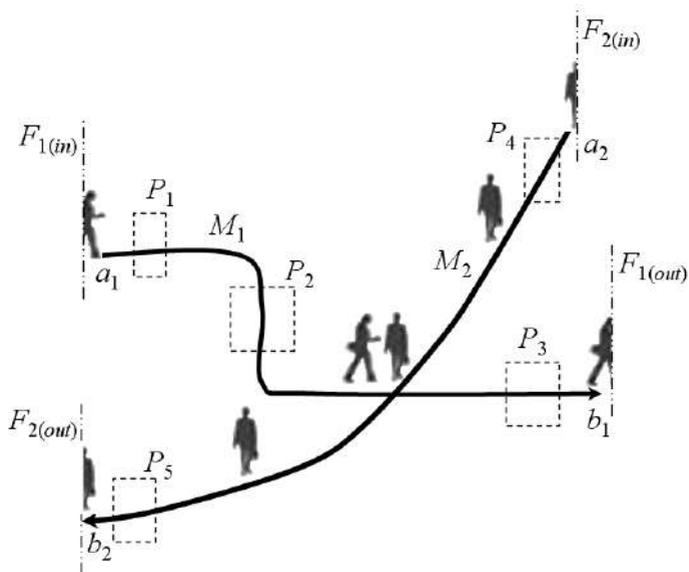


Рисунок 4 – Взаимодействие маршрутных пассажиропотоков на 3D-модели станции:
a – разделение; *b* – слияние; *в* – пересечение

Информационное взаимодействие мотивационно ориентированных аватаров АО осуществляется в соответствии с особым реестром правил, позволяющих формировать вторичные пассажиропотоки PP_{ij} , которые образуются единичными и групповыми аватарами и отходят от первичных, структурообразующих потоков P_i (рисунок 5).

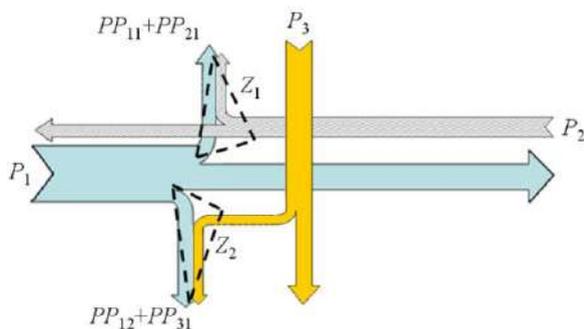


Рисунок 5 – Формирование вторичных потоков

Зоны действия Z_1 и Z_2 особого реестра правил определяются координатным полем контроля над движением PP_{ij} от точек разделения первичного потока до выведения сформировавшегося вторичного за пределы модельного пространства. Зоны действия Z_k локализуются по факту появления вторичных потоков. Если особые правила не проявляют себя из-за отсутствия мотивированных аватаров, то зоны Z_k не образуются. Возможна иная ситуация, когда обособленные и точечные АО сливаются с массовыми P_i потоками. Такие предваряющие потоки также определяются мотивированными АО и обладают свойствами случайного появления в соответствующих зонах действия W_k (рисунок 6).

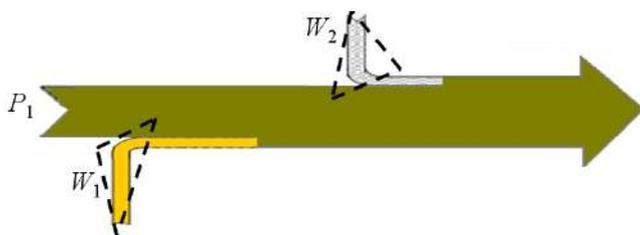


Рисунок 6 – Формирование предваряющих потоков

Зоны действия W_k могут быть пространственно и технологически связаны с зонами Z_k (см. рисунок 6), указывая на положения отдельных остановочных пунктов городских видов транспорта с незначительными пассажиропотоками

или маршрутов перехода малочисленных транзитных пешеходов. Редкие вторичные и предварающие потоки могут блокироваться алгоритмом визуального воспроизведения при критичной минимальной вероятности появления данных АО (например, экспертно оцениваемой как $p_{\min} \leq 0,009$).

Все АО любых потоков (в том числе вторичных и предварающих) обладают свойством трансграничной активации и деактивации, т. е. определенным образом возникают при преодолении продукционной плоскости модельного пространства станции и исчезают при выходе из него. Каждый АО имеет определенную пространственно-временную траекторию, не совпадающую ни с какой другой для других аватаров данной модельной реализации станции. Программный контроль над динамикой прототипируемых процессов движения модельных пассажиропотоков позволит разделять мировые линии движения всех АО и не допускать их пересечения в четырехмерной локализованной области. Если на прогнозном временном отрезке $t_{\text{прогн}}$ в точке S с координатами (x_s, y_s, z_s, t_s) ожидается столкновение объектов $(\text{АО})_i$ и $(\text{АО})_j$, то необходимо получать решения следующих задач:

- выбора объекта управления, определяющего, какой из двух АО, обладающий более мобильной атрибутикой, будет подвержен корректировке траектории своего движения (аватар более молодого по возрасту пассажира, без багажа, имеющий более короткий маршрут движения до границы модельного пространства и др.);

- выбора способа разрешения конфликта (перевод контролируемого АО на альтернативный маршрут, приводящий к планируемой точке цели движения без ухудшения прогнозных характеристик, изменение цели движения аватара через внешний управляющий посыл аватару и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Нефедова, Д. И. Исследование и разработка методики анимации персонажа антропоморфного типа [Электронный ресурс] / Д. И. Нефедова. – Режим доступа : <http://docplayer.ru/80129569-Issledovanie-i-razrabotka-metodiki-ani-macii-personazha-antropomorfno-go-tipa.html>. – Дата доступа : 25.05.2021.

2 Буров, А. Г. Управление антропоморфным механизмом на основе неполных данных средствами нейронных сетей : автореф. дис. ... канд. техн. наук [Электронный ресурс] / А. Г. Буров. – Режим доступа : <http://tekhnosfera.com/upravlenie-antropomorfnyh-mehaniz-mom-na-osnove-nepolnyh-dannyh-sredstvami-ney-ronnyh-setey>. – Дата доступа : 26.05.2021.

3 Reeves, S. Human-computer interaction as science [Electronic resource] / S. Reeves. – Mode of access : <http://www.cs.nott.ac.uk/~pszsr/files/reeves-2015-hci-as-science.pdf>. – Date of access : 27.05.2021.

4 Головнич, А. К. Компьютерная визуализация технологических операций функционирующей трехмерной модели пассажирских обустройств пассажирской станции / А. К. Головнич, С. П. Вакуленко // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. / под ред. А. К. Го-

ловнича. – Гомель : БелГУТ, 2020. – Вып. 2. – С. 41–51.

A. K. GOLOVNICH

ANTROPOMORPHIC OBJECTS IN 3D-MODELS TECHNOLOGICAL PROCESSES RAILWAY STATIONS

In article considered the opportunity of representation and functioning in three-dimensional dynamic model of railway station in the graphic images of the passengers. The information structure of similar model includes complex, motivating anthropomorphic objects with behavioral properties and actively influencing on development of simulated technological processes service passenger flows. Thus formed intellectual environment appears self-sufficient, capable to execute all technological tasks in an independent mode, to accept operative conclusion on the basis of adaptive program algorithms.

Получено 12.06.2021

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021**

УДК 656.23

И. А. ЕЛОВОЙ, Л. В. ОСИПЕНКО, Е. Н. ПОТЫЛКИН

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
gkrt@inbox.ru*

ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ТАРИФОВ ЗА УСЛУГИ ПО ПОДАЧЕ И УБОРКЕ ВАГОНОВ ЛОКОМОТИВОМ ПЕРЕВОЗЧИКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПУТИ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Выполнен анализ поэтапного развития системы тарификации услуг по подаче и уборке вагонов на железнодорожные пути необщего пользования Республики Беларусь. Обоснована потеря актуальности действующего порядка тарификации этих услуг в современных условиях. Результаты исследования могут быть использованы при разработке новых подходов формирования тарифа за подачу и уборку вагонов на железнодорожные пути необщего пользования локомотивом перевозчика.

В последние десятилетия экономические отношения на рынке перевозок подверглись значительным изменениям. В связи с этим плата за услугу по подаче и уборке вагонов локомотивом перевозчика на железнодорожные пути необщего пользования претерпела ряд трансформаций.

Для всей сети железных дорог СССР в 1989 г. была введена система железнодорожных грузовых тарифов, в том числе ставки сборов за подачу и уборку вагонов, в основе которой лежали среднесетевые издержки в условиях директивно устанавливаемых цен на материально-технические ресурсы. Обособление Белорусской железной дороги, либерализация цен и связанное с этим изменение ценовых пропорций и структуры себестоимости, значительное падение объемов перевозок привели к тому, что формулы тарифных схем и величины ставок платы за подачу и уборку вагонов с учетом применяемых к ним коэффициентов стали некорректно отражать фактическую стоимость перевозок и работ [1].

Кроме того, расчет ставок плат за подачу и уборку вагонов базировался на материалах обследования железнодорожных путей необщего пользования, проведенного в середине 1960-х годов, на основе которого были установлены среднесетевые значения таких показателей, как среднее число выходов локомотивов в зависимости от суточного вагонооборота, количество вагонов в подаче, коэффициент совмещения подачи с уборкой, скорость подачи и др.

Тарифы на подачу и уборку были представлены в виде двух таблиц: первая была предназначена для взимания платы за подачу и уборку на пути необщего пользования, принадлежащие железным дорогам, а вторая – на пути, принадлежащие предприятиям и организациям. При этом ставки первой таблицы были установлены с применением единого повышающего коэффициента к ставкам за подачу и уборку на пути необщего пользования, принадлежащие предприятиям и организациям, независимо от среднесуточного вагонооборота (группы путей необщего пользования), что не отражало реальной динамики изменения издержек. Плата взималась согласно группе путей необщего пользования в зависимости от расстояния подачи и уборки в оба конца и принадлежности пути по соответствующей таблице. Группа путей необщего пользования для каждого предприятия, организации, учреждения устанавливалась в договоре на подачу и уборку вагонов или на эксплуатацию пути необщего пользования и определялась согласно среднесуточному количеству поданных и убранных вагонов, рассчитываемому на основании ведомостей подачи и уборки вагонов или ведомостей безномерного учета простоя вагонов как сумма поданных и убранных вагонов за годовой период, предшествующий заключению договора, деленная на количество дней в этом периоде [2].

В 90-х годах XX века государства СНГ, в том числе Республика Беларусь, и Балтии занялись разработкой национальных нормативных правовых актов, включая тарифы на перевозки и связанные с ними услуги. Прейскурант № 10-01 на грузовые железнодорожные перевозки во внутривнутриреспубликанском сообщении (Тарифное руководство № 1 Белорусской железной дороги), введенный в действие в 2002 году (далее – Прейскурант № 10-01),

включал обновленные таблицы плат за подачу и уборку вагонов, при разработке которых было учтено следующее:

- за основу тарифов и плат за дополнительные услуги приняты не среднесетевые, а среднedorожные расходы;

- при расчете использовались результаты выполненного в 1999 году обследования путей необщего пользования, принадлежащих как Белорусской железной дороге, так и предприятиям, организациям;

- расходы по содержанию путей необщего пользования, принадлежащих Белорусской железной дороге, включены в тарифы не в виде коэффициента, а в виде дополнительных расходов, зависящих от развернутой длины пути.

В Прейскуранте № 10-01 понятие группы путей необщего пользования, как и порядок начисления платы за подачу и уборку вагонов, сохранялись, что являлось существенным недостатком, поскольку ставки платы за подачу и уборку устанавливались усредненно по группам путей необщего пользования в зависимости от их среднесуточного вагонооборота (числа поданных и убранных вагонов). Вместе с тем для одной и той же группы путей необщего пользования реальные издержки могут существенно различаться в зависимости от конкретных условий, в первую очередь от фактического количества выходов локомотива на путь необщего пользования. Это особенно важно для малодейственных путей, находящихся на балансе предприятий и организаций [5]. Например, для I группы путей необщего пользования со среднесуточным вагонооборотом до 0,5 вагонов количество выходов локомотива может варьироваться от одного выхода в двое суток до одного выхода в неделю, месяц и т. д., т. е. реальные издержки по подаче и уборке будут различаться в разы при одинаковой ставке сбора за эти работы. При этом дальнейшая дифференциация ставок сборов путем увеличения числа групп путей малоэффективна и усложняет их применение.

Для путей необщего пользования, находящихся на балансе железной дороги, роль фактического числа выходов локомотива не столь значительна, поскольку в ставке сбора соответствующей таблицы Прейскуранта № 10-01 весомую долю составляли постоянные расходы по содержанию и амортизации путей необщего пользования. Однако и в этом случае, особенно для путей с большим вагонооборотом, установление ставок сбора по диапазонам изменения суточного вагонооборота серьезно искажало реальные издержки. Кроме того, Прейскурантом № 10-01 не была предусмотрена ситуация, когда на пути необщего пользования, принадлежащем перевозчику, работают локомотивы грузоотправителей, грузополучателей.

С учетом перечисленных недостатков системы тарификации подачи и уборки вагонов на пути необщего пользования в 2011–2012 гг. были разработаны предложения по ее совершенствованию [3], включающие следующие основные моменты:

– начисление платы за подачу и уборку независимо от принадлежности пути необщего пользования за фактическое число поданных и убранных вагонов в сутки;

– ежесуточное взимание с грузоотправителей и грузополучателей платы за пользование железнодорожным путем необщего пользования, принадлежащим перевозчику, в зависимости от развернутой длины пути необщего пользования без учета наличия или отсутствия подачи и/или уборки вагонов.

Такой подход был реализован в тарифах, утвержденных постановлением Министерства экономики Республики Беларусь от 23.04.2013 № 26, и применяется до сих пор ввиду включения его практически без изменений в тарифы, утвержденные постановлением Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 18.06.2019 № 51 [4]. В рамках данного подхода используются две таблицы тарифов: первая содержит тарифы на подачу-уборку вагонов локомотивом перевозчика, вторая – тарифы за пользование путем необщего пользования, находящимся на балансе железной дороги.

Как показала практика, действующий порядок тарификации услуги по подаче и уборке вагонов также утрачивает свою актуальность ввиду различных причин. Во-первых, в основу используемых на данный момент тарифов на оказание рассматриваемой услуги положены эксплуатационные расходы, показатели работы и иные статистические данные по состоянию на 2010 год, что не отражает произошедших за последнее десятилетие изменений не только параметров экономического характера, но и иных значимых факторов, в том числе темпов развития автоматизации и информатизации. Во-вторых, используемый порядок тарификации характеризуется рядом недостатков, наиболее существенным из которых является сложность учета суточного количества поданных (убранных) вагонов и фактических затрат перевозчика, связанных с подачей и уборкой.

В связи с перечисленными обстоятельствами, а также с учетом изменений в налоговом законодательстве, в частности существенным увеличением налога на землю, необходима реализация следующих мероприятий по совершенствованию порядка тарификации рассматриваемых услуг:

– пересмотр методики установления тарифов на подачу и уборку вагонов на пути необщего пользования локомотивом перевозчика, плат за пользование путем необщего пользования, принадлежащим перевозчику;

– упрощение порядка тарификации с возможностью последующей автоматизации процесса;

– актуализация тарифов с учетом фактического уровня и структуры эксплуатационных расходов, а также технических и эксплуатационных параметров, характеризующих работу путей необщего пользования в современных условиях.

Для этого выполнено обследование железнодорожных путей необщего пользования Республики Беларусь. Основные статистические показатели приведены на рисунке 1.

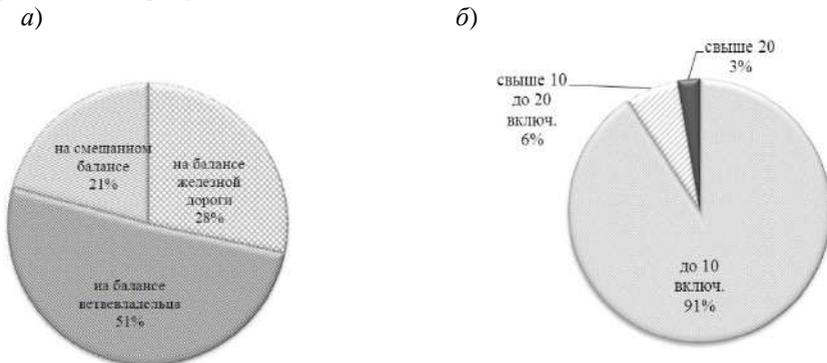


Рисунок 1 – Распределение путей необщего пользования в зависимости от балансовой принадлежности (а); расстояния подачи и уборки в оба конца в километрах (б)

При этом из общего числа железнодорожных путей необщего пользования Республики Беларусь 87 % обслуживаются маневровыми локомотивами железной дороги, оставшиеся 13 % – собственными локомотивами.

На основании экспертного мнения работников железнодорожного транспорта Республики Беларусь, а также анализа нормативных документов, регламентирующих тарифы на оказываемые услуги железными дорогами стран СНГ и Балтии, выделены основные позиции, требующие внесения изменений. Среди них следует выделить:

- производить начисление платы за подачу и уборку вагонов не по суткам, а по факту подачи или уборки вагонов;
- использовать в качестве основных факторов, влияющих на размер платы, расстояния подачи (уборки) и фактическое количество вагонов в составе подачи (уборки).

Представленные положения предусматривают применение системы тарификации, где выделены 2 составляющие:

- плата за операцию перемещения вагонов по тарифу, установленному за 1 вагону-километр;
- плата за осуществление технологических операций по подготовке вагонов к подаче, расстановке или сборке вагонов у фронтов погрузки, выгрузки по тарифу, установленному за 1 вагон.

Такой подход позволит учесть интересы грузовладельцев, имеющих собственные локомотивы, поскольку появляется возможность отдельно учитывать непосредственно как перемещение вагонов в составе подачи (уборки)

на железнодорожный путь необщего пользования, так и маневровую и подготовительную работу у фронтов погрузки-выгрузки.

Таким образом, обобщая представленный материал, можно сделать следующие выводы:

1 Действующий в настоящее время порядок тарификации услуги по подаче и уборке вагонов утратил свою актуальность.

2 В условиях обслуживания железнодорожных путей необщего пользования маневровыми локомотивами различной принадлежности возникла потребность учета суточного количества поданных (убранных) вагонов и фактических затрат перевозчика, связанных с подачей и уборкой.

3 В новой системе тарификации следует выделять операции перемещения вагонов и операции по подготовке, расстановке-сборке вагонов у фронтов погрузки-выгрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2 *Еловой, И. А.* Оценка уровня тарифных ставок в зависимости от стоимости грузов в логистической цепи / И. А. Еловой // Транспорт: наука, техника, управление : сб. ОИ / ВИНТИ. – 2001. – № 8. – С. 28–33.

3 *Осипенко, Л. В.* Совершенствование порядка расчета тарифов за подачу и уборку вагонов на подъездные пути и плат за их содержание / А. В. Осипенко // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2013. – № 1 (26). – С. 80–83.

4 Постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 18 июня 2019 г. № 51 «О тарифах на перевозку грузов по территории Республики Беларусь железнодорожным транспортом общего пользования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.rw.by/uploads/userfiles/files/M/postanovlenie_mart_51_18_06_2019.pdf. – Дата доступа : 21.10.2020.

5 *Потылкин, Е. Н.* Анализ основных параметров железнодорожных путей необщего пользования в Республике Беларусь / Е. Н. Потылкин, Л. В. Осипенко // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. / под ред. А. К. Головнича. – Гомель : БелГУТ. – 2019. – С. 107–113.

I. A. ELOVOY, L. V. OSIPENKO, E. N. POTYLKIN

BASIC APPROACHES TO TARIFFICATION OF SERVICES ON FEEDING AND CLEANING OF CARS BY THE CARRIER'S LOCOMOTIVE ON THE RAILWAYS NON-PUBLIC USE

The analysis of the stage-by-stage development of the tariffication system for the supply and cleaning of wagons to non-public railway tracks the Republic of Belarus is carried out. The loss of the relevance of the current tariffication procedure for these services in modern conditions is substantiated. The results of the study can be used in the develop-

ment of new approaches to calculating the tariff for the supply and cleaning of wagons on the railway tracks of non-public use of the carrier's locomotive.

Получено 24.12.2020

ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021

УДК 656.224: 629.44

А. А. ЕРОФЕЕВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
alerof@tut.by*

АПОСТЕРИОРНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ КОРРЕКТИРОВКИ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Обоснована необходимость использования методов диспетчерского управления в интеллектуальной системе управления перевозочным процессом. Предложено при описании системы диспетчерского управления использовать апостериорные модели. Установлена структура гибридного решателя задач. С целью упорядочивания множества возможных вариантов диспетчерских корректировок и выбора рационального предлагается формирование дерева решений. Установлены возможные виды диспетчерской корректировки графиков и атрибуты эксплуатационных ситуаций. Сформулирована задача обобщения и классификации эксплуатационных обстановок при наличии темпоральных данных и предложен алгоритм ее решения.

Повышение эффективности организации перевозочного процесса в современных условиях неразрывно связано с внедрением интеллектуальных транспортных систем, обеспечивающих разработку эффективных управляющих решений (УР) и последующую их реализацию. На Белорусской железной дороге поэтапно создается интеллектуальная система управления перевозочным процессом (ИСУПП), которая предназначена для разработки гармонизированных планов эксплуатационной работы для всех уровней и объектов управления [1]. При этом недостаточно проработанным остается вопрос функционирования ИСУПП в случаях значительных отклонений эксплуатационной обстановки от плановых значений. В данной статье предложены методы и алгоритмы интеллектуального диспетчерского управления поездной работой и оперативной корректировки графика движения поездов (ГДП).

В соответствии с действующими нормативными документами [2] на большинстве железных дорог колеи 1520 организация поездной работы базируется на ГДП. Однако значительное влияние на пропуск поездов по участкам оказывает диспетчерское руководство, так как фактически грузовые поезда в значительном числе случаев продвигаются по диспетчерским

расписаниям. В результате график исполненного движения существенно отличается от нормативного.

Для примера рассмотрим данные о выполнении ГДП на участке Минск – Брест Белорусской железной дороги. Распределение следования грузовых поездов по участку показано на рисунке 1.

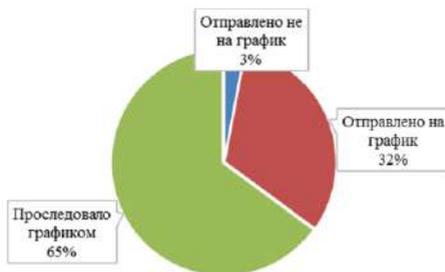


Рисунок 1 – Распределение следования сквозных и участковых поездов на участке Минск – Брест

Распределение отклонений от графика при следовании контейнерных, сквозных и участковых поездов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение отклонений от графика поездов по отправлению и прибытии

В процентах

Категория поезда	Отклонение от графика, мин		
	6–15	16–25	более 25
Контейнерные поезда по отправлению	43,0	16,7	40,3
Контейнерные поезда по прибытии	88,5	5,7	5,8
Сквозные и участковые поезда по отправлению	60,0	5,5	37,8
Сквозные и участковые поезда по прибытии	76,5	19,1	4,3

Организация движения поездов при таких отклонениях от нормативного ГДП возможно только в условиях применения системы диспетчерского управления.

Система диспетчеризации используется на большинстве железных дорог мира. При анализе систем диспетчерского управления следует учитывать эксплуатационные особенности ПП в разных странах. Для дорог колеи 1435 (Европейские страны, Японии) характерны более легкий, чем в США или дорог колеи 1520, подвижной состав, преобладание электрической тяги и пассажирских перевозок. Там обращаются преимущественно короткоставные грузовые поезда, следующие на небольшие расстояния, при этом

густота движения высокая (Франция – 29 поездов на 1 км эксплуатационной длины, Германия – 50, Англия – 56, Япония и Нидерланды – 66–67). Повышение эффективности диспетчерского управления в таких условиях достигается за счет использования резервов времени в перегонных временах хода поездов (от 3 до 8 % чистого времени). В Германии дополнительно предусматриваются резервы в ГДП, обеспечивающие возможность нагона опозданий и снижения влияния задержек отдельных поездов на выполнение графика. То есть повышается надежность выполнения ГДП за счет снижения его эффективности (участковых скоростей движения поездов) [3].

Однако даже при таких подходах не удается добиться 100 % выполнения нормативного ГДП. Например, по данным железных дорог Германии (одних из самых пунктуальных в Европе) точность прибытия и отправления всех видов пассажирских поездов составляет около 90 %, а для поездов, курсирующих в рамках согласованных расписаний, – около 93 %. [4]. При этом около 30 % поездов дальнего следования опаздывает на 4 и более минуты, каждый седьмой поезд – более чем на 10 мин. Из-за опозданий 25 % поездов, связанных с согласованным расписанием транспорта, не смогли своевременно доставить пассажиров к месту пересадки [4]. По итогам 2018 года точность соблюдения расписания движения пассажирских поездов DB и составила менее 75 % [5].

Для повышения эффективности организации движения поездов на ряде европейских железных дорог активно исследуется и находит применение стратегия динамического управления движением за счёт передачи большей части решений на этап диспетчерской регуляции – Концепция динамического управления движением (Railway Dynamic Traffic Management – RDTM). Основная ее цель – увеличение эластичности «твердого» ГДП при сбоях без вреда для пропускной способности.

В результате анализа установлено, что даже при условии организации движения всех категорий поездов по постоянному расписанию, возникают отклонения в ГДП, которые необходимо компенсировать за счет диспетчерских решений. При этом система диспетчерского управления характеризуется ярко выраженными встречными информационными потоками: прямой – распорядительный и обратный – фактический, определяющий перевозочный процесс. Для системы характерно наличие как алеаторной, так и эпистемологической неопределенностей. В связи с этим предлагается при описании процедур интеллектуального управления использовать апостериорные модели.

Апостериорная модель интеллектуальной диспетчерской корректировки ГДП предполагает решение задачи ситуационного моделирования:

- идентификация отклонений фактической нитки поезда от прогнозной;
- классификация;
- последующая ликвидация одним из имеющихся методов.

Предполагается, что на этапе разработки нормативного ГДП была проведена предварительная оптимизация графика и с ее учетом уже сформированы УР в смежных подсистемах ИСУПП. В качестве критерия эффективности в апостериорной модели предлагается использовать условия минимальных изменений ГДП относительно нормативного.

В таком случае гибридный решатель задачи (ГБРЗ) диспетчерской корректировки ГДП будет включать процедуры идентификации отклонений, выбора сценария ввода поезда в ГДП и реализации диспетчерской корректировки в соответствии с выбранным алгоритмом действия (рисунок 2).



Рисунок 2 – Укрупненная структура гибридного решателя задачи «Диспетчерская корректировка ГДП»

ИСУПП должна предполагать возможность обучения, т. е. формулировки новых диспетчерских управляющих решений (УР), новых сценариев корректировки и алгоритмов корректировки ГДП в зависимости от исходных сценариев.

С целью упорядочивания множества возможных вариантов диспетчерских корректировок и выбора рационального предлагается формирование дерева решений ГДП. Дерево решений – это метод представления решающих правил в иерархической структуре, состоящей из элементов двух типов: узлов (node) и листьев (leaf). В узлах находятся решающие правила и производится проверка соответствия примеров этому правилу по какому-либо атрибуту обучающего множества [6].

Дерево решений по диспетчерской корректировке ГДП формируется путем обобщения множества наблюдений за предметной областью и последующего упорядочивания различных вариантов эксплуатационной обстановки по установленным признакам.

В общем случае *предметная область* для решения рассматриваемой задачи ИСУПП будет включать возможные виды диспетчерской корректировки, в том числе:

- изменение порядка скрещения поездов;
- изменение пути приема поезда из-за несоответствия длины путей станции длине поезда при необходимости остановки поезда на станции, которую он согласно ГДП должен проходить без остановки;
- выбор свободных путей для приема поезда при необходимости остановки на станции, которую он согласно ГДП должен проходить без остановки;
- организация безостановочного проследования поездом станции, на которой согласно ГДП, у поезда есть остановка;

- изменение времени прибытия, отправления и проследования станций пассажирскими поездами;
- отмена нитки ГДП;
- прокладка дополнительной нитки в ГДП;
- выделение времени в ГДП для производства работ в «окно» и др.;
- изменение времени предоставления «окон» и др.

Множество диспетчерских корректировок ГДП можно свести к пяти возможным сценариям формирования УР:

- корректировка нитки ГДП с последующим изменением ГДП;
- изменение времени отправления поезда со станции;
- привязка поезда к другой ближайшей свободной нитке графика;
- разработка дополнительной нитки с учетом сохранения расписания других поездов;
- отмена нитки ГДП.

Каждый из возможных сценариев формирования УР может быть реализован различными способами. Например, корректировка нитки поезда может быть выполнена одним из пяти способов (рисунки 3–7).

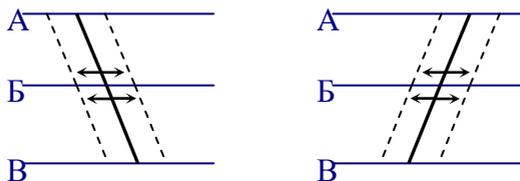


Рисунок 3 – Параллельный перенос всей нитки

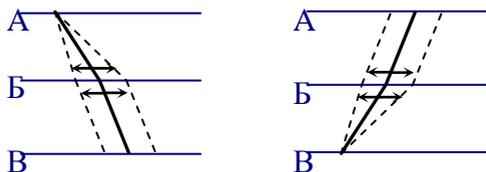


Рисунок 4 – Изменение времени движения по перегону с параллельным переносом на последующих перегонах

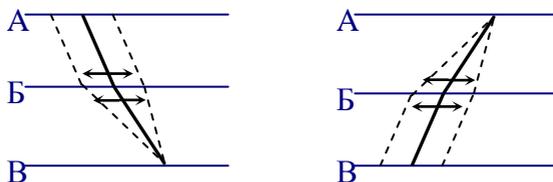


Рисунок 5 – Изменение времени движения по перегону с параллельным переносом на предыдущих перегонах



Рисунок 6 – Изменение времени движения по двум прилегающим перегонам

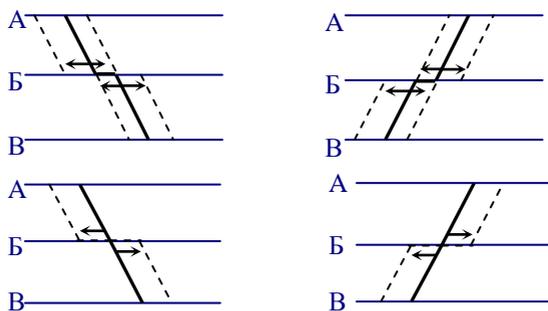


Рисунок 7 – Создание, удаление, изменение остановки с параллельным переносом соответствующей части нитки поезда

В процессе функционирования ИСУПП могут быть выделены иные виды и способы диспетчерских корректировок, сценарии формирования УР. То есть система диспетчерской корректировки должна быть развивающейся и обучающейся. Для этих целей предлагается использовать индуктивные правила, а сам процесс обучения будет являться индукцией деревьев.

Дерево решений ГДП является моделью, строящейся на основе обучения с учителем, а в обучающем множестве диспетчерских корректировок должны быть заданы целевые значения. При этом так как целевые переменные являются дискретными и могут быть описаны логическими отношениями (метками классов), то модель будет являться деревом классификации.

Ключевой особенностью интеллектуальной диспетчерской корректировки ГДП является то, что в отличие от используемых в других предметных областях моделей классификации, в которых в качестве листа рассматривается значение или функция, предлагается в качестве листа дерева рассматривать алгоритм выполнения действий по диспетчерской корректировке ГДП.

Тогда решаются следующие эксплуатационные задачи:

- определение для каждой эксплуатационной ситуации множества меток классов;
- выбор с использованием дерева классификации рационального алгоритма диспетчерской корректировки ГДП;
- реализация алгоритма диспетчерской корректировки для сложившейся эксплуатационной обстановки.

Предлагается следующий алгоритм индукции дерева классификации эксплуатационных ситуаций в ГДП.

Пусть задано обучающее множество эксплуатационных ситуаций S (расхождений между плановым и фактическим ГДП), содержащее n вариантов для каждого из которых задана метка класса C_i ($i = 1 \dots k$), и m атрибутов A_j ($j = 1 \dots m$), которые определяют принадлежность объекта к тому или иному классу. При этом для каждого класса C_i установлен алгоритм автоматической диспетчерской корректировки.

Цель индукции дерева ГДП – определить для любой эксплуатационной ситуации A_j класс C_i (алгоритм диспетчерской корректировки).

Возможны три случая.

1 Все примеры множества эксплуатационных ситуаций S имеют одинаковую метку класса C_i (т. е. все обучающие примеры относятся только к одному классу). Очевидно, что обучение в этом случае не имеет смысла, поскольку все примеры, предъявляемые модели, будут одного класса, который и «научится» распознавать модель. Само дерево решений в этом случае будет представлять собой лист, ассоциированный с классом C_i . Практическое использование такого дерева бессмысленно, поскольку любой новый объект оно будет относить только к этому классу.

2 Множество S вообще не содержит примеров, т. е. является пустым множеством. В этом случае для него тоже будет создан лист (чтобы создать узел, применять правило к пустому множеству бессмысленно), класс которого будет выбран из другого множества (например, класс, наиболее часто встречающийся в родительском множестве).

3 Множество S содержит обучающие примеры всех классов C_k . В этом случае требуется разбить множество S на подмножества, ассоциированные с классами. Для этого выбирается один из атрибутов A_j множества S , который содержит два и более уникальных значения (a_1, a_2, \dots, a_p), где p – число уникальных значений признака. Затем множество S разбивается на подмножества (S_1, S_2, S_p), каждое из которых включает примеры, содержащие соответствующее значение атрибута. Затем выбирается следующий атрибут и разбиение повторяется. Эта процедура будет рекурсивно повторяться до тех пор, пока все примеры в результирующих подмножествах не окажутся одного класса.

При использовании данной методики построение дерева решений будет происходить сверху вниз (от корневого узла к листьям). В настоящее время разработано значительное число алгоритмов обучения деревьев решений: ID3, CART, C4.5, C5.0, NewId, ITrule, CHAID, CN2 и т. д. [7]. В данной статье мы не оцениваем эффективность применения того или иного алгоритма, а рассматриваем особенности постановки задачи индукции дерева решения для системы диспетчерского управления.

Отличительной особенностью ГДП от традиционных объектов классификации является непрерывное его изменение во времени. В связи с этим предлагается рассматривать множество параметров, характеризующих нит-

ки ГДП, как темпоральные данные. Тогда задача обобщения и классификации эксплуатационных обстановок при наличии темпоральных данных формулируется следующим образом.

Пусть график исполненного движения (ГИД) строится на основании данных об изменении состояний блок-участков q при проследовании по ним поездов. Изменение состояний происходит в некоторые дискретные моменты времени: $t = 0, 1, 2, 3, \dots$. Тогда поездную обстановку на полигоне управления в некоторый момент времени i можно представить в виде вектора

$$s_i \leq x_1(t=i), \dots, x_2(t=i), \dots, x_q(t=i), t=i > 1. \quad (1)$$

Для того чтобы проследить динамику продвижения поездов по участку, возможные их отклонения от плановых ниток ГДП, динамику изменения отклонений (отставание или нагон), необходимо рассмотреть упорядоченное множество таких векторов, полученных на конечном временном интервале (t_i, t_{i+r-1}) $r > 1$.

Пусть рассматриваются q параметров на временном интервале длины r . Представим эти данные в виде матрицы (таблица 2).

Таблица 2 – Динамический объект обобщения (ГИР)

	Поезд 1	Поезд 2	...	Поезд g	Время t
(S_i)	$x_1(t=i)$	$x_2(t=i)$		$x_g(t=i)$	i
$(S_i + 1)$	$x_1(t=i+1)$	$x_2(t=i+1)$		$x_g(t=i+1)$	$i+1$
$(S_i + 2)$	$x_1(t=i+2)$	$x_2(t=i+2)$		$x_g(t=i+2)$	$i+2$
...
$(S_i + r - 1)$	$x_1(t=i+r-1)$	$x_2(t=i+r-1)$		$x_g(t=i+r-1)$	$i+r-1$

Каждая ячейка матрицы представляет собой значение места нахождения поезда q в момент времени i . Тогда каждый столбец матрицы будет описывать нитку графика исполненного движения, а каждая строка – поездное положение на участке в моменты времени соответственно $i, i+1, \dots, i+r-1$.

Однако эксплуатационная ситуация на перегоне характеризуется не только взаимным расположением поездов на участке, но и соблюдением ими планового ГДП. В связи с этим предлагается дополнить матрицу значениями поездов планового ГДП.

На основании данных о поездах ГИД и ВГДП формируется расчетная поездная обстановка (место дислокации каждого из поездов, находящихся в движении, в каждый момент планового периода). Расчетное значение места нахождения поезда на момент времени t_{i+r+v} определяется как

$$x_v(t=i+v+r) = x_q(t=i+v) + \Delta x_{r-q}^{\text{прогноз}} (\Delta t = r-q). \quad (2)$$

Тогда эксплуатационная ситуация на полигоне будет характеризоваться совокупностью массивов информации об исполненной, плановой и расчетной поездной обстановках (таблица 3).

Таблица 3 – Динамический объект обобщения эксплуатационной обстановки

	Поезд 1	Поезд 1 (план)	Поезд 2	Поезд 2 (план)	...	Поезд q	Поезд q (план)	Время t
S_i	ГИР	План						
S_{i+1}								
S_{i+2}								
...								
S_{i+y}								
...	Прогноз							
S_{i+r}								

Назовем структуру, представленную в таблице 3, динамическим объектом обобщения эксплуатационной обстановки. Тогда ставится задача отнесения соответствующей эксплуатационной обстановки к определенному классу в зависимости от реализуемых методов диспетчерской корректировки. Отнесение эксплуатационных обстановок к соответствующим классам выполняется с использованием дерева решений.

Формально дерево решений – это взвешенный ориентированный граф T . Из множества вершин V выделим вершину $v_0 \in V$ – корень дерева. Все вершины разделим на два класса:

$V_i \subset V$ – множество внутренних вершины (узлов) дерева; V_i включает в себя такие вершины, из которых выходят дуги;

$V_l \subset V$ – множество внешних, конечных, вершин дерева (листьев); V_l включает в себя такие вершины, из которых дуги не выходят; V_i и V_l образуют разбиение множества вершин V дерева решений T :

$$V_i \cap V_l = \emptyset; V_i \cup V_l = V.$$

Внутренние вершины V_i дерева соответствуют атрибутам, которые используются при классификации эксплуатационной обстановки. Вершины-листья V_l соответствуют алгоритмам диспетчерской корректировки ГДП.

Каждая дуга e дерева решений взвешена условием «атрибут = значение атрибута» (для качественных значений атрибутов) либо «атрибут σ значение атрибута» (для количественных значений атрибутов, $\sigma \in \{\geq, >, =\}$).

Общее правило выбора атрибута разбиения множества эксплуатационных ситуаций на подмножества можно сформулировать следующим образом: выбранный атрибут должен разбить множество наблюдений в узле так, чтобы результирующие подмножества содержали примеры с одинаковыми метками класса или были максимально приближены к этому, т. е. количество объектов из других классов («примесей») в каждом из этих множеств было как можно меньше. Для выбора атрибутов разбиения множества эксплуатационных обстановок на подмножества предлагается использовать теоретико-информационный критерий, который основан на понятии информационной энтропии.

$$H = -\sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N} \log\left(\frac{N_i}{N}\right), \quad (3)$$

где n – число классов в исходном подмножестве; N_i – число примеров i -го класса; N – общее число примеров в подмножестве.

Энтропия рассматривается как мера неоднородности подмножества по представленным в нём классам. Когда классы представлены в равных долях и неопределённость классификации наибольшая, энтропия также максимальна. Если все примеры в узле относятся к одному классу, т. е. $N = N_i$, логарифм от единицы обращает энтропию в ноль.

Таким образом, лучшим атрибутом разбиения A_i будет тот, который обеспечит максимальное снижение энтропии результирующего подмножества относительно родительского. На практике, однако, говорят не об энтропии, а о величине, обратной ей, которая называется информацией. Тогда лучшим атрибутом разбиения будет тот, который обеспечит максимальный прирост информации результирующего узла относительно исходного:

$$Gain(A) = Info(S) - Info(S_A), \quad (4)$$

где $Info(S)$ – значимая информация, связанная с подмножеством S до разбиения, $Info(S_A)$ – информация, связанная с подмножеством, полученным при разбиении по атрибуту A .

В результате проведенных исследований установлено, что при классификации эксплуатационных ситуаций и выборе алгоритмов диспетчерских корректировок ГДП целесообразно использовать следующие атрибуты A_j :

- для каждого из поездов – соответствие расчетного времени прибытия поезда на станцию плановому значению;
- для каждого из поездов – соответствие расчетного времени отправления поезда со станции плановому значению;
- для каждого из поездов – соответствие перегонных времен хода плановым значениям;
- для каждой из пар поездов, находящихся рядом в ГДП, – соблюдение станционных интервалов;
- для каждой из пар поездов, находящихся рядом в ГДП, – соблюдение межпоездных интервалов;
- наличие резервов в перегонных временах хода;
- наличие резервов в станционных и межпоездных интервалах;
- наличие резервов во временах стоянок поездов;
- наличие резервных ниток в ГДП;

– категория поезда, отклоненного от планового ГДП (пассажирский, пригородный, грузовой, длинносоставный, тяжеловесный и др.).

Таким образом, на основании дерева решений ГДП выбираются алгоритмы диспетчерских корректировок. Некоторые из таких алгоритмов описаны в [8]. Однако в дальнейшем в процессе «обучения» ИСУПП семейство алгоритмов будет расширяться, дополняться и, возможно, корректироваться.

Предложенная апостериорная модель диспетчерской корректировки ГДП позволит сформировать интеллектуальную систему автоматического диспетчерского управления, которая в дальнейшем должна интегрироваться с системами приготовления маршрутов на станциях и автоведения поездов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Ерофеев, А. А.* Разработка интеллектуальной системы управления перевозочным процессом на Белорусской железной дороге / А. А. Ерофеев, О. А. Терещенко, В. В. Лавицкий // Железнодорожный транспорт. – 2020. – № 6. – С. 74–77.

2 Правила технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь : утв. постановлением М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь 25.11.2015, № 52 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.rw.by/corporate/normative_documents/rules-of-technical-operation-of-railways/. – Дата доступа : 31.08.2021.

3 *Сотников, Е. А.* История развития системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте (отечественный и зарубежный опыт) / Е. А. Сотников, Д. Ю. Левин, Г. А. Алексеев. – М. : Техинформ, 2007. – 237 с.

4. *Fernzüge rollen dem Fahrplan hinterher / Deutsche Bahn // Stern.* – 24 Jan. – 2008.

5 Железные дороги Германии: итоги 2018 года // Железные дороги мира. – 2019. – № 5. – С. 7.

6 *Quinlan, J. R.* Induction of decision trees / J. R. Quinlan // *Machine Learning.* – 1(1). – P. 81–106.

7 *Murthy, S.* Automatic construction of decision trees from data : A Multi-disciplinary survey / S. Murthy. – Boston, 1997. – 49 p.

8 *Ерофеев, А. А.* Интеллектуальная диспетчерская корректировка графика движения поездов / А. А. Ерофеев // Информационные технологии и системы 2016 (ИТС 2016) : материалы Междунар. науч. конф. / редкол. Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2016. – С. 100–101.

A. A. EROFEEV

A POSTERIORI MODEL OF INTELLIGENT DISPATCHING ADJUSTMENT OF THE TRAIN SCHEDULE

The necessity of using the methods of dispatch control in the intelligent control system of the transportation process has been substantiated. It is proposed to use a posteriori models when describing the dispatch control system. The structure of the hybrid problem solv-

er is established. In order to streamline the set of possible options for dispatching adjustments and choose a rational one, the formation of a decision tree is proposed. Possible types of scheduling adjustments and attributes of operational situations have been established. The problem of generalization and classification of operational situations in the presence of temporal data is formulated and an algorithm for its solution is proposed.

Получено 11.10.2021

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021**

УДК 656.211

Т. И. КАШИРЦЕВА

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Ka-t-i@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЕЗДОПОТОКА НА ПАРАМЕТРЫ ПАССАЖИРСКИХ ТЕХНИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Рассматривается влияние структуры потока обрабатываемых составов пассажирских поездов на технико-технологические параметры пассажирских технических станций (ПТС). Приводятся и анализируются результаты расчетов значений критериев оптимизации технико-технологических параметров, технического оснащения и технологии работы ПТС и технических парков пассажирских станций.

Перевозки пассажиров являются одной из приоритетных задач каждого вида транспорта. Несмотря на проблемы, связанные с пандемией коронавируса, пассажирские перевозки продолжают развиваться, а техническая и технологическая база для их осуществления совершенствуются. По данным ОАО «РЖД», за январь – сентябрь 2021 года железнодорожным транспортом России было перевезено 72,3 млн пассажиров в дальнем сообщении, что на 37,6 % больше, чем за аналогичный период 2020 года (52,5 млн пассажиров) [1]. Такие данные позволяют с оптимизмом смотреть в будущее железнодорожных пассажирских перевозок, но требуют постоянного внимания к их организации, в том числе к подготовке в рейс составов пассажирских поездов.

Данная статья продолжает цикл работ по разработке методики оценки и оптимизации схем и технологии работы пассажирских технических станций (далее – ПТС), начатый в 2017–2019 годах.

В [2] рассмотрены и обоснованы критерии оценки технико-технологических параметров пассажирской технической станции. К таким критериям относятся:

- стоимостной, учитывающий затраты, связанные с сооружением (ре-

конструкцией) и/или функционированием ПТС;

- временной, определяемый как время, затрачиваемое на выполнение полного цикла технологических операций по подготовке в рейс состава пассажирского поезда;

- экологический, позволяющий учесть влияние функционирования станции на окружающую среду и затраты, связанные с загрязнением окружающей среды;

- безопасности, учитывающий влияние конструкции ПТС на вероятность производственного травматизма;

- надежности, учитывающий вероятность отказов технических средств;

- маневренности, определяющий максимальное количество реализуемых вариантов выполнения технологических операций;

- поточности, учитывающий количество изменения направлений движения составов при выполнении технологических операций в процессе подготовки.

Каждый из перечисленных критериев оказывает влияние на технико-технологическую структуру пассажирских технических станций. И в каждом из них отражаются особенности структуры станции и обрабатываемого потока составов пассажирских поездов. Рассмотрим это влияние более подробно.

В качестве структурных элементов определяются парк приема (ПП), отправления (ПО), ремонтно-экипировочное депо (РЭД) и вагономоечная машина (ВММ).

Варианты кодирования различных схемных решений ПТС приведены в таблице 1, где приняты следующие условные обозначения: x – вариант невозможен; 0 – вариант не используется в данной схеме; 1 – вариант используется в данной схеме. Например, первую строку можно расшифровать следующим образом: парк приема расположен перед ВММ, РЭД и парк отправления расположены последовательно. Расчеты выполнены только для 24 вариантов компоновки основных структурных элементов ПТС. Для всех исследуемых вариантов схемных решений ПТС выполнены расчеты значений указанных критериев по методикам, приведенным в [4].

В расчетах приняты следующие исходные данные:

- общее количество обрабатываемых составов равно 100 с шагом 10 составов;

- доля составов своего формирования от общего числа – в диапазоне 0,1–0,9 составов с шагом 0,1;

- доля местных составов от общего числа – в диапазоне 0,1–0,9 составов с шагом 0,1;

- время нахождения поездов в рейсе от 1 до 7 суток – в диапазоне

0,1–0,9 составов с шагом 0,1.

По стоимостному критерию разница в производственных расходах по отличающимся элементам затрат при изменении входящего потока от 10 до 100 составов в сутки для разных схем и структуры потока изменяется в пределах от 14 до 30 %. Очевидно, что преобладание поездов своего формирования увеличивает расходы.

Таблица 1 – Варианты взаимного расположения структурных элементов ПТС

Структурные элементы	Парк приема (ПП)			Вагоно-моечная машина (ВММ)			Ремонтно-экипировочное депо (РЭД)		Парк отправления (ПО)	
	перед	после	параллельно	перед	после	параллельно	после	параллельно	после	параллельно
ПП	х	х	х	1	0	0	1	0	1	0
	х	х	х	1	0	0	0	1	1	0
	х	х	х	1	0	0	1	0	0	1
	х	х	х	1	0	0	0	1	0	1
	х	х	х	0	1	0	1	0	1	0
	х	х	х	0	1	0	0	1	1	0
	х	х	х	0	1	0	1	0	0	1
	х	х	х	0	1	0	0	1	0	1
	х	х	х	0	0	1	1	0	1	0
	х	х	х	0	0	1	0	1	1	0
ВММ	1	0	0	х	х	х	1	0	1	0
	1	0	0	х	х	х	0	1	1	0
	1	0	0	х	х	х	1	0	0	1
	1	0	0	х	х	х	0	1	0	1
	0	1	0	х	х	х	1	0	1	0
	0	1	0	х	х	х	0	1	1	0
	0	1	0	х	х	х	1	0	0	1
	0	1	0	х	х	х	0	1	0	1
	0	0	1	х	х	х	1	0	1	0
	0	0	1	х	х	х	0	1	1	0
	0	0	1	х	х	х	1	0	0	1
РЭД	0	1	0	0	1	0	х	х	1	0
	0	0	1	0	0	1	х	х	0	1
ПО	0	1	0	0	1	0	1	0	х	х
	0	0	1	0	0	1	0	1	х	х

По временному критерию различие в технологическом времени на маневровую работу изменяется по схемам в пределах от 22 минут на состав до 40 минут, или на 6–11 %. Минимальное значение временной критерий принимает в схемах с последовательным расположением основных устройств, а максимальное – в схемах с параллельным расположением устройств. Разница в значениях временного критерия тем больше, чем больше число обрабатываемых составов. Это объясняется тем, что для обработки большего числа составов требуется больше путей, соответственно увеличивается длина горловин. Кроме того, увеличивается и время ожидания выполнения операций.

По экологическому критерию объем выбросов вредных веществ с поверхностными стоками с территории станции и с выхлопными газами при работе маневровых локомотивов отличается для разных схем и потоков в пределах от 4 до 9,5 т в год, т. е. более чем в два раза. Разность в объемах выбросов вредных веществ с поверхностными стоками и в объемах загрязнения земель обуславливается разной величиной станционной площадки, а следовательно, и площадью загрязнения. Минимальная величина площадки соответствует схемам станций с параллельным расположением устройств, максимальная – для станций с последовательным расположением. Величина площадки помимо влияния на объем загрязнения имеет и важное самостоятельное значение, так как крупные ПТС располагаются в крупных городах. Структура потока также оказывает значительное влияние, так как с поездами своего формирования требуется выполнение большего объема маневровой работы.

Значение по критерию безопасности во всех конструкциях достаточно низкое, однако в процентном соотношении разница составляет около 45 %, что указывает на значительные отличия схем. Наименьшие значения соответствуют схемам с последовательным расположением структурных элементов, так как на таких схемах производственные здания располагаются сбоку от путей. При данном размещении зданий уменьшается количество путей, которые необходимо переходить персоналу. Несмотря на то, что разница в значениях этого критерия относительно небольшая, ее следует принимать во внимание. Это значит, что любую возможность уменьшения вероятности наступления случаев травматизма следует использовать.

По критерию надежности в качестве исходных данных для расчета использованы показатели надежности отдельных технических средств, количество отказов которых возрастает с увеличением объема работы и усложнением структурных схем. Разница в значениях критерия составляет 7–19 %. Значения критерия предсказуемо снижаются с увеличением объема работы, а также с увеличением числа враждебных маршрутов.

Анализ результатов расчета показывает: в условиях увеличения периодов сгущенного прибытия поездов (например, из-за опозданий) конструкции, отличающиеся по значению критерия надежности на 0,01, позволяют установить нормальный режим работы на 10–15 % быстрее.

По критерию маневренности значения различаются в 50 раз. Максимальное значение критерия соответствует параллельным схемам и потокам с преобладанием в их структуре составов своего формирования.

По критерию поточности отличия в значениях достигают 30 раз. Наименьшие значения характерны для схем с последовательным расположением элементов и преобладанием местных составов, наибольшие – для схем с параллельным расположением элементов и преобладанием составов своего формирования.

На основании результатов расчетов установлено, как изменение структуры входящего потока, а следовательно, и соответствующего объема работы ПТС, влияет на изменение погребного числа путей в парках станции. Динамика изменения числа путей в парке приема, РЭД и парка отправления неодинакова. Изменение потребного числа путей происходит более быстрыми темпами при изменении общего числа составов от 12 до 30–40 по сравнению с изменением его от 50 до 80–100 составов. Максимальное влияние структура потока оказывает на путевое развитие парка приема. Путевое развитие парка отправления в меньшей степени зависит от структуры потока по сравнению с парком приема и РЭД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ОАО «РЖД» : офиц. сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://company.rzd.ru/ru/9377#pass>. – Дата доступа : 95.11.2021.

2 *Каширцева, Т. И.* Система критериев оптимизации технико-технологической структуры ПТС / Т. И. Каширцева // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб науч. тр. / под общ. ред. А. К. Головнича. – Гомель : БелГУТ, 2017. – С. 28–33.

3 *Правдин, Н. В.* Оценка и определение оптимальных технико-технологических параметров ПТС / Н. В. Правдин, Т. И. Каширцева // ВИНТИ Транспорт. Наука, техника, управление. – 2003. – № 1. – С. 17–19.

4 *Каширцева, Т. И.* Выбор рационального соотношения объемов работы и технического оснащения ПТС : дис. ... канд. техн. наук / Т. И. Каширцева. – М. : МИИТ, 2002. – 245 с.

T. I. KASHIRTSEVA

INFLUENCE OF STRUCTURE TRAIN FLOWS ON PARAMETERS OF PASSENGER TECHNICAL STATIONS

The article considers the influence the flow structure of processed passenger train trains on the technical and technological parameters of passenger technical stations (PTS). The results of calculations the values criteria for optimization of technical and technological parameters, technical equipment and technology of operation PTS and technical parks of passenger stations.

Получено 09.11.2021

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021**

УДК 656.232.2 : 629.4.05

Н. А. КЕКИШ, М. А. СКУМИНА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
natalia.kekish@gmail.com, maragnchr@gmail.com*

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОРОЖНИМИ ВАГОНОПОТОКАМИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ СТРУКТУРЫ ВАГОННОГО ПАРКА ПО СОБСТВЕННОСТИ И С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО ЗАГРУЗКЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Рассматриваются недостатки существующих подходов к планированию и организации перемещения порожних вагонопотоков. Предлагается комплексная система управления порожними вагонопотоками, которая в отличие от существующих допускает различные варианты включения определенной доли парка частных вагонов в централизованную регулировку. В ней реализованы механизмы динамического съема информации о загрузке инфраструктуры по выделенным контрольным точкам. Основой достигаемого системного эффекта является ускорение оборота вагонов и повышение эффективности их использования.

В развитии железных дорог постсоветского пространства давно наступил этап реформирования технологии перевозок, ориентированной на нужды плановой экономики в направлении клиентоориентированности и предоставления услуг субъектами перевозочного процесса на конкурентной основе. Значительные изменения в ближайшем будущем ожидают и Белорусскую железную дорогу в части организации процесса поездообразования, планирования перевозок и т. д. Одним из наиболее актуальных вопросов изменения существующей технологии перевозок является распределение перевозочных ресурсов. В условиях ежегодного увеличения доли частных вагонов и уменьшения доли вагонов инвентарного парка при сохранении существующих принципов управления порожними вагонопотоками возникает риск перегрузки инфраструктуры и технологического дефицита вагонов вследствие неэффективного и разрозненного управления отдельными владельцами подвижного состава. Опыт ОАО «РЖД» показы-

вает, что поиск решения данного вопроса необходим заблаговременно, до возникновения проблем с дефицитом инфраструктуры и убытками транспортных компаний, а это отражается в конечном итоге на качестве предоставляемых грузовладельцам услуг.

Целью настоящего исследования является формирование системы распределения перевозочных ресурсов для различных вариантов структуры вагонного парка по собственности (различной доли частных вагонов в общем парке) с учетом ограничений по загрузке инфраструктуры, связанных, в том числе, и с изменениями точности прогноза мощности и направления движения корреспонденций порожних вагонопотоков при планировании.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ существующих подходов к управлению парком порожних вагонов различных собственников;
- формулировка основных принципов предлагаемой авторами методики управления порожними вагонопотоками с учетом ограничения по загрузке инфраструктуры;
- разработка алгоритма поиска вагонов по заявкам на перевозку грузов, определение перечня и источника получения исходных данных для поиска;
- выбор контрольных точек планирования и съема информации о фактической загрузке инфраструктуры в предлагаемой методике.

Анализ существующих подходов к управлению парком порожних вагонов разных собственников необходим для выявления закономерностей, связанных именно со структурой вагонного парка, и выявления тех позитивных сторон каждого подхода, которые в определенном сочетании могли бы стать основой новой системы.

Подходы к управлению парком порожних вагонов включают в себя организационные механизмы взаимодействия собственников вагонов и перевозчика, а также математические методы по определению оптимальных вариантов регулировки порожних вагонов.

Наиболее известными математическими методами, используемыми для решения задачи распределения порожних вагонов под погрузку, являются задача целочисленного линейного программирования [1, 2] и динамическая транспортная задача с задержками [3]. Главным недостатком перечисленных методов является невозможность их корректного применения при нерегулярности и неравномерности потоков, так как данные условия создают ограничения по длительности периодов планирования [4].

Существующие подходы к управлению парком порожних вагонов по организационному механизму взаимодействия приведены в таблице 1.

Таблица сравнения способов управления парком порожних вагонов позволяет сделать выводы о том, что результативность каждого конкретного подхода определяется правильностью выбранных критериев оптимизации процесса перемещения порожних вагонов, включая прибыльность для владельцев подвижного состава, параметры использования инфраструктуры, а главное, качество услуг по перевозке грузов. Формирование нового подхода

к управлению парком порожних вагонов возможно при установлении компромисса между строго централизованным управлением вагонами одним оператором с риском возврата к монополии и неконтролируемым перемещением вагонов отдельных собственников, но с риском технологического дефицита вагонов и неэффективного использования вагонного парка.

Дополнительным фактором, который должна учитывать новая система управления порожними вагонами, является дифференциация подходов в зависимости от прогнозируемости перевозки конкретных грузов.

Таблица 1 – Существующие подходы к управлению парком порожних вагонов по организационному механизму взаимодействия перевозчика и владельца подвижного состава

Вид управления парком порожних вагонов	Субъект управления	Договорные отношения между субъектом управления и владельцем ПС	Преимущества	Недостатки
Координация парка порожних вагонов частной управляющей компанией [5]	Хозрасчетная, самокупаемая компания на средства отчислений владельцев подвижного состава	Фьючерсные контракты (страхование валютных рисков для покупателя)	Ускорение оборота вагонов; уменьшение порожнего пробега; оптимизация перевозочного процесса; охват всех заявок на перевозку	Отсутствие контроля за активами у собственников подвижного состава
Технологический аутсорсинг [6]	Перевозчик	Передача перевозчику оперирования обезличенным вагонным парком	Сокращение порожнего пробега вагонов	Риск снижения ставки для собственников вагонов; риск возврата к монополии
Консолидация парка порожних вагонов [5]	Крупный оператор подвижного состава	Сохранение функции контроля за использованием вагонов собственниками	Сохранение условий конкуренции на рынке	Риск незначительного уменьшения порожних пробегов; риск перегрузки инфраструктуры

Полный логистический аутсорсинг [5]	Отдельные операторы ПС	Заключение договора на комплексное обслуживание с промышленным предприятием	Ускорение оборота вагонов для устойчивых вагонопотоков конкретного оператора подвижного состава	Риск несоответствия методики для непрогнозируемых и неравномерных вагонопотоков; отсутствие системного эффекта использования инфраструктуры
Управление по агентским договорам подразделением монополии [7]	ЦФТО РЖД	Договор аренды	Возможность системного управления парком порожних полувагонов и снижения загрузки инфраструктуры	Убытки владельцев вагонов; возникновение технологического дефицита вагонов; рост порожнего пробега
Парк вагонов собственных привлеченных [7, 8]	ОАО «РЖД»	Временное привлечение к управлению	Снижение порожнего пробега вагонов	Неконкурентоспособность собственников вагонов, привлеченных в парк, по сравнению с другими собственниками; падение рыночных ставок операторов

Авторами предлагается сохранение существующего централизованного диспетчерского управления перемещением порожних вагонопотоков владельцем инфраструктуры, но с возможностью выбора владельцем подвижного состава степени его участия в централизованном управлении вагонным парком. Предлагаются следующие варианты.

1 Самостоятельная регулировка парка порожних вагонов владельцем подвижного состава и планирование перемещения данных вагонов владельцем инфраструктуры на основе указаний в перевозочных документах (существующий вариант регулировки).

2 Единовременная передача владельцу инфраструктуры прав поиска обратной загрузки по маршруту перемещения порожнего вагона до станции погрузки на основе данных заявок других грузовладельцев.

3 Передача владельцу инфраструктуры прав поиска заявок на перевозку грузов в вагоне владельца в течение фиксированного периода времени / до отмены с разрешением выезда за пределы железнодорожной администрации без разрешения выезда за пределы железнодорожной администрации.

Таким образом, предлагаемая система управления парком порожних вагонов позволяет сочетать сохранение конкурентной среды на рынке железнодорожных грузовых перевозок и централизованный подход к координации вагонопотоков с возможностью получения системного эффекта.

Порядок планирования перемещения разных типов порожних вагонопотоков с указанием периодов прогнозирования их перемещения и первичных источников информации в предлагаемой авторами системе управления с сохранением существующей системы согласования заявок на перевозку представлен на рисунке 1. Предлагаемая авторами система распределения перевозочных ресурсов базируется на существующей системе планирования на Белорусской железной дороге и направлена на использование потенциала действующих информационно-управляющих систем.

В существующей системе сменно-суточного планирования на Белорусской железной дороге пономерной поиск вагонов под погрузку осуществляется за 1–2 суток до предполагаемой погрузки по согласованным основным и дополнительным заявкам на перевозку грузов формы ГУ-12. Часть заявок на перевозку грузов уже обеспечена подвижным составом за счет использования собственных вагонов или вагонов экспедиторов (в официальной терминологии Белорусской железной дороги грузоотправителей / грузополучателей), а остальные обеспечиваются вагонами инвентарного парка.

В предлагаемой системе собственники вагонов, которые отказались от участия в централизованной регулировке вагонов, самостоятельно принимают решение о направлениях их следования и реализуют поиск грузов для перевозки.

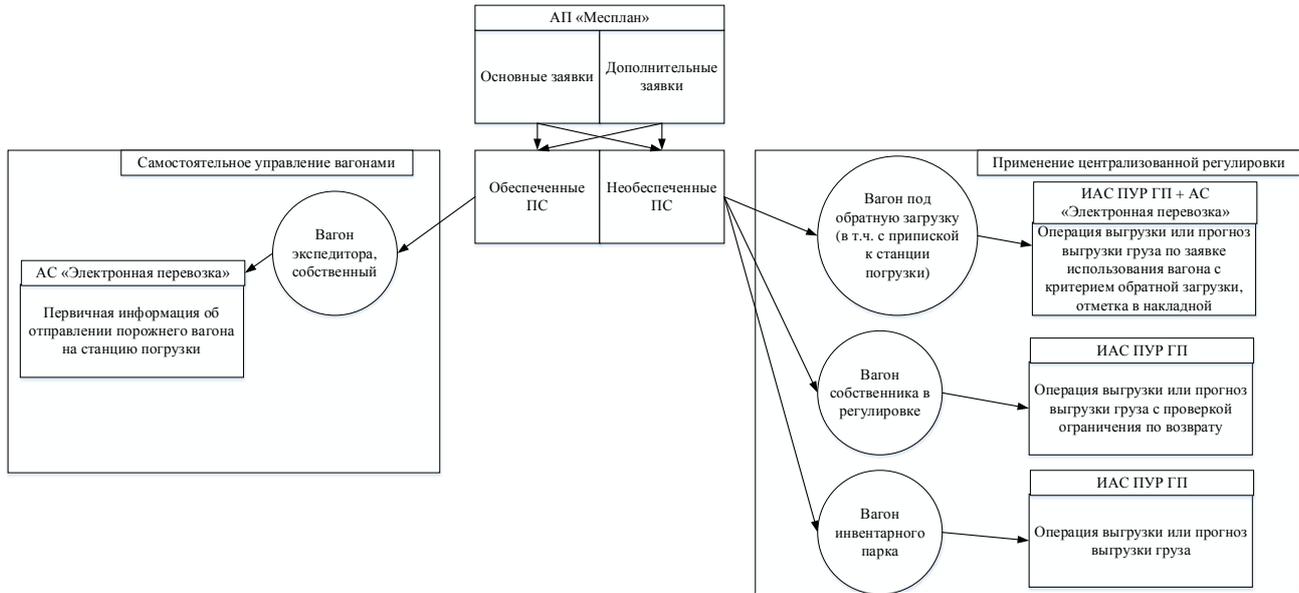


Рисунок 1 – Порядок планирования перемещения порожних вагонопотоков в предлагаемой системе управления

Для владельца инфраструктуры перемещение таких порожних вагонопотоков не прогнозируется, а информация о маршруте перемещения конкретного вагона становится известна только в момент оформления комплекта перевозочных документов на порожний вагон в АС «Электронная перевозка» с указанием станции назначения.

При такой организации обеспечения заявки подвижным составом отпадает необходимость в длительном периоде её согласования, так как поиск подвижного состава в этом случае не является обязанностью перевозчика, а информация заявки нужна только для прогнозирования мощности загрузки инфраструктуры. В случае изменения технологии планирования перевозок и системы подачи заявок возможна реализация следующего варианта согласования подобных заявок: при оформлении документов на порожний вагон собственника известна станция следующей погрузки, соответственно, оформление накладной на порожний вагон для следования на станцию погрузки может запускать механизм автоматического согласования заявки на перевозку груза с указанием дополнительно необходимой информации.

Второй вариант привязки порожних вагонов к заявке предполагает применение полной или частичной регулировки вагонов разных собственников перевозчиком или оператором инфраструктуры. Передача собственником вагона перевозчику права поиска обратной загрузки при перемещении порожнего вагона после выгрузки на станцию приписки или станцию следующей погрузки позволяет прогнозировать перемещение этого порожнего вагона только по факту выгрузки вагона или прогноза его выгрузки. Обмен информацией в данном случае реализуется следующим образом: при выгрузке вагона грузополучатель оформляет перевозочные документы на порожний вагон в АС «Электронная перевозка», указывая при этом станцию назначения по заявлению собственника или станцию приписки/срочного возврата. При перемещении порожнего вагона после выгрузки на станцию срочного возврата/приписки перемещение таких вагонопотоков прогнозируется с момента погрузки груза в вагон и оформления на груженный вагон накладной в АС «Электронная перевозка», а далее прогноз основывается на оперативных данных о дислокации вагона в системе ИАС ПУР ГП.

В случае перемещения порожнего вагона после выгрузки на станцию погрузки по указанию собственника направление дальнейшего следования вагона известно только по факту оформления накладной на порожний вагон в АС «Электронная перевозка». Таким образом, при наличии станции приписки владелец вагона может передавать перевозчику право поиска обратной загрузки сразу после опрвления груженого вагона, а при произвольной регулировке владельцем вагона – по факту оформления перевозочных документов на этот вагон после выгрузки. Технологически передача права поиска обратной загрузки может быть реализована как проставление соответствующей отметки в перевозочном документе.

Часть собственных вагонов, предоставленных перевозчику для регулировки на период или до отмены, используются под погрузку грузов по заявкам, не обеспеченных подвижным составом. При этом маршрут перемещения порожних вагонов планируется перевозчиком по факту выгрузки или основываясь на прогнозе выгрузки (информация содержится в системе ИАС ПУР ГП), важным условием подбора погрузки для вагона собственника является проверка критерия срока возврата: при истечении периода предоставления вагона в регулировку осуществляется его перемещение в порожнем состоянии на станцию возврата, указанную владельцем вагона, или с реализацией груженого рейса в попутном направлении следования вагона при наличии достаточного времени.

Управление инвентарным парком вагонов перевозчика реализуется посредством централизованной регулировки на основе прогнозируемых данных о выгрузке вагонов или предстоящей выгрузке из системы ИАС ПУР ГП.

Таким образом, владельцам вагонов предоставляется выбор: реализовывать самостоятельное управление вагонным парком или определять степень своего участия в централизованной регулировке вагонов. Этот подход является очень гибким, позволяя сочетать эффективность централизованного управления с соблюдением прав собственников подвижного состава.

Предложенная авторами система распределения перевозочных ресурсов позволит изменить существующую технологию согласования заявок и планирования загрузки инфраструктуры. Сроки подачи заявок на перевозку грузов и интервалы планирования перевозочного процесса зависят от прогнозируемости отдельных вагонопотоков. Прогнозируемость потоков при реализации предложенной авторами методики представлена в таблице 2.

Таким образом, согласно таблице 2 перемещение порожних вагонопотоков прогнозируется при наступлении следующих событий:

- для вагонов, регулируемых собственниками – в момент оформления перевозочных документов на перемещение порожнего вагона;
- для вагонов собственников с обратной загрузкой – в момент оформления документов на перемещения порожнего вагона с пометкой поиска обратной загрузки (фактически информирование перевозчика о предоставлении вагона для однократной регулировки с закрепленным маршрутом);
- для вагонов собственников в регулировке – в момент привязки порожнего вагона к заявке на перевозку груза;
- для вагонов инвентарного парка – в момент привязки порожнего вагона к заявке на перевозку груза.

Прогнозирование перемещения груженых вагонопотоков в соответствии с существующей системой планирования может быть реализовано до начала месяца перевозок, документальное основание для прогноза – график подачи вагонов, составляемый на декаду.

Таблица 2 – Прогнозируемость перемещения вагонопотоков при реализации предложенной авторами системы распределения перевозочных ресурсов

Тип заявки на перевозку	Груженный рейс	Порожний рейс	Период прогноза груженого рейса	Период точного прогноза порожнего рейса	Величина порожнего пробега
Обеспеченная собственными вагонами	Согласно заявке на перевозку	Со станции выгрузки до станции погрузки	В пределах заявки на перевозку, оформление документов на погрузку	Оформление комплекта документов на порожний вагон	$T_{п} - T_{в}$
Обеспечение обратной загрузки после выгрузки	Поиск подходящей заявки на перевозку груза	Со станции выгрузки до станции попутной погрузки и от станции попутной выгрузки до станции погрузки	В момент привязки порожнего вагона к заявке на попутную погрузку после выгрузки или в процессе выгрузки.	Оформление документов на перевозку груза при срочном возврате или оформление документов на перемещение порожнего вагона	$T_{п} - T_{в} - (T_{пп} - T_{пв})$
При регулировке вагонов на период	Поиск подходящей заявки на перевозку груза	Со станции выгрузки до станции погрузки по критерию минимума расстояния	В пределах заявки на перевозку в момент привязки порожнего вагона к заявке	Привязка заявки	$\min(T_{п} - T_{в})$
Инвентарный парк	Поиск подходящей заявки на перевозку груза	Со станции выгрузки до станции погрузки по критерию минимума расстояния	В пределах заявки на перевозку в момент привязки порожнего вагона к заявке	Привязка заявки	$\min(T_{п} - T_{в})$
Примечание – $T_{п}$ – момент погрузки; $T_{в}$ – момент выгрузки; $T_{пп}$ – момент попутной погрузки; $T_{пв}$ – момент попутной выгрузки.					

Другим вариантом получения прогнозных данных может быть сбор информации по погрузке каждого груза конкретного грузоотправителя в предыдущие периоды и расчет неравномерности погрузки в течение месяца посредством интеллектуального анализа данных. В предлагаемой методике по прогнозируемым объемам перевозок грузов, согласованных основными заявками, формируется ядро перевозок на каждые сутки с учетом возможной неравномерности, осуществляется выделение доли пропускной способности инфраструктуры для пула срочных или «коротких» заявок. Перевозки грузов по дополнительным заявкам являются непрогнозируемыми или слабо прогнозируемыми и подаются по факту возникновения спроса на поставку товара.

Информация о перемещении порожних вагонопотоков согласно таблице 2 становится доступной за 1–2 суток (и менее) до фактического отправления их в составе поезда. Соответственно, исходя из вышесказанного, авторами предлагается следующий алгоритм планирования загрузки инфраструктуры:

- на каждые сутки устанавливается ядро перевозок по основным заявкам;
- на 1–2 суток планируется перемещение порожних вагонопотоков;
- реализация регулировки вагонов, а именно подбор порожних вагонов под основную заявку на перевозку груза, определение доли загрузки инфраструктуры для перемещения вагонов к месту погрузки;
- реализация регулировки вагонов по привязке к дополнительным заявкам в порядке их подачи с учетом оставшейся загрузки инфраструктуры.

Контрольные точки планирования и съема информации о загрузке инфраструктуры представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Контрольные точки планирования и съема информации о фактической загрузке инфраструктуры

Параметр	Контрольные точки
Информация из формы ГУ-12 (дополнительные заявки)	Оставшийся резерв пропускной способности
Отправление порожних вагонов собственников по комплекту перевозочных документов	Пропускная способность на объемы перевозок порожних вагонов
Прибытие вагонов на станцию выгрузки/прогноз прибытия в регулировку	
Отправление груженых вагонов с обратной погрузкой	
Информация из формы ГУ-12 (основные заявки)	Пропускная способность на объемы перевозок по месячным заявкам

Планирование загрузки инфраструктуры предполагает наличие ограничений:

- по количеству перевозимых за сутки составов поездов по ниткам графика (общее количество перевозимых вагонов по направлениям плана формирования в течение суток);

- по перерабатывающей способности станций (по вместимости парков – количество вагонов, одновременно находящихся в парках станции, по перерабатывающей способности сортировочных устройств);

- по пропускной способности пунктов перехода (количество составов, пропускаемых за сутки в прямом и обратном направлениях);

- по вместимости путей, выделенных для простоя порожнего подвижного состава.

Возможные варианты взаиморасчетов владельца вагона и перевозчика за использование вагонов в централизованной системе регулировки описаны в статье [9].

Перечисленные ограничения загрузки инфраструктуры зависят от следующих параметров, устанавливаемых статистически из системы ИАС ПУР ПП:

- технологическое время нахождения вагонов различных категорий, направлений и назначений в пределах станции и её элементов (включая межоперационные перерывы; с выделением времени накопления составов и групп вагонов);

- ограничения на размеры транспортных потоков (грузов, вагонов и поездов) и их дифференциацию по назначениям, диктуемые техническим развитием станции и ее элементов (допустимые размеры переработки и число назначений по станциям, допустимые размеры движения по участкам, допустимые размеры отправления и прибытия отправительских маршрутов).

Таким образом, предлагаемая методика планирования загрузки инфраструктуры позволит сократить оборот вагона и, как следствие, потребность в инфраструктуре, повысить эффективность использования вагонов. В отличие от существующих подходов к управлению парком порожних вагонов предлагаемая методика дает возможность использовать резерв парка частных вагонов для обеспечения погрузки, сократить период планирования, что является крайне важным для увеличения объемов перевозок за счет грузоотправителей мелких и средних партий с нестабильными размерами грузопотока. Более эффективное управление вагонным парком собственников является взаимовыгодным для перевозчика, владельцев вагонов, грузовладельцев, поскольку выступает как инструмент снижения себестоимости перевозок за счет сокращения простоя и порожнего пробега и связанных инфраструктурных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Тишкин, Е. М. Информационно-управляющие технологии эксплуатации вагонного парка / Е. М. Тишкин // Труды ВНИИАС. – Вып. 4. – М. : ВНИИАС. – 2005. – 188 с.

2 Шенфельд, К. П. Развитие методов управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте в современных условиях / К. П. Шенфельд, Е. А. Сотников. – М. : Научный мир, 2015. – 202 с.

3 Козлов, П. А. Модель оптимизации управления парками вагонов разных собственников / П. А. Козлов, И. П. Владимирская, Н. А. Тушин // Вестник РГУПС. – № 3. – 2010. – С. 93–98.

4 Мишкурлов, П. Н. Динамическая оптимизация параметров вагонопотоков в промышленных транспортных системах : дис. ... канд. техн. наук / П. Н. Мишкурлов. – Магнитогорск, 2016. – 168 с.

5 Годовальый, К. А. Технологический аутсорсинг как инструмент развития рынка операторских компаний / К. А. Годовальый, М. В. Колесников // Известия Транссиба. – 2020. – № 3(43). – С. 97–106.

6 Кубрак, Н. А. Экономическая оценка консолидации парка грузовых вагонов : дис. ... канд. экон. наук / Н. А. Кубрак. – Новосибирск, 2017. – 180 с.

Хусаинов, Ф. И. Реформа железнодорожной отрасли: проблемы незавершенной либерализации. Аналитический доклад для Экспертного института Национального исследовательского университета / Ф. И. Хусаинов. – М. : Высшая школа экономики, 2014. – 180 с.

7 Писаревский, Г. Е. Принципы формирования консолидированного парка грузовых вагонов и методы экономической оценки эффективности его работы / Г. Е. Писаревский, П. Б. Маневич, Н. М. Ломакина // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 10. – С. 68–73.

8 Кекиш, Н. А. Совершенствование информационного обеспечения планирования перевозок для реализации интегрированной системы организации порожних вагонопотоков с учетом принадлежности подвижного состава / Н. А. Кекиш, М. А. Гончар // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – № 2 (41). – 2020. – С. 94–98.

N. A. KEKISH, M. A. SKUMINA

INTEGRATED EMPTY CAR FLOWS MANAGEMENT SYSTEM FOR VARIOUS STRUCTURAL VARIANTS OF THE WAGON FLEET BY OWNERSHIP GIVEN INFRASTRUCTURE LOADING RESTRICTIONS

The article discusses the shortcomings of existing approaches to planning and organizing the relocation of empty cars. The proposed comprehensive system for the management of empty cars, unlike the existing ones, provides a range of options for including a certain percentage of the private wagon fleet in central regulation. It implements mechanisms for the dynamic information retrieval about infrastructure loading from assigned control points. The achieved system effect is based on more rapid cars turnaround and improving their use.

Получено 28.10.2021

УДК 656.212.5

А. А. КЛИМОВ

*Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск
aklimov@ngs.ru*

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ВАГОНПОТОКОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Рассмотрен процесс переработки вагонопотоков на сортировочных горках с точки зрения обеспечения безопасности маневровой работы. Приведены причины возникновения случаев нарушения скоростного режима скатывания отцепов с горки в современных условиях. Определены возможные нарушения безопасности процесса переработки вагонопотоков на надвижной, перевальной, спускной частях горки и в сортировочном парке в зависимости от конструктивных параметров каждого элемента сортировочного комплекса. Установлены критерии оценки влияния конструктивных параметров горки на безопасность сортировочного процесса. Приведены результаты имитационного моделирования прохода сцепа вагонов через горб горки, скатывания отцепов, в том числе состоящих из инновационных вагонов, по спускной части горки, заполнения путей сортировочного парка. Указаны принципиальные характеристики конструктивных параметров элементов сортировочного комплекса и другие факторы, которые могут привести к возникновению случаев нарушения безопасности сортировочного процесса.

Статистические данные по обеспечению безопасности маневровой работы на общей сети железных дорог в Российской Федерации показывают, что наибольшее число случаев нарушения безопасности движения в хозяйстве перевозок связано с производством сортировочной работы. По-прежнему наибольшее количество столкновений подвижного состава по вине работников хозяйства перевозок, в том числе с повреждением вагонов и находящихся в них грузов, фиксируются при производстве маневровой работы на сортировочных горках.

В ОАО «РЖД» реализована программа механизации и автоматизации сортировочных горок, в результате которой произведена модернизация технического оснащения и автоматизация сортировочных горок основных технических станций сети. Это позволило существенно снизить влияние человеческого фактора на процесс роспуска составов и повысить уровень безопасности сортировочного процесса в целом. Однако случаи нарушения безопасности маневровой работы при расформировании составов на сортировочных горках и вытяжных путях встречаются и в современных условиях эксплуатации.

Возникающие случаи соударения вагонов при роспуске, в том числе с повышенными скоростями, в основном являются следствием нарушения скоростного режима скатывания отцепов на отдельных участках маршрута следования, а для автоматизированных сортировочных горок – следствием отклонения от расчетных фазовых траекторий скатывания отцепов, которые не могут быть откорректированы за счет использования адаптивных элементов системы горочной автоматики.

Причины возникновения случаев нарушения скоростного режима скатывания отцепов можно сгруппировать по следующим направлениям:

1) конструктивные параметры продольного профиля сортировочной горки и путей сортировочного парка, в том числе:

– отклонение фактического продольного профиля от проектного, возникающие, как правило, в процессе эксплуатации между периодами выполнения ремонтных работ и выправки профиля;

– полное или частичное несоответствие проектного продольного профиля правилам и нормам проектирования, что также может встречаться при расположении станции в трудных местных условиях, при которых решение задачи приведения конструктивных параметров продольного профиля горки в соответствие нормативным требованиям связано со значительными затратами;

2) технические средства регулирования скорости скатывания отцепов, включающие различные устройства горочной механизации и системы горочной автоматики. Существенное влияние на эффективность процесса торможения отцепов при скатывании с горки оказывают:

– несвоевременность технического обслуживания средств механизации, что может приводить к появлению случаев значительного отклонения величины тормозного эффекта от расчетного, заложенного в системе горочной автоматики с последующим нарушением скоростного режима скатывания отцепов;

– условия внешней среды местности расположения станции. Так, на многих сортировочных горках регламентирован порядок торможения отцепов в определенные периоды суток, например, с 5 до 7 часов утра в летний период, когда образуется роса, или при дожде, что приводит к снижению тормозного эффекта;

– загрязненность боковых поверхностей колес, что часто встречается на сортировочных станциях, обслуживающих пункты налива-слива нефтепродуктов, когда на горку попадают отцепы с «замазутченными» колесными парами, при торможении которых тормозной эффект значительно снижается;

3) современная структура перерабатываемого вагонопотока, в том числе:

– смена преобладающего направления грузопотоков (практически все эксплуатируемые сортировочные горки были построены в советский период, а в настоящее время преимущественные направления следования груженых и порожних вагонов в основном изменились), в результате отдельные

горки, рассчитанные на переработку, например, порожних вагонопотоков в настоящее время перерабатывают преимущественно груженный вагонопоток, и наоборот;

- обновление вагонного парка и значительное усовершенствование конструкции вагонов, которое привело к снижению основного удельного сопротивления движению вагонов при скатывании с горки, от значения которого существенно зависят конструктивные и технологические параметры сортировочных комплексов;

- появление инновационных вагонов с повышенной осевой нагрузкой 25 и 27 т/ось, что требует пересмотра условий расчета конструктивных параметров продольного профиля горок и их технических средств (в настоящее время продолжают исследования по определению целесообразности дальнейшего повышения осевых нагрузок вагонов);

- разработка конструкций вагонов новых типов: восьмиосных; инновационных; вагонов сочлененного типа; имеющих особенности прохождения отдельных элементов сортировочной горки, учет которых необходимо производить на стадии расчета проектного продольного профиля, а также при разработке плана горочной горловины;

4) человеческий фактор, особенно на неавтоматизированных сортировочных горках, влияние которого также имеет свои особенности для работы:

- оперативного персонала, работающего на горочных постах;

- маневровых бригад (машинистов маневровых локомотивов и составителей поездов);

- регулировщиков скорости движения вагонов;

5) метеорологические условия местности расположения сортировочной горки, в том числе:

- ветровые нагрузки, особенно часто сменяющиеся по направлению воздействия порывы ветра, имеющие вероятностный и малопрогнозируемый характер, которые оказывают значительное влияние на итоговую скорость скатывания конкретного отцепа;

- направления преимущественных ветров, которые в совокупности с наличием высоких скоростей или порывов ветра могут приводить к разгону отцепов или их остановке и последующего движения в обратном направлении, например, в сортировочном парке (такие случаи могут привести к наиболее тяжелым по последствиям нарушениям безопасности сортировочного процесса на станции);

- температура наружного воздуха, полярные экстремумы которой имеют различный характер воздействия на процесс роспуска (например, при аномально высоких температурах возникают сложности при отрыве отцепов от составов и повышается вероятность нерасцепа вагонов; при экстремально низких температурах критичными являются динамические нагрузки, при которых существенно возрастает вероятность повреждения вагонов при соударении).

Указанные причины нарушения скоростного режима скатывания отцепов с горки и поиск вариантов решений по минимизации возможных последствий их негативного влияния требуют более глубоких исследований по каждому обозначенному направлению.

В таблице 1 представлены конструктивные параметры продольного профиля сортировочной горки и путей сортировочного парка, которые целесообразно рассматривать системно, в масштабе всего сортировочного комплекса при исследовании процесса переработки вагонопотоков.

Таблица 1 – Характеристика конструктивных параметров продольного профиля элементов сортировочного комплекса

Элемент сортировочного комплекса	Эксплуатационные требования к продольному профилю элемента	Конструктивные особенности элемента	Возможные нарушения безопасности процесса или затруднения при эксплуатации
Надвижная часть горки	Бесперебойный надвиг составов с минимальными интервалами между ними	Наличие противоклона у вершины горки со стороны парка приема для удобства расцепки вагонов; ограничения по уклонам, проверяемые на возможность трогания с места полновесного состава после остановки у вершины горки	Невозможность трогания полновесного состава после остановки, из-за чего при надвиге могут использоваться электровозы, что приводит к необходимости специализации горочных локомотивов и снижению показателей эффективности их использования
Перевальная часть горки	Гарантированное разъединение отцепов в месте расцепки и образование начального пространственно-временного интервала между смежными отцепами	Жесткое нормирование минимальных и максимальных значений радиусов вертикальных кривых надвижной ($R_{\text{надв}}$) и спускной ($R_{\text{спуск}}$) частей. Выполнение условия $R_{\text{надв}} \geq R_{\text{спуск}}$ с целью создания благоприятных условий отрыва и разгона отцепов	Саморасцепы вагонов внутри многовагонного отцепа; повреждение автосцепных устройств; нерасцепы вагонов в месте расцепки, возникающие вследствие следующих основных причин: – несоответствие конструкции перевальной части нормативным требованиям; – неподход центров осей автосцепок вагонов более чем на 100 мм

Продолжение таблицы 1

Элемент сортировочного комплекса	Эксплуатационные требования к продольному профилю элемента	Конструктивные особенности элемента	Возможные нарушения безопасности процесса или затруднения при эксплуатации
Спускная часть горки	Обеспечение заданных пространственно-временных интервалов между смежными отцепами на отдельных элементах. Динамичное скатывание отцепов и обеспечение максимальной перерабатывающей способности сортировочной горки в целом	Вогнутое очертание продольного профиля, нормирование длин и уклонов элементов профиля для обеспечения плавности скатывания отцепов и минимизации дополнительных потерь энергии их движения	<p>Остановки отцепов, нагоны одного отцепа другим (в том числе с соударением вагонов с повышенной скоростью).</p> <p>Нарушения программы роспуска и появление «чужаков». Выдавливание вагонов на тормозных позициях и их последующий сход. Зацентрирование осей автосцепок при нагоне вагонов в пределах критических малого радиуса</p>
Сортировочный парк до противуклона	Заполнение путей накопления с минимальным количеством осаживаний и исключением случаев соударения вагонов с повышенной скоростью	Ускоряющий уклон сортировочного пути (0,6 %) в направлении скатывания вагонов для обеспечения заполнения путей без образования пространственных промежутков между вагонами или с минимальным количеством и длиной «окон»	<p>Как правило, отсутствие средств регулирования скорости движения отцепов после парковой тормозной позиции.</p> <p>Ограниченная длина зоны качественного прицельного торможения, в результате чего увеличивается вероятность образования «окон» или соударения вагонов с повышенной скоростью. Наличие участков путей с противуклонами способствует движению вагонов в обратном направлении, что увеличивает вероятность повреждения подвижного состава и находящихся в них грузов</p>

Окончание таблицы 1

Элемент сортировочного комплекса	Эксплуатационные требования к продольному профилю элемента	Конструктивные особенности элемента	Возможные нарушения безопасности процесса или затруднения при эксплуатации
Выходная часть сортировочного парка (противоуклон)	Исключение возможности выхода отцепов или накапливаемой группы вагонов (состава) за пределы полезной длины путей сортировочного парка	Наличие противоуклона крутизной 2 ‰ и длиной 100 м в выходной части сортировочного пути	Отсутствие противоуклона или не соответствие его параметров нормативным требованиям повышает вероятность выхода отцепов или накапливаемой группы вагонов за пределы полезной длины. Наличие противоуклона большей протяженности или с большим значением уклона будет способствовать движению вагонов в обратном направлении навстречу очередным отцепам

Анализ причин и характеристика возможных последствий возникновения случаев нарушения безопасности сортировочного процесса при частичном или полном несоответствии конструктивных параметров продольного профиля нормативным требованиям выполнен для каждого элемента сортировочного комплекса, приведенного в таблице 1.

1 Надвижная и перевальная части горки. Условная граница надвижной и спускной частей горок устанавливается на вершине горки – в точке сопряжения радиусов вертикальных кривых $R_{\text{надв}}$ и $R_{\text{спуск}}$. Конструктивные параметры перевальной части горки включают очертание горба горки по вертикальным кривым со стороны надвижной и спускной частей на всём их протяжении. Устанавливаемые значения длин тангенсов вертикальных кривых зависят от крутизны уклонов смежных элементов продольного профиля надвижной и спускной частей $i_{\text{надв}}$, $i_{\text{спуск}}$ и радиусов в допустимом диапазоне. Следовательно, границы и длина перевальной части горки устанавливаются индивидуально для каждой сортировочной горки с учетом значений следующих конструктивных параметров:

$$f_{\text{пер}} = \{i_{\text{надв}}, R_{\text{надв}}, i_{\text{спуск}}, R_{\text{спуск}}\}. \quad (1)$$

Принципиальная схема для определения границ перевальной части горки приведена на рисунке 1.

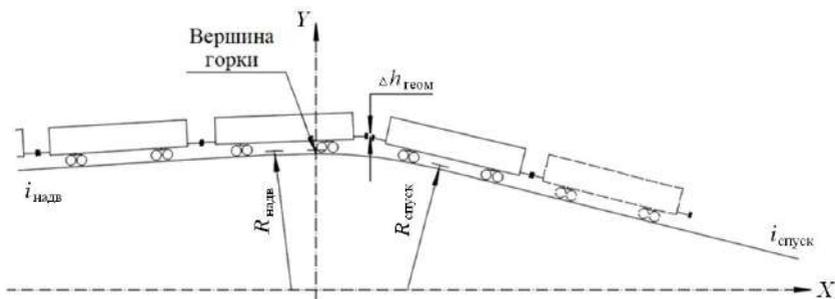


Рисунок 1 – Схема для определения границ перевальной части сортировочной горки

С точки зрения обеспечения безопасности сортировочного процесса параметры подвижной и перевальной частей горки следует рассматривать совместно с прилегающими прямолинейными участками подвижной и спускной частей. Выполненное имитационное моделирование процесса прохождения отцепов через горб сортировочной горки показало, что основным критерием, характеризующим проход сцепленных вагонов через горб горки без появления случаев саморасцепа или нерасцепа вагонов, а также повреждения их автосцепных устройств, является величина дополнительного вертикального смещения центров взаимодействующих автосцепок $\Delta h_{\text{геом}}$ (см. рисунок 1), [1]. Указанный критерий зависит от конфигурации продольного профиля перевальной части горки и прилегающих к ней элементов, а также наличия и величины местных искажений профиля, образующихся в процессе эксплуатации. Оценку влияния конструктивных параметров перевальной части горки на безопасность сортировочного процесса целесообразно выполнять по критериям, приведенным в таблице 2.

Приведенные в таблице 2 формулы можно использовать для расчета вероятностей возникновения как саморасцепов, так и нерасцепов вагонов, так как совмещение указанных явлений на одном горбе горки практически не встречается в силу различной полярности значений радиусов вертикальных кривых (в области допустимых значений), способствующих возникновению указанных событий.

2 Спускная часть горки. В настоящее время это наиболее исследованный конструктивный элемент сортировочного комплекса. С точки зрения обеспечения безопасности сортировочного процесса условия пропуска отцепопотока по спускной части являются наиболее сложными, так как именно на этом элементе реализуются максимальные скорости скатывания отцепов. Причины возникающих здесь нарушений безопасности роспуска в основном связаны с ошибками оперативного персонала или отказами технических средств.

Таблица 2 – Критерии оценки влияния конструктивных параметров перевальной части горки на безопасность сортировочного процесса

Условное обозначение	Критерий	Характеристика
$P_1^{пч}$	Вероятность возникновения случаев саморасцепа вагонов	Определяется на основании моделирования процесса прохождения отцепов через горб горки или по формуле* $P_1^{пч} = \frac{O_{факт} - O_{расч}}{O_{расч}}$
$P_2^{пч}$	Вероятность возникновения сверхнормативных нагрузок на автосцепные устройства вагонов	Определяется на основании моделирования процесса прохождения отцепов через горб горки и показывает долю перерабатываемого вагонопотока, у которого при прохождении горба горки возникают сверхнормативные нагрузки на автосцепные устройства из-за имеющихся отклонений конструкции продольного профиля
$P_3^{пч}$	Вероятность возникновения случаев нерасцепа вагонов	Определяется на основании моделирования процесса прохождения отцепов через горб горки или по формуле $P_3^{пч} = \frac{O_{расч} - O_{факт}}{O_{расч}}$
* $O_{расч}$, $O_{факт}$ – соответственно расчетное и фактическое число отцепов, проходящих через горб горки за исследуемый период.		

Влияние конструктивных параметров спускной части горки на безопасность процесса роспуска оценивается на стадии расчета потребных параметров продольного профиля, которые должны обеспечивать решение следующих задач при последующей эксплуатации:

Задача 1. Обеспечение потребной дальности пробега отцепов в сортировочный парк. Данная задача решается путем проверки докатывания расчетного бегуна (*ОП* – очень плохого, имеющего наихудшие ходовые свойства) до расчетной точки при скатывании по трудному пути горочной горловины в неблагоприятных условиях внешней среды. Указанная постановка задачи позволяет обеспечить при эксплуатации прохождения отцепами стрелочной зоны, предпаркового элемента продольного профиля и парковой тормозной позиции с исключением случаев остановки отцепов до выхода в сортировочный парк.

Задача 2. Проверка мощности тормозных средств. Высота горки и конструктивные параметры спускной части рассчитываются с учетом наличной мощности тормозных позиций, при этом проверка мощности тормозных средств производится для отцепа, имеющего наилучшие ходовые свойства (*ОХ-100* – очень хорошего расчетного бегуна массой 100 т). Проверка вы-

полняется при скатывании отцепа по легкому пути горочной горловины в расчетных благоприятных условиях внешней среды.

Задача 3. Обеспечение интервального регулирования скатывания отцепов. При решении данной задачи проверяется возможность образования требуемых пространственно-временных интервалов между последовательно скатывающимися отцепами расчетного сочетания по одному маршруту в пределах горочной горловины на соседние пути сортировочного парка.

Указанные задачи и методы их решения были разработаны для условий обращения на сети парка вагонов с осевой нагрузкой 23,5 т/ось. Для этих условий максимальная масса одиночного четырехосного вагона составляла 94 т и использование расчетного бегуна *ОХ-100* (массой 100 т) предусматривало наличие определенного резерва мощности тормозных средств. В современных условиях увеличивается доля инновационных вагонов с повышенной осевой нагрузкой, обращающихся на общей сети железных дорог, масса которых может превышать 100 т.

Очевидно, что современные вагоны имеют лучшие ходовые свойства, которые выражаются меньшим значением основного удельного сопротивления (w_0) движению вагона при скатывании с горки. Для определения числовых характеристик плотности распределения удельного сопротивления движению современных вагонов требуются дополнительные исследования. Минимальная граница данного вида сопротивления движению в последней редакции правил и норм проектирования сортировочных устройств установлена на уровне $w_0 = 0,5$ Н/кН, [2]. В качестве примера для оценки влияния конструктивных параметров спускной части горки использованы значения параметра w_0 на уровне 0,3 и 0,1 Н/кН.

Увеличение в структуре перерабатываемого вагонопотока доли современных вагонов, в том числе инновационных, будет способствовать увеличению дальности проследования отцепов и снижению вероятности возможной остановки отцепа до выхода с парковой тормозной позиции (задача 1).

При решении задачи 2 (скатывания вагонов с осевой нагрузкой 25 т/ось – массой 100 т) резерв мощности тормозных средств будет отсутствовать, а при наличии в перерабатываемом вагонопотоке инновационных вагонов с осевой нагрузкой 27 т/ось максимальная масса вагона составит 108 т, что превысит закладываемые в расчете параметры при решении задачи проверки мощности тормозных средств. Таким образом, на отдельных горках мощности тормозных средств может оказаться недостаточно, что приведет к увеличению вероятности возникновения нарушений безопасности сортировочного процесса на спускной части горки. Недостаточное торможение отдельных отцепов может приводить к нагонам, соударениям отцепов и повреждению вагонов и находящихся в них грузов.

Аналогичная ситуация может возникнуть при решении задачи интервального регулирования скатывания отцепов. При наличии в перерабатыва-

емом вагонопотоке инновационных вагонов увеличивается вероятность несоблюдения на разделительных элементах необходимых интервалов между отцепами вследствие того, что конструктивные параметры продольного профиля горки были рассчитаны без учета вагонов современного типа.

В качестве примера выполнено моделирование скатывания отцепов с различными характеристиками по спускной части горки средней мощности. Расчет траекторий скатывания отцепов выполнен методом имитационного моделирования в соответствии с вышеуказанными условиями решения соответствующих задач 1–3. Отцеп в данном случае представлен в виде шарнирно-осевой модели, перемещающейся по маршруту скатывания за счет результирующей силы F с шагом 1 см [3].

Кривые скорости скатывания отцепов при проверке мощности тормозных позиций приведены на рисунке 2. В данном случае при переработке на горке новых типов вагонов, в том числе инновационных, проверка мощности тормозных средств выполняется за счет имеющегося резерва наличной мощности замедлителей. Однако проверочные расчеты целесообразно выполнить и для других горок сети железных дорог, для которых может быть получен отрицательный результат. Оценку влияния конструктивных параметров спускной части горки на безопасность сортировочного процесса целесообразно выполнять по критериям, приведенным в таблице 3.

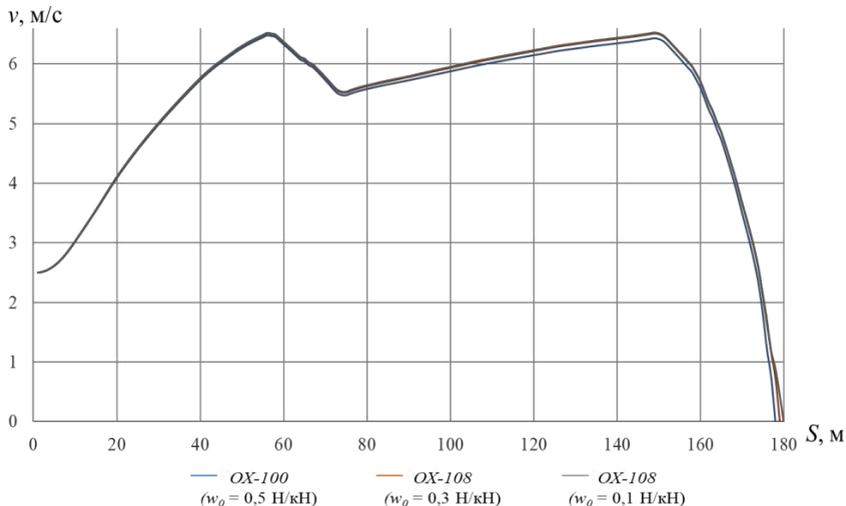


Рисунок 2 – Кривые скорости скатывания отцепов при проверке мощности тормозных позиций

Таблица 3 – Критерии оценки влияния конструктивных параметров спускной части горки на безопасность сортировочного процесса

Условное обозначение	Критерий	Характеристика
$P_1^{сч}$	Вероятность возможной остановки отцепа до парковой тормозной позиции	Определяется на основании моделирования процесса скатывания отцепов по спускной части. При наличии в горочной горловине кривых малого радиуса (особенно закрестовинных) вероятность будет увеличиваться, при наличии элементов ступенчатого продольного профиля в стрелочной зоне и на путях парка вероятность будет снижаться
$P_2^{сч}$	Вероятность недостаточной мощности тормозных средств	Определяется на основании моделирования процесса скатывания отцепов по спускной части или аналитически, после определения предельных характеристик отцепа, обеспечивающих решение данной задачи
$P_3^{сч}$	Вероятность несоблюдения на разделительных элементах необходимых интервалов между отцепами	Определяется на основании моделирования процесса скатывания отцепов по спускной части или графо-аналитическими методами

3 Сортировочный парк (участок до противоуклона в выходной части). На большинстве эксплуатируемых сортировочных горок на сети железных дорог Российской Федерации реализуется принцип интервально-прицельного регулирования скорости скатывания отцепов. В качестве технических средств регулирования скорости скатывания отцепов для большинства горок средней, большой и повышенной мощности используются замедлители, распределенные между двумя горочными тормозными позициями и одной парковой тормозной позицией. Причем парковые тормозные позиции оборудуются замедлителями меньшей мощности, что обусловлено значительным снижением скорости движения отцепов в парке по сравнению со спускной частью горки. После прохождения парковой тормозной позиции отцепы скатываются по свободному сортировочному пути, на котором, как правило, отсутствуют дополнительные средства регулирования скорости скатывания до выходной части пути, располагаемой на противоуклоне.

Важнейшим фактором, обеспечивающим безопасность процесса заполнения путей накопления, является продольный профиль путей сортировочного парка. Согласно действующим нормативам значение уклона сортировочного пути должно быть 0,6 ‰ по направлению скатывания отцепа на всем протяжении до выходного участка, располагаемого на противоуклоне [4]. На реальных сортировочных станциях обеспечить точное соответствие данному

требованию не представляется возможным, в том числе в связи с периодическими просадками участков путевого развития в процессе эксплуатации, приводящими к изменению фактического высотного положения путей. В предметной области эксплуатации железных дорог горизонтальной площадкой считаются участки путей с значениями уклонов продольного профиля в диапазоне 0–0,5 ‰ [5]. Следовательно, указанное в нормах значение уклона сортировочных путей 0,6 ‰ можно трактовать как ускоряющий уклон, то есть уклон, способствующий продвижению вагона вглубь парка.

С точки зрения обеспечения безопасности процесса заполнения сортировочных путей скорость выхода каждого отцепа с парковой тормозной позиции должна определяться по условию его докатывания до ближайших вагонов, находящихся в парке, и соединения со скоростью не более 5 км/ч, что и реализуется в современных условиях за счет использования систем горочной автоматизации. Однако отсутствие дополнительных технических средств регулирования скорости скатывания отцепов в сортировочном парке приводит к невозможности корректировки скорости движения отцепа после выхода с парковой тормозной позиции и возникновению вероятности соударения вагонов с повышенными скоростями, а в отдельных случаях и к повреждению вагонов и находящихся в них грузов. Причина заключается в наличии ряда случайных факторов, приводящих к отклонению фактической скорости скатывания отцепов от расчетной, в том числе:

- случайного характера ходовых свойств каждого вагона и, как следствие, весьма значительного диапазона значений основного удельного сопротивления движению отцепа;
- случайного характера условий внешней среды, приводящего в отдельные периоды к дополнительному разгону отцепов (например, за счет возникновения порывов ветра);
- наличия в пределах основной части сортировочного пути участков с противоклонами, на которых может произойти остановка отцепа и движение в обратном направлении, навстречу очередному отцепу;
- появления в структуре перерабатываемого вагонопотока новых типов вагонов, в том числе инновационных, имеющих значения основного сопротивления движению, выходящие за минимальные пределы расчетного диапазона.

Для оценки влияния продольного профиля сортировочного парка на безопасность процесса заполнения путей можно использовать основное уравнение движению вагона по участку наклонной плоскости l :

$$\frac{v_k^2}{2g'} - \frac{v_n^2}{2g'} = (i_{\text{сп}} - w_{\text{сум}})l \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где v_k и v_n – скорость движения отцепа соответственно в конце и начале участка, м/с; g' – ускорение свободного падения с учетом инерции враща-

ющихся частей вагона, м/с^2 ; $i_{\text{сп}}$ – уклон сортировочного пути, %; $w_{\text{сум}}$ – суммарное сопротивление движению отцепа, Н/кН .

Весьма интересным является соотношение параметров $i_{\text{сп}}$ и $w_{\text{сум}}$, которые находятся в одной скобке уравнения после преобразования известного выражения, описывающего действие сил на движущийся по наклонной плоскости отцеп. При малых углах наклона пути к горизонтальной плоскости, что характерно для сортировочных парков, значения $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha$. Как известно, $\text{tg } \alpha = i_{\text{сп}}$, поэтому применение указанного подхода в данном случае является допустимым. Ускоренное движение отцепа в сортировочном парке, а значит, и увеличение вероятности соударения вагонов с повышенной скоростью будет при выполнении условия

$$i_{\text{сп}} > w_{\text{сум}}. \quad (3)$$

Для оценки вероятности появления такого события выполнен расчет значений суммарного сопротивления движению вагонов ($w_{\text{сум}}$) для реальной станции, расположенной в Западно-Сибирском регионе. Расчет выполнен для одиночных вагонов, вероятность движения которых с повышенными скоростями выше, чем для отцепов из нескольких вагонов, у которых суммарное сопротивление движению смещается ближе к центральной части диапазона допустимых значений. Начальная скорость движения вагона (на выходе с парковой тормозной позиции) принималась $1,4 \text{ м/с}$, что соответствует допустимому значению скорости соединения вагонов. В результате получена плотность распределения величины ($w_{\text{сум}}$) (рисунок 3).

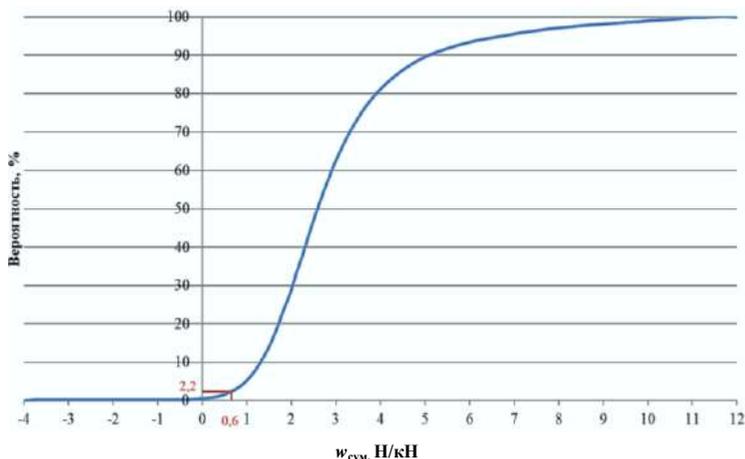


Рисунок 3 – Интегральная функция распределения суммарного сопротивления движению одиночных вагонов во всем диапазоне возможных значений

Согласно рисунку 3 вероятность того, что движение вагонов по участку пути с уклоном 0,6 ‰ будет ускоренным, составляет 2,2 ‰. Данное значение может быть несколько скорректировано с учетом возможного снижения скорости выхода таких отцепов с парковой тормозной позиции. Однако с учетом протяженности маршрута скатывания (800–1000 м) и при появлении в структуре перерабатываемого вагонопотока новых моделей вагонов можно сделать вывод, что полностью исключить возможность разгона отцепов в сортировочном парке без использования дополнительных средств регулирования скорости движения невозможно. Это также подтверждается наличием отрицательных значений параметра $w_{\text{сум}}$, что свидетельствует о возможности движения отцепов в обратном направлении при определенном (маловероятном) сочетании действующих на отцеп факторов.

4 Выходная часть сортировочного парка (участок противоуклона). Данный конструктивный элемент горочного комплекса предназначен для исключения возможности выхода накапливаемой на сортировочном пути группы вагонов за пределы полезной длины. Дополнительно с противоуклоном используются охранные тормозные башмаки, укладываемые в количестве двух единиц через 25 м друг от друга. Так, образуется весьма надежная система защиты, исключающая возможность выхода вагонов за пределы полезной длины сортировочных путей. Однако в практических условиях эксплуатации не всегда обеспечивается гарантированное решение данной задачи за счет наличия следующих основных факторов:

- значение крутизны противоуклона менее нормативного (2,0 ‰), длина участка противоуклона менее нормативного (100 м) или отсутствие этого элемента продольного профиля;

- высокий износ рельсов и несоблюдение требований содержания путей (в том числе, использование старогодных рельсов), приводящие к снижению трения скольжения тормозного башмака о рельс и соответственно к уменьшению тормозного эффекта (а в ряде случаев к его заклиниванию и возможному сходу подвижного состава);

- возникновение динамических нагрузок при соединении скатывающихся отцепов из нескольких вагонов (особенно груженых), способствующих смещению накапливаемой на сортировочном пути группы вагонов в сторону вытяжных путей формирования;

- наличие динамических нагрузок, возникающих при осаживании вагонов в сортировочном парке маневровым локомотивом с целью ликвидации образующихся при заполнении путей пространственных промежутков между вагонами («оконов»).

Возможна ситуация возникновения совокупности указанных факторов, при которой вероятность выхода накапливаемой группы вагонов за пределы

полезной длины сортировочного пути увеличивается. Не случайно на сортировочных станциях сети железных дорог применялась технология предварительной постановки «барьерных» групп при роспуске вагонов на свободный сортировочный путь. На многих сортировочных станциях для исключения выхода вагонов за пределы полезной длины в выходной части сортировочного парка устраиваются задерживатели типа БЗУ-ДУ.

С другой стороны, длина участка противоуклона может превышать нормативное значение. Если противоуклон устраивать протяженностью 200–300 м, то возникает вероятность обратного движения стоящих вагонов, навстречу следующим скатывающимся отцепам, что также создает угрозу безопасности процесса заполнения сортировочных путей.

В целом оценку влияния конструктивных параметров сортировочного парка (включая участок с противоуклоном в выходной части) на безопасность сортировочного процесса целесообразно выполнять по критериям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Критерии оценки влияния конструктивных параметров сортировочного парка на безопасность сортировочного процесса

Условное обозначение	Критерий	Характеристика
$P_1^{сп}$	Вероятность превышения допустимой скорости соединения вагонов за счет создания условий разгона отцепа после выхода с парковой тормозной позиции	Определяется на основании построения плотности распределения суммарного удельного сопротивления движению вагонов и последующего анализа для конкретных конструктивных параметров сортировочного парка, а также на основании имитационного моделирования процесса заполнения сортировочных путей
$P_2^{сп}$	Вероятность превышения допустимой скорости соединения вагонов за счет обратного движения отцепов при наличии участков пути с противоуклонами	Определяется на основании имитационного моделирования процесса заполнения сортировочных путей при наличии на них участков с противоуклонами или превышения длины участка противоуклона в выходной части парка, а также на основании построения и анализа плотности распределения суммарного удельного сопротивления движению вагонов для конкретной горки
$P_3^{сп}$	Вероятность выхода накапливаемой группы вагонов за пределы полезной длины путей	Определяется на основании моделирования процесса заполнения сортировочных путей с учетом динамических нагрузок, возникающих при соединении групп вагонов в процессе роспуска состава и при осаживании маневровым локомотивом

Таким образом, влияние конструктивных параметров элементов сортировочного комплекса на безопасность переработки вагонопотоков в современных условиях может быть оценено с использованием комплексного критерия

$$K_{\text{без}}^{\text{СК}} = f(P_1^{\text{пч}}, P_2^{\text{пч}}, P_3^{\text{пч}}, P_1^{\text{сч}}, P_2^{\text{сч}}, P_3^{\text{сч}}, P_1^{\text{сп}}, P_2^{\text{сп}}, P_3^{\text{сп}}) \rightarrow \min. \quad (4)$$

Публикация осуществлена в рамках реализации гранта ОАО «РЖД» на развитие научно-педагогических школ в области железнодорожного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм : утв. МПС РФ 10.10.03. – М. : Техинформ, 2003. – 168 с.

2 *Климов, А. А.* Моделирование процесса скатывания отцепов из нескольких вагонов с сортировочной горки при роспуске / А. А. Климов, А. А. Гунбин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – № 2 (38). – С. 88–91.

3 *Климов, А. А.* Моделирование проходимости вагонов без саморасцепа по перевальной части сортировочной горки / А. А. Климов, Д. В. Осипов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2015. – № 3 (47). – С. 154–160.

4 СП 225.1326000.2014 Станционные здания, сооружения и устройства : утв. Минтранс РФ от 02.12.2014 г. – М., 2015. – 135 с.

5 Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации : утв. приказом Минтранса России 21.12.10. № 286. – М. : ТРАНСИНФО ЛТД, 2016. – 287 с.

А. А. KLIMOV

PROBLEMS OF A SAFETY PROCESSING CAR FLOWS ON GRAVITY HUMP IN REAL CONDITIONS

The process of processing car traffic on gravity hump is considered from the point of view of ensuring the safety of shunting work. The reasons for the occurrence of cases of violation of the high-speed mode of rolling off the hill in modern conditions are given. Possible violations of the safety of the car traffic processing process on the sliding, transshipment, descent parts of the slide and in the sorting park, depending on the design parameters of each element of the sorting complex, are determined. The criteria for assessing the impact of the structural parameters of the slide on the safety of the sorting process are established. The results of simulation modeling of the passage of the coupling of wagons through the hump of the slide, rolling of the uncouples, including those consisting of innovative wagons, along the descent part of the slide, filling the paths of the sorting fleet are presented. The principal characteristics of the design parameters of the elements of the sorting complex and other factors that can lead to the occurrence of cases of violation of the safety of the sorting process are indicated.

Получено 05.11.2021

УДК 656.21:004.94

И. В. КОРОТКЕВИЧ

*Акционерное общество «Объединенная химическая компания «Уралхим»,
г. Москва*

ivan.korotkevich@uralchem.com,

Ю. С. СМАГИН

ООО «Сименс Мобильность», г. Москва

iurii.smagin@siemens.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ ПО АДЕКВАТНОМУ ФУНКЦИОНАЛУ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

Рассматривается возможность эффективного применения цифровой модели крупного железнодорожного промышленного узла для повышения качества организации маневровой работы. Информационный двойник станции использует актуальные данные положения подвижного состава, обеспечиваемые RFID-технологией SOFIS с сигнальными реперными точками на фиксированных позициях станционных путей и бортовыми антеннами на маневровых локомотивах.

Крупные промышленные узлы выполняют значительные объемы перевозочной работы, используя инфраструктурные ресурсы сортировочных и участковых железнодорожных станций общей и внутризаводской сети железных дорог. Например, недельный вагонооборот Кирово-Чепецкого промышленного узла составляет более 2000 вагонов, одновременно работают 6–7 собственных локомотивов и несколько локомотивов контрагентов. Общая протяженность используемых в работе железнодорожных путей Кирово-Чепецкого филиала Уралхим превышает 50 км. На территории филиала расположено собственное локомотивное депо и пункт подготовки вагонов. Управление маневровой работой на станциях Кирово-Чепецкого промышленного узла осуществляется диспетчерскими постами, оснащенными электрической централизацией. Схема железнодорожного узла представлена на рисунке 1.

Посты электрической централизации Промышленный и Заводской обеспечивают управление стрелками и сигналами соответствующих парков. Пути, пролегающие по территории заводских цехов, расположены на удалении от существующих постов ЭЦ, и их централизация до сих пор не проведена. В настоящее время вопрос о переводе на ЭЦ-управление не рассматривается из-за высокой стоимости соответствующих работ и стабильно высокой загрузки инфраструктурных устройств станции.

Таким образом, существующая технология планирования, организации и выполнения маневровой работы определяется достаточно устаревшей автоматикой. Непосредственное оперативное управление работой станции осуществляется из разных мест. Ввод технологически значимой информации в информационные устройства также производится из разных мест. Поэтому дальнейшее повышение эффективности работы станции требует расширения горизонта влияния системы управления.

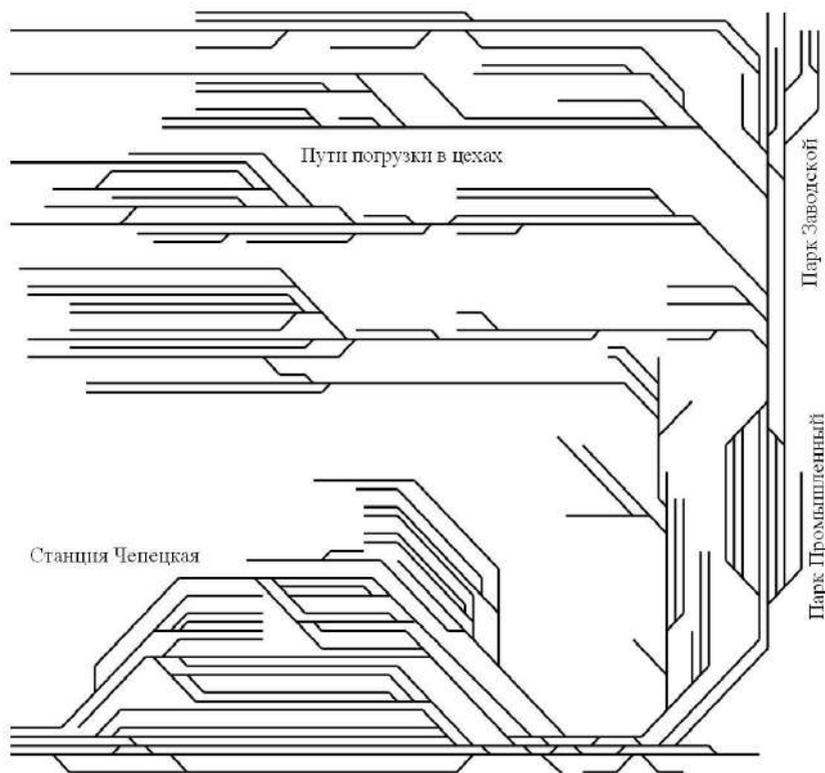


Рисунок 1 – Схема железнодорожного узла

Используя опыт создания автоматизированных систем специалистами УРАЛХИМ совместно с фирмой «Сименс Мобильность», была поставлена и решена задача создания цифровой объектной модели железнодорожной инфраструктуры предприятия. Данная модель позволяет проводить расчеты реальной транспортной нагрузки. Разработанная модель использует информацию о реальных передвижениях маневровых локомотивов на основе внедренной системы их позиционирования и онлайн-телеметрии.

Применение установленных на всех локомотивах филиала бортовых регистраторов позволяет фиксировать текущее нахождение локомотивов. Для получения более детальной информации о дислокации локомотивов были применены бортовые устройства, позволяющие использовать систему позиционирования SOFIS фирмы Siemens для контроля перемещений локомотивов с точностью до нахождения на участке пути и стрелочных переводах. Следует отметить, что компания Siemens применила SOFIS как элемент системы автоматического управления локомотивом в инфраструктурном проекте сортировочной станции Лужская ОАО «РЖД».

Пилотный проект цифрового двойника железнодорожной инфраструктуры предприятия основан на математической объектной модели с высокой детализацией до линейных размеров отдельных станционных путей и стрелочных переводов. По причине отсутствия оцифрованной информации низкого уровня от системы ЭЦ и данных по дислокации вагонов с точностью до элементов путевого развития в качестве исходных сведений о маневровой работе была принята информация из станционной АСУ (в части коммерческих и технических операций, производимых с вагонами и имеющих аналитику координатных позиций объектов). Кроме того, было принято, что в идеальной модели движение осуществляется по кратчайшему пути, ходовые пути не занимают и конфликтов нет. С учетом принятых допущений и на основе матрицы связанности элементов инфраструктуры с использованием алгоритма Флойда – Уоршелла были определены длины кратчайших путей между парами выделенных вершин по точкам начала и окончания маршрутов передвижения подвижного состава, что позволило получить элементную нагрузку на станционную инфраструктуру.

Полученные на основании расчетов данные использовались для принятия управленческих решений в части планирования работы железнодорожной инфраструктуры и обоснования ее развития с учетом увеличивающихся объемов перевозок. Методика расчета загрузки инфраструктуры по тонно-километровой работе на основе реальных данных с использованием цифрового двойника позволила обоснованно подготовить бизнес-план для рассмотрения на инвестиционной комиссии компании. В ходе его защиты руководству компании была продемонстрирована необходимость увеличения финансовых средств на содержание железнодорожной инфраструктуры. Аргументы основывались на том факте, что при значениях нагрузки 20 млн т/год по критически загруженным элементам целесообразно проводить ремонтные работы не реже чем 1 раз в 3 года. В ходе анализа было выявлено, что полученные в модельном эксперименте результаты не являются верхним пределом эффективности, так как в расчетах были учтены только основные компоненты технологических операций. В целях повышения эффективности управления, оптимизации расходов на содержание и развитие инфраструктуры, обеспечение качественного планирования и исполнения бюджета были предложены следующие решения:

– реализовать проект по оптимизации взаимодействия железнодорожного подразделения с производственными отделами, локальными контрагентами и станцией примыкания ОАО «РЖД»:

– использовать цифровую модель станции в части детализированного суточно-многосуточного планирования;

– проводить контроль и анализ передвижений маневровых локомотивов на основе данных, полученных из информационных систем, в том числе с применением систем автоматической регистрации;

– выделить целевой проект «Системы позиционирования и онлайн-телеметрии» с включением подпроектов для функций автоматизации регистрации перемещений подвижного состава по элементам инфраструктуры, функций ведения электронного паспорта станции и паспортов элементов;

– рассмотреть возможность разработки проекта по реализации имитационной модели станций с выделением функций автоматического анализа и учета влияния новых пунктов погрузки-выгрузки на железнодорожную инфраструктуру с индикацией узких мест, целевой оптимизацией использования ресурсов на суточном и многосуточном горизонте, автоматического расчета вариантов маневровой и грузовой работы на различных вариантах путевого развития станций.

Эти модельные возможности позволят реализовать новый функционал автоматизированного управления посредством использования:

– программного менеджера загрузки станции;

– маневрового автодиспетчера (на первом этапе – в режиме подсказки, на втором – в режиме автодействия с установкой на борт системы автоматического управления локомотивом (САУЛ));

– рационального планирования развития и модернизации железнодорожной инфраструктуры станции.

В процессе анализа результатов, полученных с использованием цифровой модели, стало очевидно, что требуется разработка нового решения для сбора и анализа данных из real-time-систем железнодорожной автоматики. Так, наблюдается значительное различие в продолжительности времени погрузки вагонов для однотипных операций на подъездных путях. Было выявлено, что отсутствует информация о перемещениях локомотивов между маневровыми районами, перемещениях, связанных с обработкой маневровых групп на пути и т. д. Кроме того, расчетное передвижение по кратчайшему расстоянию фактически не совпадает с реальным перемещением локомотивов из-за ограничений, вызванных враждебностью маршрутов, высокой загрузкой горловин или занятием путей и стрелочных секций, избыточным вагонным парком на станции и др.

Эти проблемные позиции были решены обеспечением станций новыми техническими устройствами. На маневровых локомотивах железнодорожных предприятий УРАЛХИМ были установлены бортовые регистраторы

КПД-3ПА взамен морально устаревшего механического скоростемера ЗСЛ2М. Полнота и качество информации в системах управления в новых системах достигаются использованием сертифицированной на железных дорогах RFID-технологии SOFIS. В качестве сигнальных реперных точек используются фиксированные позиции на станционных путях. Маркерами служат датчики RFIDSOFIS, которые имеют типовое и достаточно надежное крепление к шпале (рисунок 2).

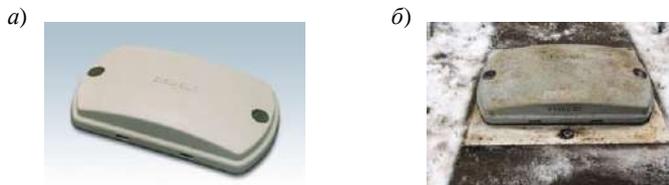


Рисунок 2 – Датчик RFIDSOFIS (бализа):
а – общий вид; б – крепление к шпале после трех лет эксплуатации

Для установки бализы на железобетонные шпалы используется специальный монтажный щиток. Бализа крепится винтами к щитку, который, в свою очередь, прикрепляется к железобетонной шпале. На маневровом локомотиве устанавливается бортовая антенна RFIDSOFIS (рисунок 3).



Рисунок 3 – Бортовая антенна RFIDSOFIS

Объектная модель станции содержит порядка 300 элементов. Количество меток определяется исходя из эксплуатационных задач, решаемых системой, и при необходимости инженерным персоналом выполняется монтаж или демонтаж меток и вносятся изменения в систему с помощью специализированного редактора, так как контрольные точки, лежащие на границах элементов, необходимо привязывать к пунктам производства технологических операций, связанных с передачей вагонов с внешней сети, расстановкой-сборкой вагонов, подачей-уборкой с грузовых фронтов и т. д. Расчетами было определено, что для эффективной работы требуется не менее 200 SOFIS-меток. Примерная стоимость оборудования SOFIS – не более 9 млн рублей, что составляет менее 10 % стоимости нового маневрового локомотива. Для сравнения, ком-

мерческая ставка за использования вагона в сутки превышает 1 тыс. руб. Также необходимо учесть, что для маневровых локомотивов методики определения технологичности простоя не существует.

Таким образом, сложившаяся технология учета и оценки потерь в маневровой работе, базирующаяся на ручном вводе части операций (в основном коммерческих) и невозможности использования в цифровых моделях устаревшей железнодорожной автоматики не позволяют выявить, а следовательно уменьшить потери в маневровой работе такого крупного узла, как Кирово-Чепецкий. Затрудняется принятие инвестиционных решений по развитию железнодорожной инфраструктуры на верхних уровнях компании, возникают конфликты интересов подразделений на среднем уровне.

Поэтому наличие на предприятии детализированного цифрового двойника железнодорожной инфраструктуры, который использует реальные данные о передвижении подвижного состава, полученные с устройств автоматики, открывает ряд принципиально новых возможностей:

- детализированного расчета показателей работы локомотивного и вагонного парков с привязкой к технологическим операциям на основе свободных от субъективного фактора данных с автоматических систем;

- факторного анализа конфликтов бизнес-интересов между участниками перевозочного процесса путем индивидуального трекинга перехода вагонов и локомотивов через виртуальные контрольные точки и индивидуального расчета простоев в зонах ответственности каждого участника перевозки груза на основе свободных от субъективного фактора данных с автоматических систем;

- расчета комплексных показателей эффективности работы единой смены на основе свободных от субъективного фактора данных с автоматических систем;

- объективного и оперативного информирования руководства производственных, коммерческих и логистических подразделений холдинга о случаях срыва плана транспортного обслуживания производства непрерывного цикла;

- автоматического анализа и выявления проблемных мест (например, поиск и отображение на схеме станции мест частых остановок и простоев подвижного состава);

- формирования новых методов контроля эффективности работы локомотивного парка. Использование данных по фактически выполненным перемещениям с учетом веса маневровой группы, продольного и поперечного профилей железнодорожных путей позволяет с использованием тяговых расчетов оценить профессионализм машинистов и провести нормирование расхода топлива;

- создания фундамента для развития системы детализированного сменного-суточного и многосуточного планирования маневровой работы узла;

- обеспечения двухстороннего взаимодействия с системой интеллектуального управления парком вагонов.

I. V. KOROTKEVICH, Yu. S. SMAGIN

MODELING RAILWAY STATION ON ADEQUATE THE DIGITAL TWIN

The article deals of effective application digital model of large railway industrial junction for increase of quality organization shunting work. The digital twin of station uses actual data of the rolling-stock with the RFID-technology SOFIS, with points on fixed positions of station tracks and board aerals on shunting locomotives.

Получено 02.10.2021

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021**

УДК 656.615(575.4)

Н. А. КУЛИЕВ, К. А. ХОДЖАНЕПЕСОВ

Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана, г. Ашхабад,

А. Х. ШИХИЕВ

Институт инженерно-технических и транспортных коммуникаций

Туркменистана, г. Ашхабад

hkakabay@mail.ru

МЕЖДУНАРОДНЫЙ МОРСКОЙ ПОРТ ТУРКМЕНБАШИ – «МОРСКИЕ ВОРОТА» ТУРКМЕНИСТАНА

Отмечается большое внутригосударственное и международное значение строительства морского порта Туркменбаши. Создаваемый в международном морском порту логистический центр активно использует морской, автомобильный, железнодорожный и воздушный транспорт. Морской порт будет способствовать развитию долгосрочного межрегионального сотрудничества и откроет огромные возможности в освоении транспортных потоков на Евразийском пространстве. Отмечается важное стратегическое значение данного порта для всех стран региона Центральной Азии и Каспийского бассейна, обуславливая активную интеграцию регионального сообщества в международную систему экономических связей с повышением роли Туркменистана как важного центра транзитных сообщений.

Туркменистан по географическому расположению находится на перекрестке маршрутов древнего Великого шёлкового пути. Поэтому построение транзитных и внутренних транспортно-коммуникационных сетей отвечает интересам многих стран региона. Образование межгосударственной транспортной инфраструктуры вызывает особый интерес со стороны ООН и

является важнейшим условием реализации глобальной стабильной стратегии экономического развития.

Владеющий огромным геополитическим и геоэкономическим потенциалом, географически удобно расположенный Туркменистан выступает организатором претворения в жизнь крупных региональных инфраструктурных проектов, которые открывают огромные возможности выхода на высокие уровни торгово-экономического сотрудничества стран Центральной Азии с образованием макроэкономического пространства Каспийского, Черноморского и Балтийского регионов, Среднего и Ближнего Востока, Южной и Юго-Восточной Азии.

Претворяемая Туркменистаном в жизнь транспортная стратегия международного значения характеризуется последовательностью, открытостью, доброжелательностью и научной обоснованностью [1, 3]. В стране повсеместно вводятся в строй современные инженерные сооружения, ведется активное строительство автомобильных и железных дорог и других инфраструктурных объектов, которые служат формированию важных региональных и межрегиональных транспортных маршрутов, пролегающих через нашу страну по направлениям Север – Юг, Восток – Запад. По сути, это решительные шаги по возрождению разветвленной системы дорог Великого шёлкового пути.

Строительство международного морского порта Туркменбаши дополнило вклад в эти важнейшие работы. Морской порт на берегу Каспия является важной частью в образовании современной транспортной системы региона. Создаваемый в международном морском порту основной логистический центр активно использует морской, автомобильный, железнодорожный и воздушный транспорт. Он придаёт мощный толчок в развитие долгосрочного межрегионального сотрудничества и открывает огромные возможности в освоении транспортных потоков на Евразийском пространстве [2]. Международный морской порт Туркменбаши был введён в строй в начале мая 2018 года на туркменском берегу Каспия. Крупномасштабный инфраструктурный проект имеет стратегическое значение для всех стран региона Центральной Азии и Каспийского бассейна, поскольку его реализация способствует активной интеграции регионального сообщества в международную систему экономических связей и способствует повышению роли Туркменистана как важного центра транзитных сообщений.

Новый международный морской порт объединяет паромный, пассажирский и грузовые терминалы. Общая пропускная мощность нового порта составляет 17 млн тонн груза без учета нефтепродуктов, а причалы порта при длине более 1800 м одновременно могут обслуживать 17 судов. Также в порту располагаются судостроительный и судоремонтный заводы.

Кроме строительства причальных гидротехнических сооружений здесь возведены многочисленные объекты береговой инфраструктуры, включая транспортное обеспечение автодорог с эстакадными развязками общей протяжённостью более 3,9 тысячи метров и железнодорожных путей длиной около 30 тысячи метров. В целом автомобильный и пассажирский паромные терминалы занимают общую площадь 230 тыс. м². К причалу могут швартоваться одновременно два судна. Он может обслуживать 300 тыс. пассажиров и 75 тыс. трейлеров в год [4–6].

Новый морской порт оснащён самыми современными программно-аппаратными комплексами, необходимыми для обеспечения безопасности и эффективности навигации и грузоперевозок, а также защиты окружающей среды. Контроль за движением судов в акватории порта, погрузочно-разгрузочные работы на всех участках осуществляются с помощью автоматизированных систем и электронных технологий в режиме реального времени.

Контейнерный терминал среднегодовой мощностью 400 тыс. TEU занимает территорию 249 тыс. квадратных метров. Этот стратегический объект способен вывести Туркменистан на лидирующие позиции в экспортно-импортной логистической системе региона. Мультиmodalный логопарк будет осуществлять комплекс услуг по хранению и комбинированной обработке контейнерных грузов, доставленных автомобильным и железнодорожным транспортом, обеспечивая их перегрузку на водный транспорт и обратно.

Протяжённость причала контейнерного терминала составляет 480 м, что позволяет вести погрузочно-разгрузочные работы одновременно на нескольких судах суммарной грузоподъёмностью 5 тыс. тонн.

Контейнерный терминал, который оснащён спутниковой системой контроля с выводом всей текущей информации на мониторы операторов, спроектирован в соответствии со стандартом СТQI (Container Terminal Quality Indicator). Внедрение СТQI позволило создать единую систему контроля качества в этом виде услуг.

Терминал сыпучих грузов предназначен для перевалки различных сырьевых материалов, нефтехимической продукции, клинкера, железной руды, боксита, алюминия, угля, кормов, удобрений, а также зерна, сахарного песка, соли, для хранения которых построены склады и бункеры. Один из самых больших объектов – терминал общих грузов. Его мощность составляет в среднем 4 млн тонн грузов в год. Он рассчитан на прием и отправку различных строительных материалов, железа, стали, дерева, машин, оборудования и т. д. У причальной стенки этого терминала можно обрабатывать одновременно несколько судов грузоподъёмностью до 5 тыс. тонн. Для погрузки и разгрузки предназначены мощные рельсовые и мобильные портальные краны.

Оснащённый морской порт города Туркменбаша создаёт максимально благоприятные условия для выхода европейских стран к товарным и сырьевым рынкам Ближнего и Среднего Востока и к государствам бассейна Индийского океана, позволяя значительно сократить расстояние и время в пути масштабным грузопотокам.

Новые «морские ворота» призваны не только удовлетворить растущие потребности Туркменистана в морских сообщениях, но и открыть перспективные возможности для интенсификации грузоперевозок на всём евразийском пространстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Kuliyew, N.* Täzeden dikeldilýän Beýik ýüpek ýoly: ägirt uly taslamalar / N. Kuliýew // *Diýar*. – 2018. – No. 7. – P. 6–7.

2 *Kuliyew, N.* Ulag strategiýasy: özara bähbitli hyzmatdaşlyk ösdürilýär // *Türkmenistan gazet*i. – 2018-nji ýulyň 11-nji maýy (29055). – P. 3.

3 *Кулиев, Н.* Научно обоснованная транспортная стратегия Президента Туркменистана в эпоху могущества и счастья / Н. Кулиев // *Демократия и право*. – 2015. – № 1. – С. 170–175.

4 *Kuliyev, N.* Turkmenistan: the largest international transport centre / N. Kuliyeve // *Journal of Diýar*. – 2019. – No. 2. – P. 10–11.

5 В Туркменистане введён в строй самый крупный порт на Каспии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : turkmenportal.com/vveden-v-stroi-samyi-kрупnyi-port-na-kaspii. – Дата доступа : 01.11.2021.

6 В Туркменистане ввели в эксплуатацию новый международный морской порт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sng.tuday>. – Дата доступа : 01.11.2021.

N. A. KULIEV, K. A. HOJANEPESOV, A. CH. SHICHIEV

THE INTERNATIONAL SEAPORT TURKMENBASHI – «SEA GATE» OF TURKMENISTAN

The construction of the international seaport of Turkmenbashi complemented the contribution to these important works. The seaport on the Caspian coast is an important part in the formation of a modern transport component. The main logistics center being created in the international seaport actively uses sea, road, rail and air transport. It will give a powerful impetus to the development of long-term interregional cooperation and will open up huge opportunities in the development of transport flows in the Eurasian space. A large-scale infrastructure project is of strategic importance for all countries of the Central Asia region and the Caspian basin, since its implementation contributes to the active integration of the regional community into the international system of economic relations and enhances the role of Turkmenistan as an important center of transit communications.

Получено 09.11.2021

УДК 656.61

Н. А. КУЛИЕВ, К. А. ХОДЖАНЕПЕСОВ,
Институт телекоммуникации и информатики Туркменистана, г. Ашхабад,

А. Х. ШИХИЕВ,
Институт инженерно-технических и транспортных коммуникаций
Туркменистана, г. Ашхабад
hkakabay@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ТРАНСКАСПИЙСКОГО МЕЖДУНАРОДНОГО ТРАНСПОРТНОГО МАРШРУТА

Для вывода Транскаспийского международного транспортного маршрута на более высокие объемные показатели целесообразно введение в эксплуатацию дополнительных железнодорожных и морских маршрутов, которые обеспечат снижение высокой транспортной нагрузки железных дорог Казахстана. Для этого часть перевозимых грузов предполагается отправить из Казахстана и Китая железной дорогой по международным транспортным коридорам в прикаспийский морской порт Туркменбаши, что сократит морской путь по Каспийскому морю и увеличит объем перевозок грузов по международному транспортному маршруту.

Международные транспортные маршруты имеют огромное значение в налаживании внешнеэкономических связей между различными странами мира. Без торгово-экономических связей в настоящее время невозможно добиться экономического развития. Интернациональное разделение рынка труда способствует росту международной торговли и, как следствие, ежегодному увеличению международных грузовых перевозок. Согласно проведенным исследованиям специалистов страны азиатско-тихоокеанского региона занимают 1-е место по экспорту товаров. Значительная часть товаров, экспортируемых из этих стран, перевозится в Европу.

В настоящее время грузовые перевозки между Азией и Европой осуществляются в основном морским транспортом через Тихий, Индийский и Атлантический океаны. Время транзитной перевозки грузов между Юго-Восточной Азией и Европой через Суэцкий канал достигает 35–45 суток. Надежность и время доставки грузов зависит от многих факторов, негативное влияние которые подталкивает владельцев грузов искать альтернативные маршруты и приводит к усилению роли таких международных транспортных коридоров как «Восток – Запад», «Север – Юг» и «TRASEKA» [1–2].

Большое внимание уделяется развитию Транскаспийского международного транспортного маршрута (ТМТМ), который ориентирован на обеспечение грузоперевозок между Китаем, Казахстаном, Юго-Восточной и Центральной Азией, Турцией и странами Южной Европы. Данный маршрут проходит из Китая через Казахстан в страны Закавказья и Турцию, далее – в Украину и Европу. Перевозка грузов на маршруте осуществляется как наземным (в основном железнодорожным) так и морским транспортом. Звеньями маршрута являются морские порты Каспийского моря (Актау и Курык в Казахстане), Баку (Азербайджан), Черного моря (Поти и Батуми в Грузии), (Ильичевск в Украине), а также порты Средиземного моря ряда европейских стран.

Одним из важных звеньев этого маршрута является прикаспийский порт Казахстана Актау. Пропускная способность порта составляет 16,5 млн тонн в год с учетом перевалки нефти и нефтепродуктов. Приоритетным направлением в указанных грузоперевозках являются контейнерные перевозки. Например, за последние годы объем контейнерных перевозок по территории Казахстана возрос более чем в сотню раз. В настоящее время мощность порта Актау позволяет принимать и обрабатывать около 40 тыс. контейнеров в год. Кроме того, в Казахстане построен морской порт Курык, позволяющий осуществить перевалку грузов из Китая в Европейские страны через морские, железные и автомобильные маршруты. Однако объем перевалки грузов через данный порт еще невысок.

Грузы, обработанные на восточном каспийском берегу в портах Актау и Курык водным транспортом, доставляются на западный берег в Бакинский международный морской торговый порт. Территория Бакинского морского порта расширилась за счет сооружения новых устройств в поселке Алят, в результате чего Бакинский морской порт был выведен из центра в южную часть города. С 2014 года грузоперевозки осуществляются в новой части порта, который имеет выгодное расположение для дальнейшего развития в географическом плане, обеспечен необходимой инфраструктурой (автомобильными, железными дорогами и другими объектами). Здесь функционируют терминал Ro-Ro, паромный, сухогрузный терминалы, введенные в строй в рамках первого этапа строительных работ. Пропускная способность порта составляет 15 млн тонн сухих грузов и 100 тыс. контейнеров. После завершения второго этапа строительства мощность порта увеличится до 17 млн тонн грузов и 150 тыс. контейнеров, третьего этапа – до 25 млн тонн сухих грузов и 1 млн контейнеров.

Несмотря на достигнутые объемы грузоперевозок назначением на другие порты Каспийского моря (Туркменбаши, Астрахань, Амирабад, Энзели), у Бакинского морского торгового порта имеются резервы для выхода на заложенную при строительстве проектную мощность грузооборота, особенно в контейнерных перевозках. Потенциал Транскаспийского международного транспортного маршрута может достигать 300 тыс. контейнеров в год.

Для вывода Транскаспийского международного транспортного маршрута на более высокие объемные показатели с разгрузкой железных дорог Казахстана, на наш взгляд, целесообразно введение в эксплуатацию дополнительных железнодорожных и морских маршрутов. Для этого часть перевозимых грузов можно отправить из Казахстана или Китая железной дорогой по международным транспортным коридорам в прикаспийский морской порт Туркменбаши и далее морским путем в Бакинский морской порт (Алят). Для своевременного и эффективного проведения грузовых и коммерческих операций в туркменском порту созданы все необходимые условия. При таком подходе сократится расстояние морского пути в Каспии из-за географически близкого расположения портов Туркменбаши и Баку, что будет способствовать увеличению объемов перевозок по международному транспортному маршруту.

Следует отметить, что через территорию Республики Туркменистан проходит три транспортных коридора Трансазиатской железнодорожной магистрали (ТАЖМ): Центральный, Южный и Север – Юг. Для страны эти коридоры имеют государственное значение, так как подчеркивают выгодное географическое расположение страны, обеспечивают трансконтинентальную связь со странами Каспийского бассейна, Азии и Европы и способствуют активному развитию международных экономических связей [3–7].

Надежная и стабильная работа транспортно-транзитных коридоров может положительно повлиять не только на процесс устойчивого развития глобальной экономики, но и на международную обстановку. Президент Туркменистана отмечает, что «транспортные коридоры между регионами, развивая международное сотрудничество и торговлю, могут внести свою лепту в упрочнение международной безопасности в целом».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Ходжанепесов, К. А.* Перспективы эффективного взаимодействия различных видов транспорта на международных транспортных коридорах Великого шёлкового пути / К. А. Ходжанепесов, А. К. Головнич // Инновационные технологии перевозочного процесса // Тихомировские чтения : материалы Междунар. науч.-практ. конф. ; под общ. ред. А. А. Ерофеева. – Гомель : БелГУТ, 2019. – С. 37–40.

2 *Kuliyew N.* Türkmenistanda döredilýän transmilli ulag-üstaşyr geçelgeleriniň halkara ähmiýeti we ösüş ugurlary / N. Kuliýew, S. Waliýewa // Türkmenistanda ylym we tehnika. – 2015. – №. 1. – P. 57–62.

3 *Головнич, А. К.* Вопросы повышения эффективности железнодорожных транспортно-транзитных коридоров Туркменистана / А. К. Головнич // Современные информационные и коммуникационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании : сб. материалов X Междунар. науч.-практ. конф. – Днепр : Днепропетровский нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – 2016. – С. 8–9.

4 Развитие транзитно-транспортного потенциала Казахстана на Каспии в 2018 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://casp-geo.ru/razvitiie-tranzitno-transportnogo-potentsiala-kazahstana-na-kaspiei-v-2018-g>. – Дата доступа : 28.10.2021.

5 В Туркменистане введён в строй самый крупный порт на Каспии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://turkmenportal.com/vveden-v-stroi-samyi-kрупnyi-port-na-kaspii>. – Дата доступа : 28.10.2021.

6 БММТП планирует увеличить число терминалов до 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://trend-az.turbopages.org>. – Дата доступа : 28.10.2021.

7 В Туркменистане ввели в эксплуатацию новый международный морской порт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://sng.tuday>. – Дата доступа : 29.10.2021.

N. A. KULIEV, K. A. HOJANEPESOV, A. CH. SHICHIEV

PERSPECTIVE DIRECTION OF DEVELOPMENT TRANSCASPIAN INTERNATIONAL TRANSPORT ROUTE

To bring the Trans-Caspian international transport route to higher volumetric indicators with unloading of the railways of Kazakhstan, in our opinion, it is advisable to put into operation additional rail and sea routes. For this, part of the transported goods can be sent from Kazakhstan or from China by rail along international transport corridors to the Caspian seaport of Turkmenbashi. With this approach, the distance of the sea route in the Caspian will be reduced due to the geographically close location of the ports Turkmenbashi.

Получено 09.11.2021

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021**

УДК 658.7:656

П. В. КУРЕНКОВ, С. Б. ЛЁВИН

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва
petrkurenkov@mail.ru*

ПОЛИМОДАЛЬНАЯ ЛОГИСТИКА ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ: ИСТОРИЯ, ПРОБЛЕМЫ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ

Показана роль транспортной логистики в становлении и развитии народного хозяйства, раскрыты особенности планирования и управления грузовыми перевозками в современных условиях, исследованы этапы становления и развития политранспортной логистики, подтверждается необходимость координации взаимодействия различных видов транспорта и субъектов транспортного рынка, подготовки соответствующих специалистов.

В настоящее время транспортный комплекс РФ выступает в качестве активного структурообразующего фактора отечественной промышленности, одним из драйверов сбалансированного развития всего народного хозяйства, инициатив в освоении и обеспечении связности федеральных округов

и субъектов Российской Федерации, которые требуют исключительных инновационно-логистических решений, поэтому научно-техническая политика в транспортной отрасли должна быть достаточно эффективной, для чего требуются наличие и подготовка достаточного количества научных кадров высшей квалификации.

Если до рыночных реформ при постоянном росте объема грузовых перевозок наблюдались диспропорции в развитии основных средств транспорта и системы управления, приводившие к случаям непроизводительных простоев подвижного состава и нерациональному использованию технических средств, то в настоящее время следует отметить диспропорции в функционировании не только всего рынка транспортных услуг (РТУ), но и в функционировании системы доставки грузов и пассажиров во всех видах сообщения, что также приводит к непроизводительным простоям подвижного состава, замедлению перемещения грузов и пассажиров.

Около 90–95 % всех грузовых перевозок осуществляется с участием двух и более видов транспорта, а в транспортных узлах, являющихся стыковыми пунктами различных транспортных систем, грузы и подвижной состав находятся до 70 % от общего времени перемещения.

В настоящее время оперативное управление перевозочным процессом разорвано на части: железнодорожную от станции до станции; водную от порта до порта; автомобильную от отправителя до станции или порта и от станции или порта до получателя.

Свои (специфические) производственные процессы действуют в местах погрузки и выгрузки, передачи с одного вида транспорта на другой, формирования и расформирования поездов, отправления и прибытия автомобилей, морских, речных и воздушных судов, технического обслуживания и ремонта самоходных и несамоходных транспортных средств и др.

Отсутствие оперативной координации в деятельности транспортных ведомств приводит к замедлению доставки грузов, нерациональному использованию рабочей силы, порче грузов. Из-за скопления гружёных и порожних транспортных средств сверх установленных нормативов на подходах к местам погрузки и выгрузки, морским и речным портам излишне простаивают морские и речные суда, тысячи вагонов и автомобилей, что приводит к необходимости ввода конвенционных запретов и ограничений на отправку грузов в данные направления и нередко приводит к аритмии и дисгармонизации функционирования целых полигонов и всей транспортной сети.

Во времена СССР все решалось централизованным порядком: какие грузы, в каком количестве и куда перевозить определяли Госплан и Госнаб. С переходом на рыночные отношения ситуация в корне изменилась. Производители продукции продают её всем, кто желает приобрести и платежеспособен, и отправляют по назначениям, указанным покупателями. Однако в этом случае следует рассматривать две задачи:

1) планирование перевозок, прикрепление потребителей к поставщикам, решение транспортной задачи, расчёт межотраслевых и транспортных балансов, планирование погрузки, выгрузки, перевозок, планирование производственных процессов в хозяйствах железнодорожного и других видов транспорта;

2) решение технико-технологических вопросов организации и оперативного управления этими процессами, поскольку известно, что решение задач для достижения тех или иных целей на практике порой значительно отличается по времени и результативности от планируемых результатов, полученных теоретическими расчётами.

За годы Советской власти в нашей стране были реализованы крупные проекты по обеспечению взаимосогласованной работы разных видов транспорта во всех видах сообщений:

- национализированы все виды транспорта с образованием единой транспортной системы страны, что создало необходимые объективные условия для внедрения передовой техники и технологии перевозок;

- внедрены системы планирования перевозок;

- разработаны Правила перевозок грузов для всех видов транспорта и всех видов сообщений;

- использованы узловые соглашения и единые технологические процессы, устанавливающие порядок выполнения различных операций по обработке подвижного состава и передаче грузов с одного вида транспорта на другой;

- распространены передовые методы и приёмы работы.

Опытные перевозки по совмещенной технологии (1950–1960-е годы), непрерывный план-график работы транспортного узла, прямые договоры между отправителями и портами, календарное планирование погрузки в смешанном сообщении, контактные графики подвода поездов, автомобилей и судов, работа портов и станций примыкания по единым технологическим процессам, взаимное информирование смежников о подходе грузов и транспортных средств, создание региональных, областных и узловых координационных советов, а также единых комплексных смен моряков, речников, железнодорожников и автомобилистов на транспортных стыках свидетельствуют о том, что уже начиная с 1950-х гг., в нашей стране применялся логистический подход к управлению грузовыми перевозками при различных формах взаимодействия между смежными видами транспорта в условиях плановой экономики и административно-командной системы управления. Хотя сам термин «логистика» тогда еще не был столь популярен, как во время радикальных экономических преобразований, ориентированных на создание в всех отраслях народного хозяйства рыночной конкурентной среды.

В настоящее время наблюдаются следующие тенденции развития транспортно-логистических процессов:

- взаимодействие различных видов транспорта, различных хозяйств одного и нескольких видов транспорта;
- взаимодействие субъектов рынка транспортных услуг (РТУ);
- взаимодействие различных типов потоков (транспортных, грузовых, информационно-финансовых, энергетических, людских, правовых и других);
- взаимодействие различных по целям интересов субъектов РТУ;
- внедрение цифровых технологий;
- возрастание роли транспортных узлов на базе морских портов (ТУМП) и речных портов (ТУРП) не только как основных элементов транспортных систем и основных звеньев в цепях доставки, но и как пунктов взаимодействия различных видов транспорта, потоков различных типов, субъектов транспортного рынка, фокусирования различных по целям интересов субъектов РТУ и т. д.

Большим препятствием на пути грузопотоков через стыковые пункты транспортных узлов является несогласованность действий различных государственных структур, зачастую признающих только свои узковедомственные интересы, особенно органов сертификации, ветеринарной инспекции, таможни и др., что порождает непроизводительные простои транспортных средств и, как следствие, задерживает передачу грузовых отправок и посадку пассажиров с одного вида транспорта на другой. Из-за недостаточной научной проработки вопросов взаимодействия различных видов транспорта, субъектов РТУ, потоков различных типов большие объемы российских грузов следуют через порты сопредельных государств (стран Балтии и Украины).

Важным резервом сокращения транспортно-логистических издержек при управлении грузовыми и пассажирскими перевозками во всех видах сообщений, логистизации функционирования самой транспортной системы и звеньев цепей доставки является совершенствование техническо-технологического взаимодействия и координация работы всех видов транспорта и субъектов РТУ с использованием современных информационно-компьютерных и цифровых технологий.

В настоящее время в ходе подготовки стратегических документов в транспортной сфере как на уровне федеральных органов исполнительной власти, так и в крупных транспортных компаниях большое внимание уделяется развитию логистических возможностей для удовлетворения потребностей клиентов в комплексных услугах, в т. ч. в глобальных транспортных цепочках, адаптации и разработке новых продуктов и услуг под потребности грузовладельцев, формированию долгосрочной системы взаимодействия с крупными грузоотправителями и грузополучателями, организации взаимодействия всех участников перевозочного процесса, в том числе с федеральными органами исполнительной власти и государственными контролирующими структурами при внутрироссийских и международных перевозках во всех видах сообщений с использованием модальных, а также магнито-левитационных и вакуумных технологий.

На основании вышеизложенного представляется очевидным, что для качественного управления перевозочными, перегрузочными, терминально-складскими, эксплуатационными, ремонтными, восстановительными, строительными и другими производственными процессами в хозяйствах различных видов транспорта необходима подготовка соответствующих специалистов (специалистов по транспортной логистике) высшей квалификации, владеющих актуальными проблемами российской и международной транспортных систем, способных решать самые сложные логистические задачи с использованием современных инструментальных средств.

В рамках оптимизации направлений научных специальностей ВАК Минобрнауки РФ существенное значение имеют вопросы поддержки системообразующих направлений теории и практики развития отечественной транспортной школы управления производственными процессами в транспортной отрасли, управления взаимодействием транспортных, транспортно-терминальных и терминально-складских систем.

Транспорт как направление научных специализаций имеет приоритетное значение в большинстве национальных стратегических программ. В [1] отмечается:

«В ближайшие 10–15 лет приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации следует считать те направления, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке, и обеспечить связанность территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики».

В проекте Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2035 года [2, с. 3] сказано:

«Основными сдерживающими факторами для отрасли являются инфраструктурные ограничения на сетях автомобильных и железных дорог, а также на внутренних водных путях, высокий уровень износа транспортных средств, значительная неравномерность в развитии транспортной сети и транспортной доступности регионов Российской Федерации, низкие темпы внедрения современных транспортно-логистических технологий и отсутствие сети крупных мультимодальных транспортно-логистических центров».

Для достижения цели, изложенной в данной Стратегии («Обеспечение связанности территорий Российской Федерации») должна быть создана «опорная сеть автомобильных дорог общего пользования, сеть железных дорог общего пользования, инфраструктура железнодорожного, автомобильного, морского, внутреннего водного и воздушного транспорта, опорная сеть узловых грузовых

мультимодальных транспортно-логистических центров и пункты пропуска через Государственную границу Российской Федерации».

Одним из ключевых ориентиров развития в сфере железнодорожного транспорта должно стать развитие транспортной логистики на основе интеграции с другими видами транспорта, создание «интеллектуальных» грузовых станций и «интеллектуальных» железнодорожных вокзалов» [2, с. 19]. «В целях повышения эффективности логистического взаимодействия всех участников процесса грузоперевозок в крупных морских портах предусматривается создание информационно-управляющих логистических центров, обеспечивающих оптимизацию, координацию и автоматизацию основных технологических процессов с использованием средств цифровизации, спутниковой навигации и средств автоматического съёма информации» [2, с. 22].

Важным механизмом реализации Стратегии является развитие мультимодальных и интермодальных перевозок пассажиров и грузов. Для ускоренного развития таких перевозок необходимо: законодательное закрепление подходов к их организации, развитие цифровых систем формирования заказа потребителей в соответствии с их предпочтениями по месту, срокам и стоимости поездки/отправки груза, внедрение универсальных электронных проездных и товаросопроводительных документов, развитие и увеличение количества мультимодальных пересадочных узлов и транспортно-логистических центров. Координация работы перевозчиков и операторов при оказании таких услуг должна быть обеспечена на основе современных цифровых платформенных решений с соблюдением норм транспортной безопасности.

Мультимодальные и интермодальные перевозки должны стать привлекательными для пассажиров по сравнению с личным транспортом и заказом персональных услуг по перевозке, обеспечивая качественную и безопасную, доступную по стоимости и месту оказания услугу с гарантированным временем в пути. Внедрение современных технологических и логистических решений должны обеспечивать перевозку грузов «точно в срок» и «от двери до двери».

Тарифное и налоговое регулирование деятельности по организации мультимодальных и интермодальных перевозок должно обеспечивать постепенное выравнивание тарифов на оказание услуг по одним и тем же направлениям перевозок, выполняемых различными сочетаниями видов транспорта. Это позволит задействовать все имеющиеся ресурсы отрасли в обеспечении транспортной работы, создаст задел для развития инфраструктуры всех видов транспорта.

Организация мультимодальных и интермодальных перевозок в международном сообщении повысит конкурентоспособность российских транспортных и логистических компаний, позволит «реализовать транзитный и экспортный потенциал страны, увеличить, в том числе доходы от экспорта транспортных услуг» [2, с. 34].

В [3] указывается, что «для обеспечения ликвидации инфраструктурных ограничений федерального значения и повышения доступности и качества магистральной транспортной, энергетической и информационно-телекоммуникационной инфраструктуры предлагается развивать магистральную транспортную инфраструктуру путем расширения международных транспортных коридоров «Запад – Восток» и «Север – Юг» для обеспечения эффективного выхода российских предприятий и организаций на зарубежные рынки, увеличения объемов транзита грузов между Азией и Европой по территории Российской Федерации, роста экспорта транспортных услуг с вовлечением перспективных крупных центров экономического роста и центров экономического роста субъектов Российской Федерации за счёт приоритетного развития скоростных транспортных коммуникаций, в том числе строительства участков высокоскоростных магистралей Москва – Казань и Екатеринбург – Челябинск, автодорожного маршрута «Европа – Западный Китай», железнодорожного и автодорожного маршрутов коридора «Север – Юг», обеспечивающего в том числе транспортную связь Ирана и Индии, а также других стран Прикаспийского региона, Западной и Южной Азии, со странами Европы через территорию Российской Федерации.

Большое значение имеет увеличение пропускной способности Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей за счет ликвидации участков с ограниченной пропускной способностью на грузонапряженных участках железных дорог, включая подходы к ключевым морским портам Азово-Черноморского, Балтийского, Дальневосточного, Арктического и Каспийского бассейнов; увеличение мощностей морских портов Российской Федерации, включая порты Азово-Черноморского, Балтийского, Дальневосточного, Арктического и Каспийского бассейнов; обеспечение функционирования и роста грузопотока Северного морского пути как полноценного международного транспортного коридора, включая развитие ледокольного флота; устранение логистических ограничений при экспорте товаров с использованием железнодорожного, автомобильного и морского транспорта и строительства (модернизации) пунктов пропуска через государственную границу Российской Федерации; рост объемов и сокращение времени перевозок контейнеров до 7 дней, в том числе транзитных, железнодорожным транспортом, в частности с Дальнего Востока до западных границ Российской Федерации; создание сети узловых грузовых мультимодальных транспортно-логистических центров, организации грузовых маршрутов по расписанию и скоростных маршрутов между ними; повышение уровня экономической связанности территории Российской Федерации посредством расширения и модернизации железнодорожной, авиационной, автодорожной, морской и речной инфраструктуры.

Эти цели могут быть достигнуты за счет:

– развития транспортных коммуникаций между перспективными крупными центрами экономического роста и перспективными центрами эконо-

мического роста субъектов Российской Федерации, включая строительство обходов городов и организацию скоростного автомобильного и железнодорожного сообщения между крупными городскими агломерациями и крупнейшими городскими агломерациями;

- комплексного развития крупных транспортных узлов, расположенных в том числе в пределах или около перспективных крупных центров экономического роста, и согласованного формирования и развития около них терминально-логистических мощностей;

- формирования международных аэропортов-хабов, создания и развития узловых аэропортов в крупных городских агломерациях и крупнейших городских агломерациях, реконструкции инфраструктуры региональных аэропортов и расширения сети межрегиональных регулярных пассажирских авиационных маршрутов, минуя г. Москву;

- увеличения пропускной способности внутренних водных путей, развития единой глубоководной системы европейской части Российской Федерации, нацеленного на частичную разгрузку автомобильных и железных дорог на направлениях, где перевозка грузов может осуществляться внутренним водным транспортом.

Эффективное управление производственными процессами в транспортной отрасли, взаимодействием транспортных, транспортно-терминальных и терминально-складских систем достигается слаженным функционированием международных, национальных, региональных и других железнодорожных, автомобильных, водных, воздушных транспортных коридоров и коммуникаций, а также транспортных узлов в крупных индустриальных центрах, в морских и речных портах, а также интермодальных, мультимодальных, синхромодальных, тримодальных, трансмодальных, грузо-сортировочных, грузо-распределительных, накопительно-распределительных логистических центрах и терминалах в международной, национальных и региональных транспортных системах.

Все указанные направления исследований являются основными и важнейшими составляющими транспортной логистики. При этом можно выделить следующие основные актуальные вопросы и задачи логистики функционирования мировой, национальных и региональных транспортных систем, коммуникаций и коридоров (МТК, НТК и РТК). Российская транспортная система позиционируется как составная часть в системе МТК с соответствующими закономерностями и особенностями функционирования и управления;

- интеграции российских транспортных коммуникаций и коридоров в систему международных транспортных коммуникаций и коридоров;

- организации и использования методов моделирования и механизмов управления грузопотоками и работой транспортных узлов в МТК, НТК и РТК;

- формирования узловых центров:

- транспортно-консолидирующих (УТКЦ);

- интермодальных логистических (УТИЛЦ);
- мультимодальных (УТМЛЦ);
- синхромодальных (УТСЛЦ);
- тримодальных (УЛТТЦ).

Формирование, обслуживание и показатели их работы обеспечиваются:

- региональными логистическими транспортно-распределительными, терминально-транспортными и терминально-складскими системами, предназначенными для обработки контейнеро-пригородных грузовых потоков (внешнеторговых и международного транзита);

- материально-техническим обеспечением (МТО) и снабжением материально-техническими ресурсами (МТР) и товарно-материальными ценностями (ТМЦ);

- функционированием транспортных узлов в крупных промышленных центрах, на базе морских, речных и сухих портов, аэропортов и т. п.;

- тримодальными терминалами;

- внутренними и пограничными транспортно-транзитными узлами в МТК;

- интер-, мульти-, синхро-, транс-, ко- и амодальными, а также магнито-левитационными и вакуумными технологиями;

- мультимодальными транспортными и терминальными операторами;

- взаимодействием и координацией работы, включая бизнес-отношения различных видов транспорта, субъектов транспортного рынка, потоков различных типов;

- сертификационным, таможенным, пограничным и другими видами государственного контроля;

- документооборотом и цифровыми информационными технологиями управления;

- всеми видами экспедирования в местах погрузки и выгрузки, передачи на другие виды транспорта, смены ширины колеи, пограничных переходов, в пути следования и т. д. во всех видах сообщения;

- эффективностью функционирования РТИ в приграничных и малодоступных регионах;

- логистической интеграцией и многосторонним партнёрством транспортной системы с опорой на природные ресурсы Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока;

- конкуренцией между транспортными коридорами, параллельными ходами, различными видами транспорта, субъектами транспортного рынка, транспортными узлами, морскими и речными портами и т. д.;

- качеством функционирования МТК, НТК, РТК, региональных ТКЦ, узловых УТИЛЦ, УТМЛЦ, УТСЛЦ, УМТЛЦ, УЛИТЦ, УЛМТЦ, УЛСТЦ, УЛТТЦ, МТЛЦ, ЛНРЦ и оказания соответствующих услуг;

– совершенствованием функционирования пунктов смены ширины железнодорожной колеи на приграничных переходах при международных перевозках;

– оценкой влияния политических, экономических, социальных, экологических, природных и других факторов на функционирование и развитие региональной, национальной и мировой транспортных систем;

– оценкой транспортных, технических, технологических, финансовых, коммерческих, налоговых, политических, природных, экологических и других рисков функционирования МТИ, НТИ, РТИ и субъектов РТУ;

– прогнозирования объемов перевозок, изменений в структуре грузооборота под влиянием факторов внутренней и внешней среды;

– учетом влияния внутреннего водного транспорта и внутренних водных путей в МТК, НТК и РТК в системах терминального обслуживания судов, развития речных портов и способов перевозок грузов, использования судов смешанного типа «река – море», ВВТ и ВВП России в системе МТК, НТК и РТК;

– правовой и терминологической базы;

– экспорта и импорта транспортных услуг;

– пропускных, провозных и перерабатывающих способностей МТК, НТК и РТК, линий, железнодорожных станций, аэропортов, шлюзов, морских и речных портов, причалов, терминалов, складов;

– концентрации и распределения грузовых, сортировочных, перевалочных и других технологических операций и управленческих функций;

– управления пассажирским комплексом дальнего и пригородного сообщения;

– безопасности перевозок грузов и пассажиров;

– социального, экологического, энергетического, мультипликативного, внетранспортного и других эффектов функционирования РТК, НТК и МТК.

При организации перевозки грузовой отправки во всех видах сообщения грузовладелец напрямую или через экспедитора должен согласовывать связанные с этим вопросы с десятками структурных подразделений и субъектами РТУ. Существующие недостатки во взаимодействии видов транспорта и субъектов РТУ при передаче груза с одного вида транспорта на другой вытекают из множества причин технического, организационного и технологического характера, основными из которых являются:

– недостаточное наращивание перевалочных мощностей ряда портов и станций примыкания;

– диспропорции в развитии элементов инфраструктур смежных видов транспорта;

– недостаточная согласованность в работе смежных видов транспорта, а также между субъектами РТУ, преследующими свои коммерческие интересы;

– недостатки в планировании смешанных перевозок и в управлении такими перевозками;

– сложность порядка производства коммерческих операций между субъектами РТУ при передаче грузов с одного вида транспорта на другой.

Четкое взаимодействие и координация работы всех видов транспорта и субъектов РТУ с использованием современных компьютерных технологий при оперативном управлении технологическими процессами являются важными резервами сокращения транспортно-логистических издержек и способствуют достижению не только транспортного, но и других важных эффектов.

Включение специальности «Логистические транспортные системы» в группу специальностей «Транспортные системы» позволит активизировать и повысить качество научно-технических разработок и научно-методических подходов к управлению всеми технико-технологическими процессами во всех хозяйствах всех видов транспорта во всех видах сообщения.

Таким образом, можно заключить, что интеграция логистики в систему научных специальностей в сфере управления транспортом позволит обогатить методологическим и прикладным инструментарием решения технико-технологического характера, создаст условия для интенсификации приращения научного знания и определения работниками научно-образовательной сферы элементов новизны, отвечающих взаимосвязанным требованиям логистики и транспортной науки. Особенное значение такой симбиоз имеет для диссертационных исследований, масштабность и сложность решаемых задач которых во многом требует не только технологических и эксплуатационных подходов, широко известных при управлении процессами перевозок и при организации производства на транспорте, но и применения опыта экономической оценки функционирования сложных логистических систем (например, при мультимодальных вариантах доставки, при формировании пакетов услуг комплексного транспортного обслуживания и др.). Следует также отметить, что практическая значимость таких подходов будет максимально полезна и применима в реальном транспортном бизнесе при решении широкого ряда прикладных задач для достижения не только транспортного, но и социального, экологического, энергетического и других внетранспортных эффектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://znatech.ru/proekty/interaktivnyj_institut_ssr/ukaz_prezidenta_rf_ot_01_12_2016_n_642_o_strategii_nauchno-tehnologicheskogo_razvitiya_rossijskoj_federacii/. – Дата доступа : 16.11.2021.

2 Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2035 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577?type>. – Дата доступа : 29.11.2021.

3 Распоряжение Правительства РФ от 13.02.2019 г. № 207-р (ред. от 31.08.2019) «Об утверждении Стратегии Пространственного Развития РФ на период до 2025 г.»

[Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://base.garant.ru/72174066/>. – Дата доступа : 29.11.2021.

4 Концепция ОАО «РЖД» от 06.10.2011 г. № 256 «Концепция комплексного развития контейнерного бизнеса в холдинге "РЖД"» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://legalacts.ru/doc/kontseptsija-kompleksnogo-razvitija-kontejnernogo-biznesa-v-kholdinge-rzhd-utv/>. – Дата доступа : 30.10.2021.

5 Распоряжение ОАО «РЖД» от 30.12.2011 г. № 2884р «Об утверждении "Концепции регламента организации контрейлерных перевозок на железных дорогах ОАО "РЖД"» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://base.garant.ru/70165792/>. – Дата доступа : 29.11.2021.

6 Концепция организации контрейлерных перевозок на «Пространстве 1520». – М., 2011. – 149 с.

7 Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_92060/4fa0a1723fc315e72f8bd97e119a1101f59ac132/. – Дата доступа : 29.11.2021.

8 Концепция создания терминально-логистических центров (ТЛЦ) на территории Российской Федерации, одобренная правлением ОАО «РЖД» 02.04.2012 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://cargo.rzd.ru>. – Дата доступа : 25.11.2021.

9 Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.02.2016 № 327-р) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mintrans.gov.ru/documents/8/8910>. – Дата доступа : 25.11.2021.

10 Рекомендации общественной палаты Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : pandia.ru/text/77/220/9730.php. – Дата доступа : 25.11.2021.

11 *Покровская, О. Д.* Терминалистика – организация и управление в транспортных узлах / О. Д. Покровская, Е. К. Коровяковский // Известия Петербургского ун-та путей сообщения. – 2016. – Т. 13. – № 4 (49). – С. 509–520.

12 *Покровская, О. Д.* Определение параметров терминальной сети региона (на примере Кемеровской области) / О. Д. Покровская // Транспорт Урала. – 2012. – № 1 (32). – С. 93–97.

13 *Покровская, О. Д.* Логистическая классность железнодорожных станций / О. Д. Покровская // Вестник Уральского гос. ун-та путей сообщения. – 2018. – № 2 (38). – С. 68–76.

P. V. KURENKOV, S. B. LEVIN

TRANSPORTATION LOGISTICS: HISTORY, PROBLEMS AND EDUCATION

The article discusses about role of transport logistics in the formation and development of the national economy, the features of planning and management of freight traffic in modern conditions, about need to coordinate the interaction of various types of transport and subjects of the transport market, about stages of formation and development of transport logistics, need to train relevant specialists.

Получено 20.12.2021

УДК 656.022

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
mihh-19@mail.ru*

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕТИ СТАНЦИЙ НА ПОЛИГОНЕ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Рассмотрены основные аспекты формирования сети размещения станций различного типа в современных условиях при изменении направлений освоения грузопотоков. Предложен новый подход к обоснованию изменения статуса функционирования станций и расчёту эффективности их использования с учётом прогноза объёмов и направлений выполнения грузовых перевозок.

Формирование сети станций различного типа на полигоне железной дороги Беларуси происходило исторически спонтанно, в зависимости от направления потока грузов, вагонов или поездов. При этом складывавшиеся экономические и другие условия способствовали многообразному формированию станций и узлов.

1 Сортировочные и участковые станции проектировались и создавались при паровозной тяге с учетом плеча экипировки паровозов. Однако с совершенствованием тягового обслуживания и переходом на удлиненные плечи оборота локомотивов и локомотивных бригад сеть станций оставалась неизменной.

2 Увеличение потока вагонов или поездов на отдельных направлениях Белорусской железной дороги стало основанием для строительства новых сортировочных или участковых станций на этих направлениях.

3 При падении вагонопотока на большинстве направлений статус созданных станций уже нельзя было изменить, так как необходимые реконструкции были бы связаны с большими капиталовложениями. Таким образом, при наличии большого резерва перерабатывающих мощностей и небольшом вагонопотоке происходил значительный перерасход ресурсов всех видов, что отражалось на себестоимости перевозок.

4 Каждое появление нового направления интенсивного вагонопотока приводило к строительству новых станций на данном направлении. При этом существующие станции сохраняли свой статус. На сегодняшний день не отработана технология изменения статуса станции при изменении объёма переработки и направления вагонов.

5 При получении страной независимости в 1991 г. изменены условия транспортной деятельности, в которых главным условием является выполнение требований транспортной логистики, определились новые аспекты формирования сети станций на полигоне железной дороги при небольшой её протяженности.

В современных условиях при формировании сети сортировочных и участковых станций необходимо решать следующие проблемы:

- разработки новых принципов прогнозирования транспортных потоков с учётом ретроспективных и перспективных направлений их движения, учитывающих многофакторный анализ влияния различных компонент прогнозирования;

- при формировании ресурсной базы реализации технической политики администрации железной дороги требуется предикатный подход для получения искомого результата. Он предусматривает построение модели взаимозависимости всех факторов: мощности вагонопотока, наличия ресурсов, оценки последствий открытия новых или консервации действующих мощностей станций;

- учёта перспектив внедрения новых технологий перевозочного процесса, связанных с контейнеризацией перевозок грузов по всем видам сообщений;

- взаимоувязывания работы станций при переработке грузового вагонопотока с перспективным изменением направлений его движения, введением скоростного пассажирского движения, которое оказывает определённое влияние на продвижение грузового вагонопотока.

Прогнозирование транспортных потоков в недалёком прошлом основывалось на актуальном в данный период времени факторе: объёме и направлении перевозки. За последние 30 лет направление транспортного потока, определяющего его влияние на развитие сети станций в Беларуси, изменялось кардинально. Можно выделить четыре характерных периода.

1 Основное направление грузопотока выполнялось из России в ЕС по каналу Восток – Запад. При этом были реконструированы станции Орша, Минск-Сортировочный, Барановичи-Центральные, Брест-Восточный, на которых увеличены перерабатывающие способности. При этом дефицит перерабатывающих способностей на направлении Орша – Брест составлял 25–30 %.

2 Увеличение грузопотока, следующего из Беларуси и России в Литву, Латвию и Калининградскую область, и его сокращение на втором международном транспортном коридоре в направлении Минск – Брест. Функционально грузопоток направлялся в морские порты Калининграда, Клайпеда, Вентспилс, Рига. В этот период введён в эксплуатацию двухпутный участок Полоцк – Бигосово. С ростом вагонопотока на направлении Смоленск – Бигосово расширены перерабатывающие мощности по станциям Жлобин, Ви-

тебск, Осиповичи и Полоцк. На направлении Орша – Вильнюс – Калининград (Клайпеда) построена сортировочная станция Молодечно.

3 Расширение транспортной деятельности, связанной с изменением экономических связей основных предприятий страны с Россией, Китаем, странами Юго-Восточной Азии, увеличение экспорта продукции нефтеперерабатывающих заводов, металлургического комбината, предприятий химической промышленности. Экспорт превышал импорт в шесть раз, в результате чего выросли пробеги порожних вагонов, направляемых под загрузку экспортных грузов. Причиной повышенного объёма сортировочной работы является использование частного парка грузовых вагонов, обеспечивающих основные предприятия погрузочными ресурсами. В это время получили развитие станции Жлобин (обслуживающая БМЗ), Калинковичи, Полоцк (обслуживающая НПЗ), Осиповичи (обеспечивающая погрузочными ресурсами БКК). Завершение электрификации направления Вильнюс – Гомель функционально обнулило потребность в тепловозном депо Минск-Сортировочный и потребовало пересмотра функционального назначения данной станции.

4 Изменение движения вагонопотоков с направлением их на РЖД в российские морские порты Усть Луга, Новороссийск, Архангельск; функциональное завершение создания в г. Смоленичи логистического центра «Великий камень» с включением его деятельности в крупные интерконтинентальные проекты «Великий шёлковый путь» и «Один пояс – один путь»; обеспечение стабильного и эффективного транспортного обеспечения растущих потребностей промышленных и агропредприятий региона, увеличение экспортного потенциала Республики Беларусь за счет развития Ситницкого и Петриковского горно-обогатительных комбинатов; внедрение ускоренного движения пассажирских поездов, маршруты которых проходят через станции и узлы различного статуса. Наличие их на маршрутах следования этих поездов не позволяет обеспечивать заявленную скорость их движения. По результатам действия этого периода утратили функциональный статус многие станции: Молодечно, Могилёв, Минск-Сортировочный. В то же время получили усиление станции Жлобин, Осиповичи, Гомель, Полоцк, Калинковичи, т. е. станции, обеспечивающие погрузочными ресурсами экспортно ориентированные предприятия страны.

Для обеспечения транспортного обслуживания логистики грузовых перевозок в центре «Великий камень» возникает потребность размещения новой сортировочной станции. В последние годы разработаны комплексные методы рационального размещения элементов транспортно-технологических систем на транспортной сети государств с различными размерами их площади [1]. Для условий Беларуси, в которых международные перевозки составляют 74,3 % и продолжается их перспективный рост концепция размещения и проектирования сети станций связана с выделением промыш-

ленно-транспортных узлов. Учитывается также модификация критерия оптимальности предпочтения при размещении станций с учетом взаимодействия с автомобильным транспортом при транспортном обслуживании экспорта в населённых пунктах, не имеющих выхода на железнодорожную сеть. Таким образом, требуется новый механизм оценки эффективности проектных решений по размещению элементов промышленно-транспортных узлов на действующей станционной сети с учётом критериев надёжности, неопределённости, ресурсного обеспечения, уровней организации транспортной деятельности.

Изменение направлений вагонопотоков на сети Белорусской железной дороги влияет на эффективность использования ресурса перерабатывающих способностей станций. Динамика вагонопотоков на полигоне Белорусской железной дороги показана на рисунке 1.

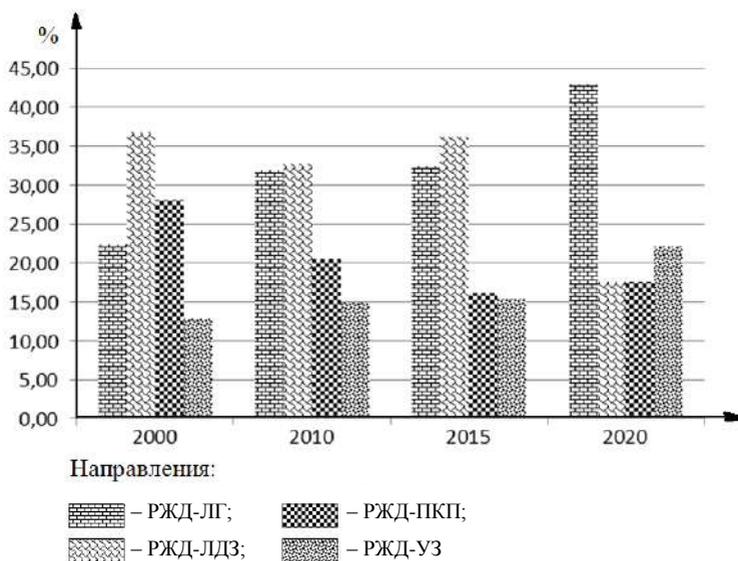


Рисунок 1 – Ретроспектива изменения направления транспортных потоков

Из диаграмм, приведенных на рисунке 1, видно, что объёмы перевозок грузов распределены по всем направлениям практически равномерно. Исключение составляет направление Смоленск – Бигосово – Рига. При этом следует отметить рост в 2020 г. транзитного вагонопотока, следующего по направлению Смоленск – Минск – Молодечно – Вильнюс. Практически весь станционный комплекс дороги загружен переработкой вагонов на данном направлении. Однако при рассмотрении перспективы направления вагонопотоков через железную дорогу прогнозируются значительные измене-

ния: 1) транзитный вагонопоток снизится на направлениях Смоленск – Вильнюс и Смоленск – Витебск – Бигосово; 2) вагонопоток собственного зарождения изменит направление движения, а нефтепродукты изменят направление с Полоцк – Бигосово и Полоцк – Молодечно на Полоцк – Алёща (РЖД), с Калинковичи – Гудогай и Калинковичи – Бигосово – на Калинковичи – Жлобин – Витебск – Езерище; 3) вывоз экспортных грузов химической и горнодобывающей промышленности на порты России через стыковые пункты Езерище, Заольша и Закопытье. Перспектива изменения направления транспортных потоков на тех же направлениях показана на рисунке 2.

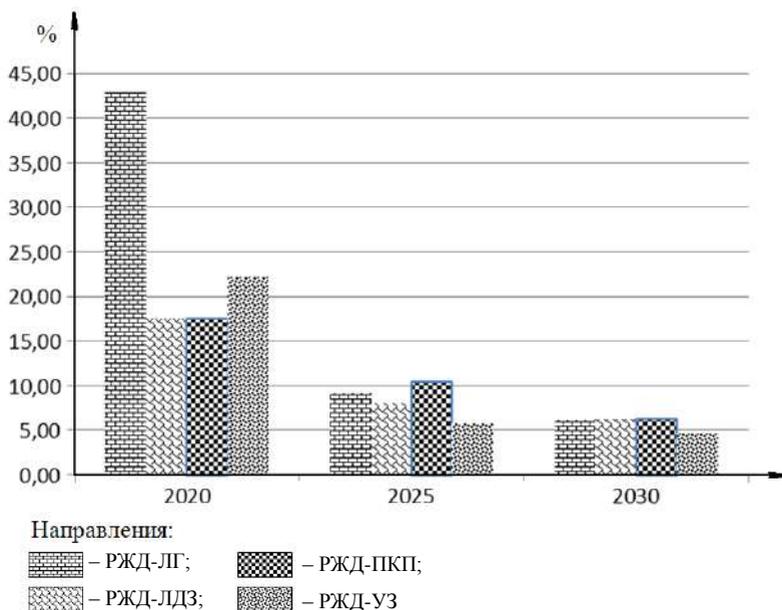


Рисунок 2 – Перспектива изменения направления транспортных потоков

Из рисунка 2, видно, что в перспективе железную дорогу ожидает изменение направления вагонопотоков, которое окажет влияние на загруженность станций.

С учётом такого прогноза транспортных потоков развитие сети станций на полигоне Белорусской железной дороги рассматривается создание общетранспортного логистического объекта. При этом транспортный узел, сформированный на базе сортировочной или участковой станции, развивается с учётом внутриузлового взаимодействия и условий для оказания логистического сервиса.

В такой ситуации возможно закрытие существующей сортировочной станции и её вынос в систему логистического центра [3], в связи с этим получает дополнительное развитие стыковочный пункт видов транспорта, в котором взаимодействие становится уже междузловым или межстанционным. Сам логистический сервис в таком случае позволяет обслуживать сложные системы доставки грузов (на примере логистического центра «Великий камень») с созданием мультимодального транспортно-логистического объекта, на котором осуществляется комплексный сквозной логистический сервис клиентуры, подвижного состава и грузов различных видов транспорта.

Кроме того, следует отметить, что возникает необходимость в реконструкции сложных транспортных объектов, к которым относятся крупные станции и железнодорожные узлы [5], и потребуются определенные капитальные вложения с очередностью реконструкции объектов железнодорожной инфраструктуры на станциях с учетом задач транспортной логистики. Для снижения расходов и улучшения технологических показателей на железной дороге можно прогнозировать повышение эффективности использования вагонов и локомотивов с применением предикатных зависимостей. Методика её использования предусматривает интеграцию вагонопотоков, расходов по их освоению, стоимости привлекаемых технологических, трудовых и финансовых ресурсов. При положительном значении предикатного уравнения по отношению к получаемым доходам от перевозки грузов принимается решение о целесообразности консервации части станций или отдельных их элементов и вывода из активной эксплуатации. Опыт многих железных дорог показывает, что консервация железнодорожных объектов инфраструктуры более эффективна, чем их исключение.

Для Белорусской железной дороги могут быть использованы полигонные технологии как новый подход к совершенствованию системы управления грузопотоками от крупных предприятий в направлении морских портов [7]. Такой подход может стать определяющим при формировании сети станций на железной дороге и изменении их функционального назначения.

Эффективность функционирования сети станций на полигоне Белорусской железной дороги на современном этапе может рассчитываться с использованием предикатных уравнений – зависимостей влияющих факторов на конечный результат. Это актуально в настоящий момент в связи с тем, что изменение статуса станции (сортировочной или участковой) требует больших финансовых затрат. При этом существенно изменяются технологические показатели использования транспортных средств (вагонов и локомотивов), путевого развития, трудовых ресурсов. Их ухудшение приводит к дополнительным затратам на выполнение перевозочного процесса, потерям транспортной работы в пользу конкурентных видов транспорта.

Сортировочные и участковые станции размещены в центре населённых пунктов, что создаёт экологические проблемы, особенно при тепловозной тяге. При этом важным фактором эффективности их работы становится экономический результат, выраженный через себестоимость перевозки одного тонно-километра (рисунк 3).

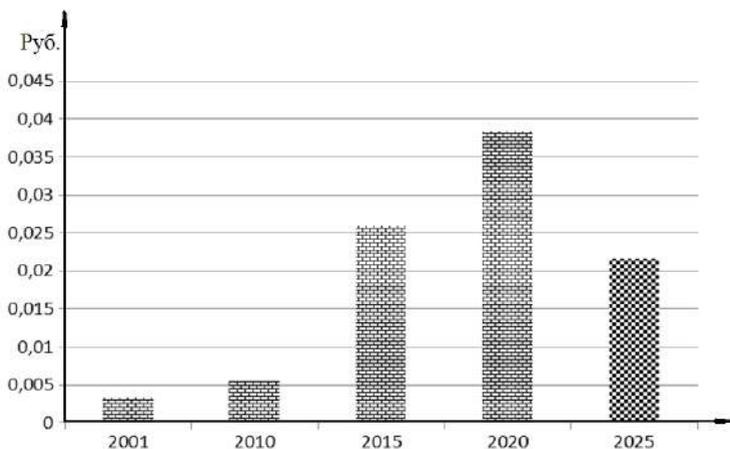


Рисунок 3 – Динамика себестоимости перевозок грузов

Из рисунка 3 видно, что при снижении использования перерабатывающих способностей значительного количества станций дороги, предусмотренном на пятилетку, себестоимость перевозок будет заметно уменьшена. При этом в рассмотрение оценки эффективности работы попадут станции Молодечно, Минск-Сортировочный, Орша, Осиповичи, Могилев и др.

С учётом того, что значительную часть вагонопотока с транзитными и экспортными грузами прогнозируется пропускать в маршрутных и интермодальных поездах, будет наблюдаться изменение эксплуатационных показателей использования вагонов, существенно сократится потребность в переработке вагонов на станциях и, соответственно, снизится себестоимость пропуска поездов. Это, в свою очередь, отразится на таких эксплуатационных показателях, как количество переработанных вагонов и средний простой их на станциях (рисунок 4).

Таким образом, видно, что при изменении структуры размещения станций на полигоне железной дороги и эффективном использовании их ресурсов, а также более широкой маршрутизации перевозок, наряду с уменьшением количества переработанных вагонов сокращается их простой на станциях, что положительно повлияет на оборот грузового вагона на железной дороге в целом.

Таким образом, формирование сети станций различного статуса на полигоне железной дороги с чётко выраженными потоками транзитного и экспортного груза и необходимости межгосударственной передачи поездов будет эффективным при реализации современной технологии перевозочного процесса с использованием новых условий транспортной логистики и мультимодальных перевозок, принятых в Беларуси на перспективу.

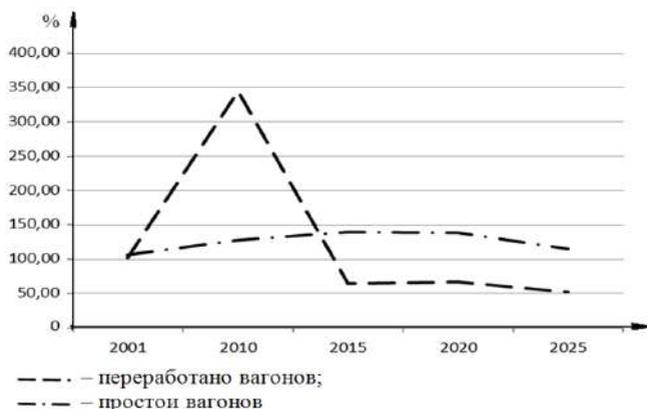


Рисунок 4 – Динамика изменения эксплуатационных финансовообразующих показателей использования грузовых вагонов

Потребность в изменении сети станций на полигоне железной дороги с различным статусом, несмотря на значительные финансовые затраты, должна поэтапно удовлетворяться, что в целом приведет к положительной тенденции по эффективному использованию железнодорожной инфраструктуры, подвижного состава и ресурсов железной дороги, которые будут с каждым годом ограничиваться.

Важным аспектом развития сети станций на полигоне железной дороги станет также поэтапная контейнеризация перевозок всех грузов, что приведёт в конечном итоге, по опыту КНР, к использованию для перевозок универсальных железнодорожных платформ и сокращению потребности переработки вагонов на станциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Числов, О. Н. Комплексные методы рационального размещения элементов транспортно-технологических систем в железнодорожных узлах / О. Н. Числов. – Ростов н/Д : Рост. гос. ун-т путей сообщения. – 2009. – 294 с.
- 2 Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – М. : Техинформ, 2001. – 256 с.
- 3 Покровская, О. Д. Эволюционно-функциональное развитие транспортных узлов / О. Д. Покровская, К. А. Заболоцкая // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. – Гомель, 2019. – С. 92–98.
- 4 Балалаев, А. С. Методология транспортно-логистического взаимодействия при мультимодальных перевозках : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.01 / А. С. Балалаев. – М., 2010. – 280 с.
- 5 Покровская, О. Д. Классификация узлов и станций как компонентов транспортной логистики / О. Д. Покровская // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 5 (59). – С. 77–86.

6 Лебедев, А. С. Использование понятия экономического потенциала при определении этапности реконструкции нескольких железнодорожных объектов / А. С. Лебедев // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2019. – С. 77–82.

7 Зубков, В. Н. Полигонные технологии как новый подход к совершенствованию системы управления грузопотоками в направлении портов и крупных предприятий / В. Н. Зубков, Е. А. Чеботарева, В. В. Чеботарев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – № 3. – 2015. – С. 64–72.

A. A. MIKHALCHENKO

MODERN ASPECTS OF FORMING A NETWORK OF STATIONS ON THE RAILWAY LAND

The main aspects of the formation of a network of distribution of stations of various types in modern conditions when changing the directions of development of cargo flows are considered. A new approach is proposed to substantiate the change in the status of the functioning of stations and to calculate the efficiency of their use, taking into account the forecast of freight traffic.

Получено 12.10.2021

ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021

УДК 656.021.5

В. Я. НЕГРЕЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Рассматривается необходимость учета изменения потребной пропускной и перерабатывающей способностей устройств транспортной системы во времени, а также целесообразность консервации инфраструктуры, способной сократить расходы на развитие при возрастании объемов перевозок при сокращении транспортной нагрузки.

Принципиальной особенностью развития элементов транспортной системы является высокая неопределенность потребной пропускной (перерабатывающей) способности, дискретный характер изменения наличной пропускной (перерабатывающей) способности. Кроме того, на рубеже 90-х годов XX века произошли коренные изменения в объемах перевозки грузов, пассажиров их структуры и пространственного распределения по элементам транспортной системы. Например, на Белорусской железной дороге в 1995 году по

сравнению с 1991 годом произошло более чем двухкратное уменьшение объема работы. Аналогичная тенденция была характерна и для других видов транспорта. Таким образом, в современных условиях транспортные системы работают в условиях «знакопеременных», а не постоянно возрастающих нагрузок. В отдельные периоды эксплуатации наличная перерабатывающая способность используется на 20–40 %. Поэтому важными вопросами развития транспортных систем является их демонтаж или консервация и резервирование технического оснащения.

Необходимо отметить, что задача консервации и демонтажа постоянных устройств транспортной системы до конца 1990-х годов практически не изучалась. Остались в стороне вопросы продолжительности работы системы без развития в условиях убывающих нагрузок, демонтажа или консервации избыточной пропускной (перерабатывающей) способности. Гораздо интенсивнее велись исследования по этому развитию транспортных систем в условиях возрастающих нагрузок [1, 2, 5, 6].

Мощность устройств в момент времени t_0 равна N_0 (рисунок 1), а потребная пропускная (перерабатывающая) способность изменится по кривой.

При падении потребной пропускной способности до момента t_k , а затем росте по наиболее вариантному прогнозу эта мощность обеспечит работу системы в течение периода $(t_0 - t_b)$. Для сокращения расходов в момент времени t_0 некоторая мощность системы ΔN ставится на консервацию.

При консервации мощности системы на величину ΔN расходы на содержание устройств уменьшатся на величину

$$\Delta \mathcal{E} = \gamma_0 \Delta K, \quad (1)$$

где ΔK – сокращение капитальных вложений в связи с консервацией устройств; γ_0 – коэффициент, учитывающий долю расходов на содержание постоянных устройств.

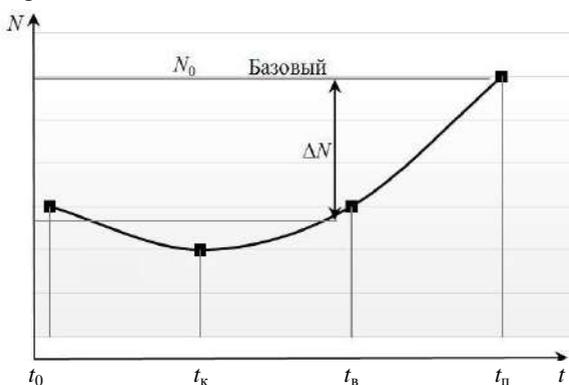


Рисунок 1 – Изменение потребной пропускной способности системы от времени

Если консервацию не выполнять, то приведенные расходы

$$E_1 = \gamma_0 \Delta K \left(\sum_{t=1}^{t_b} \frac{1}{(1 + E_{\text{нп}})^t} \right), \quad (2)$$

где $E_{\text{нп}}$ – норматив приведения разновременных затрат.

Консервация устройств вызывает дополнительные капитальные вложения, связанные с охраной объекта и эксплуатационные расходы с содержанием консервируемых устройств, т. е.

$$E_2 = \gamma_k \Delta K \left(\sum_{t=1}^{t_b} \frac{1}{(1 + E_{\text{нп}})^t} \right) + \gamma_3 \Delta K, \quad (3)$$

где γ_k, γ_3 – соответственно, коэффициенты, учитывающие долю расходов, связанных с охраной и содержанием консервируемых устройств.

Таким образом, консервация устройств будет оправдана, если

$$E_1 > E_2, \\ \gamma_0 \Delta K \left(\sum_{t=1}^{t_b} \frac{1}{(1 + E_{\text{нп}})^t} \right) \geq \gamma_k \Delta K \left(\sum_{t=1}^{t_b} \frac{1}{(1 + E_{\text{нп}})^t} \right) + \gamma_3 \Delta K, \quad (4)$$

Преобразуя выражение (4), получим

$$\gamma_0 - \gamma_k \geq \frac{\gamma_3}{\sum_{t=1}^{t_b} \frac{1}{(1 + E_{\text{нп}})^t}}. \quad (5)$$

Исследования и систематизация проектов показала, что коэффициент γ_0 лежит в пределах γ_k от 0,015 до 0,024, а коэффициент γ_3 изменяется от 0,15 до 0,35. Большие значения коэффициента γ_k характерны для сложных и дорогостоящих систем.

Например, если $\gamma_0 = 0,06$, $\gamma_k = 0,03$, $\gamma_3 = 0,16$, а период консервации равен 6 годам, то по формуле (5) при $E_{\text{нп}} = 0,08$

$$0,06 - 0,03 \geq \frac{0,16}{4,62};$$

$0,03 < 0,035$, т. е. при $t_b = 6$ лет консервация нецелесообразна.

Используя выражение (5), при $t_b = 8$ лет

$$0,06 - 0,03 \geq \frac{0,16}{5,75};$$

$0,03 > 0,028$, и если период консервации $t_b = 8$ лет, то целесообразно осуществить консервацию части технического оснащения транспортной системы.

Для облегчения практических расчетов в таблице 1 приведены предельные значения величины $\Delta = \gamma_0 - \gamma_k$ при различных значениях норматива приведения затрат $E_{\text{нп}}$ и коэффициента γ_3 .

Таблица 1 – Значения коэффициента Δ при различном нормативе приведения
разновременных затрат

Продолжитель- ность консервации, лет	$E_{\text{нп}} = 0,08$			$E_{\text{нп}} = 0,10$			$E_{\text{нп}} = 0,12$		
	γ_b			γ_b			γ_b		
	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
1	0,108	0,216	0,324	0,110	0,220	0,330	0,112	0,224	0,336
2	0,056	0,112	0,168	0,058	0,115	0,173	0,059	0,118	0,177
3	0,039	0,078	0,116	0,040	0,080	0,121	0,042	0,083	0,125
4	0,030	0,060	0,090	0,031	0,063	0,095	0,033	0,066	0,099
5	0,025	0,050	0,075	0,026	0,053	0,079	0,028	0,055	0,083
6	0,022	0,044	0,065	0,023	0,046	0,069	0,024	0,049	0,073
7	0,019	0,038	0,058	0,021	0,041	0,062	0,022	0,044	0,066
8	0,017	0,035	0,052	0,019	0,037	0,056	0,020	0,040	0,060
9	0,016	0,032	0,048	0,017	0,035	0,052	0,019	0,037	0,056
10	0,015	0,030	0,045	0,016	0,032	0,049	0,018	0,035	0,053
11	0,014	0,028	0,042	0,015	0,031	0,046	0,017	0,034	0,051
12	0,013	0,026	0,040	0,015	0,029	0,044	0,016	0,032	0,048
13	0,013	0,025	0,038	0,014	0,028	0,042	0,015	0,031	0,047
14	0,012	0,024	0,036	0,013	0,027	0,041	0,015	0,030	0,045
15	0,012	0,023	0,035	0,013	0,026	0,039	0,014	0,029	0,044

По данным таблицы 1 построена зависимость $\Delta = f(E_{\text{нп}}, \gamma_b, \gamma_k)$, приведенная на рисунке 2. Из анализа рисунка 2, а и таблицы 1 следует, что целесообразность консервации части пропускной (перерабатывающей) способности транспортной системы наступает при продолжительности периода консервации от 7 до 10 лет.

На эффективность консервации устройств существенное влияние оказывают расходы, связанные с содержанием постоянных устройств. Например, если $\gamma_b = 0,10$, а $\Delta = 0,04$, то эффективность консервации наступает при $t_b > 3$ лет. С расчетом параметра $E_{\text{нп}}$ также происходит некоторое увеличение продолжительности консервации устройств (рисунок 2, б).

Особое место в теории развития транспортных систем занимают инфляционные процессы. В зависимости от темпа инфляции существенно изменяются как расходы на обслуживание устройств, так и капитальные вложения на развитие. По отношению к консервации устройств, если ее не выполнять, то расходы

$$E_1' = \gamma_0 \Delta K \left(\sum_{t=1}^{t_n} \frac{1}{(1 + E_{\text{нп}})^t} \right) (1 + \varphi_{\text{и}} t_k), \quad (6)$$

где $\varphi_{\text{и}}$ – коэффициент, учитывающий влияние инфляции на рост стоимости оборудования и его содержание.

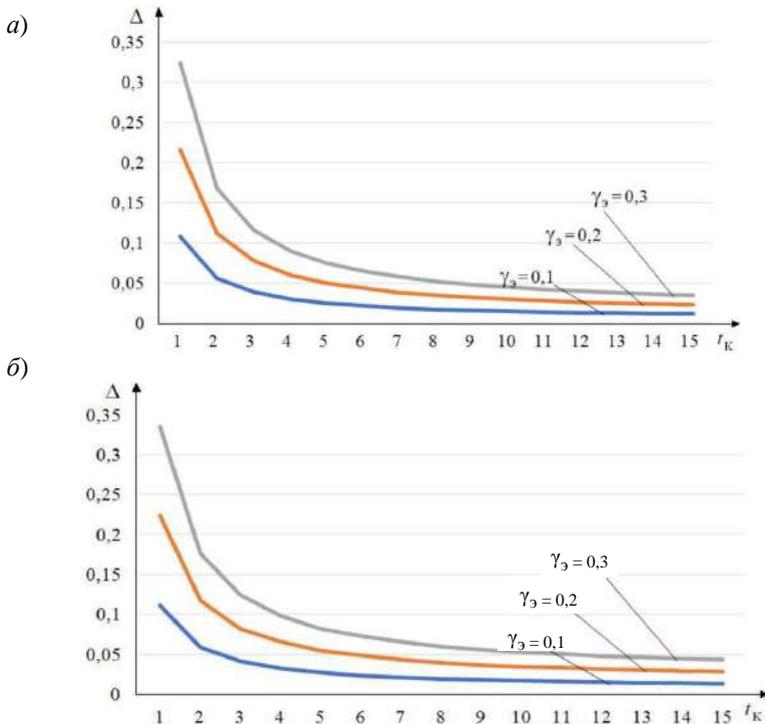


Рисунок 2 – Графики зависимостей $\Delta = f(t_k, \gamma_3, E_{\min})$: а – при $E_{\min} = 0,08$; б – при $E_{\min} = 0,12$

Консервация устройств вызывает расходы

$$E_2' = \gamma_k \Delta K \left(\sum_{t=1}^{t_n} \frac{1}{(1 + E_{\min})^t} \right) (1 + \varphi_n t_k) + \gamma_3 \Delta K, \quad (7)$$

где γ_k , γ_3 – соответственно коэффициенты, учитывающие доли расходов, связанные с приобретением устройств охраны и их содержанием.

Если $E_2' \geq E_1'$, то консервация устройств выгодна. Другими словами, используя (6) и (7), получим

$$\gamma_0 - \gamma_k \geq \frac{\gamma_3}{\sum_{t=1}^{t_n} \frac{1}{(1 + E_{\min})^t} (1 + \varphi_n t_k)}, \quad (8)$$

а из анализа выражения (8) вытекает, что

$$\frac{\gamma_3}{\sum_{t=1}^{t_n} \frac{1}{(1 + E_{\min})^t}} \geq \frac{\gamma_3}{\sum_{t=1}^{t_n} \frac{1}{(1 + E_{\min})^t} (1 + \varphi_n t_k)}, \quad (9)$$

и эффективность консервации устройств транспортной системы в условиях инфляции наступает при меньших значениях t_k .

В таблице 2 приведены значения параметра $\Delta = \gamma_0 - \gamma_k$ при различных уровнях инфляции.

Таблица 2 – Значения коэффициента Δ при различных уровнях инфляции

Продолжительность консервации, лет	$E_{ин} = 0,08$			$E_{ин} = 0,10$			$E_{ин} = 0,12$		
	γ_3			γ_3			γ_3		
	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
1	0,123	0,246	0,370	0,125	0,251	0,376	0,129	0,258	0,386
2	0,067	0,134	0,202	0,069	0,139	0,208	0,073	0,146	0,218
3	0,049	0,097	0,146	0,051	0,102	0,152	0,054	0,108	0,161
4	0,039	0,078	0,118	0,041	0,083	0,124	0,045	0,090	0,134
5	0,034	0,067	0,101	0,036	0,072	0,108	0,039	0,078	0,118
6	0,030	0,060	0,090	0,032	0,064	0,096	0,035	0,071	0,106
7	0,027	0,054	0,082	0,029	0,059	0,088	0,033	0,066	0,098
8	0,025	0,050	0,076	0,027	0,055	0,082	0,031	0,062	0,092
9	0,024	0,047	0,071	0,026	0,052	0,078	0,029	0,058	0,088
10	0,022	0,045	0,067	0,025	0,049	0,074	0,028	0,056	0,084

Альтернативой консервации транспортной системы является её демонтаж. Решение о демонтаже целесообразно принимать на основе критерия оптимальности «приведенные расходы». Задача формулируется так: требуется определить структуру, техническое оснащение и технологические параметры транспортной системы при убывающей до некоторого момента нагрузки t_k .

Приведенные расходы для базового варианта развития системы:

$$E_6 = \sum_{t=1}^{t_n} \frac{\Theta_t}{(1 + E_{ин})^t}, \quad (10)$$

где t_b – момент ввода дополнительной мощности транспортной системы в случае роста нагрузки; Θ_t – эксплуатационные расходы на функционирование системы в t -м году.

Если выполняется в момент времени t_0 демонтаж устройств (или всей системы), то общие приведенные расходы

$$E_d = (\Theta_b + K_b) \frac{\Theta_t}{(1 + E_{ин})^t} + (K_p - K_d + \Theta_d) + \sum_{t=1}^{t_n} \frac{\Theta_t}{(1 + E_{ин})^t}, \quad (11)$$

где Θ_b , K_b – соответственно дополнительные эксплуатационные расходы и капитальные вложения, вызываемые развитием системы в момент времени t_b ; K_p – дополнительные капитальные вложения в развитие системы более высокого уровня, например, при демонтаже станции это вложения в развитие железнодорожного узла; K_d – ликвидная стоимость демонтируемых устройств; Θ_d – эксплуатационные расходы, связанные с демонтажом устройств в момент времени t_0 .

В качестве примера приведем вариант развития двусторонней сортировочной станции, предусматривающий демонтаж одной из подсистем станции, которая имеет горку малой мощности и два параллельно расположенных сортировочному приемо-отправочных парков. Демонтаж предусматривает разборку 24,47 км путей, 58 стрелочных переводов, 76 светофоров, одной сортировочной горки. При закрытии подсистемы ее работа передается в более развитую нечетную систему. Расходы для базисного варианта составляют 35,100 млн руб. Используя выражение (11) установили, что

$$E_d = \frac{0,84+300,2}{1,851} + (44,2 - 207,1 + 123,2) + 22905 = 22917 \cdot 10^3 \approx 22,9 \text{ млн руб.}$$

Сравнивая E_d с E_n получим, что $35,1 > 22,9$, т. е. демонтаж системы является выгодным решением. Характерно, что такое решение эффективнее консервации устройств.

Таким образом, чередование периодов роста и спада размеров перевозок в условиях рыночной экономики становится характерной чертой и существенно влияет на практику и теорию развития пропускной (перерабатывающей) способности транспортных систем. Учитывая дискретность не только увеличения пропускной способности, но и ее снижения (консервация, демонтаж, передача в аренду и др.), следует вместо понятия «этапность развития» ввести более общее – этапность изменения технического состояния транспортной системы, которое позволяет рассматривать все варианты изменения пропускной (перерабатывающей) способности транспортной системы.

Таким образом, оптимальный вариант будет характеризовать наиболее целесообразную траекторию изменения технического состояния и технологии в координатах «время – состояние» и знакопеременной функции транспортной нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Железнодорожные станции и узлы / под ред. В. М. Акулиничева. – М. : Транспорт, 1992. – 450 с.
- 2 Железнодорожные станции и узлы / под ред. В. Г. Шубко, Н. В. Правдина. – М. : УМК МПС России, 2002. – 368 с.
- 3 *Правдин, Н. В.* Проектирование железнодорожных станций и узлов. Ч. 1 / Н. В. Правдин, Т. С. Банек, В. Я. Негрей. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Выш. шк., 1984. – 287 с.
- 4 Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты) : учеб. пособие / В. Я. Негрей [и др.] ; под общей ред. В. Я. Негрея. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 625 с.
- 5 *Ефименко, Ю. И.* Выбор оптимальной этапности развития железнодорожных станций и узлов : учеб. пособие / Ю. И. Ефименко. – Л. : ЛИИЖТ, 1989. – 58 с.

6 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / П. С. Грунтов [и др.] / под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.

V. Ja. NEGREY

DEVELOPMENT OF TRANSPORT SYSTEMS

It is underlined necessity to take into account change of required carrying and processing ability of devices transport system in time. At reduction of transport loading it is expedient to consider preservation of an infrastructure capable to reduce the charges on development at increase volumes of transportations.

Получено 22.11.2021

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021**

УДК 656.029.4:004

В. А. ПАДАЛИЦА

ООО «Трансрэйл-БЧ», Республика Беларусь, г. Минск

pva@tses.ru

С. А. ТУМЕЛЬ

ООО «Современные технологии торговли», Республика Беларусь, г. Минск

tumel@topby.by

С. В. ЕНИН

РОО «Информационное общество», Республика Беларусь, г. Минск

sergei.yenin@gmail.com

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ КООРДИНАЦИИ ЕВРАЗИЙСКИХ ГРУЗОПОТОКОВ В РАМКАХ ЭКОСИСТЕМЫ ЦИФРОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ ЕАЭС

Рассматривается практическая возможность реализации экосистемы цифровых транспортных коридоров ЕАЭС и сопряжения её с аналогичными системами сопредельных стран, в частности, с китайской инициативой «Один пояс – один путь», объединяющей национальные системы электронной логистики Китая, Кореи и Японии, а также с проектами Евросоюза, которые реализуются на основе согласованного использования инфраструктуры железнодорожного транспорта и нормативных правовых актов цифровой трансформации экономики стран ЕС в сфере транспорта.

Данный проект предусматривает ряд инновационных решений, реализуемых на базе создаваемого прототипа цифровой платформы координации Евразийских товаропотоков (ЦПКТ). Проектируемая ЦПКТ предназначена

для создания цифровых механизмов, обеспечивающих взаимовыгодное сотрудничество участников Евразийских транспортных коридоров: поставщиков и потребителей транспортно-логистических сервисов, а также контролирующих государственных органов стран – членов ЕАЭС. Это сотрудничество должно быть направлено средствами ЦПКТ на создание и реализацию высокоэффективных транспортно-логистических сервисов в цифровом формате. Проект предусматривает цифровую трансформацию действующих средств и технологий, включая:

- документальное сопровождение Евразийских грузовых перевозок железнодорожным, автомобильным, речным и морским видами транспорта, включая административные процедуры в пограничных пунктах пропуска стран – членов ЕАЭС;

- планирование Евразийских грузовых перевозок железнодорожным, автомобильным, речным и морским видами транспорта на основе рыночных биржевых механизмов формирования баланса спроса и предложения сервисов евразийской транспортной инфраструктуры и транспортных средств;

- оперативное управление Евразийскими товаропотоками через страны – члены ЕАЭС;

- мониторинг перевозок с фиксацией значимых технологических событий (штатных и внештатных) и их документального оформления, а также мониторинг текущей дислокации и состояние товаров, перевозимых по Евразийским транспортным коридорам, включая охрану и страхование;

- учёт и анализ результатов Евразийских перевозок товаров и реализация сопутствующих сервисов, включая распределение ответственности за несоблюдение качества сервисов между их поставщиками и потребителями в рамках актово-претензионного делопроизводства.

Актуальность проекта обусловлена вызовами мирового кризиса, спровоцированного пандемией коронавируса. Это проявляется в образовании заторов из десятков «брошенных» поездов на подходах к пограничным передаточным станциям и образованием многокилометровых очередей к автомобильным пунктам пропуска стран – членов ЕАЭС. Научная новизна проекта, коренное отличие и конкурентное преимущество проектируемой ЦПКТ в сравнении с аналогичными по назначению платформами состоит в системном подходе к реализации транспортно-логистических сервисов.

Для реализации проекта потребуются некоторые изменения правовых, технологических и экономических условий реализации транспортно-логистических сервисов. Внедрение проекта предусматривается на ограниченном пилотном Евразийском полигоне с участием ограниченного круга участников. В случае успешной реализации намеченных проектных решений могут последовать предложения по их полномасштабному внедрению с целью оптимизации Евразийских товаропотоков.

Создаваемая ЦПКТ не должна подменять собой ИТ-системы участников транспортных коридоров, не должна вмешиваться в решение национальных задач и нарушать национальный суверенитет стран – членов ЕАЭС. Напро-

тив, ЦПКТ должна базироваться на ИТ-системах национальных участников внешнеэкономической деятельности с целью координации их взаимодействия на международном уровне и достижения синергетических эффектов. При этом ЦПКТ должна обеспечить их полную информационную безопасность при работе в международных технологиях. Важной целью ЦПКТ является обеспечение информационно-аналитической поддержки технологических процессов и управляющих решений персонала участников перевозок по Евразийским коридорам на всех этапах жизненного цикла международной грузовой перевозки.

Используя ЦПКТ, перевозчики, владельцы транспортной инфраструктуры, подвижного состава и другие производители услуг во всех странах, через которые пролегают Евразийские железнодорожные коридоры, должны представлять потенциальную грузовую базу и потребности в логистических услугах. На основании этой информации и с учётом имеющихся ресурсов они смогут формировать предложение своих сервисов и продвигать их на внешние рынки средствами ЦПКТ. В случае выявления платежеспособного неудовлетворённого спроса они смогут делать выводы о целесообразности развития инфраструктуры и/или наращивания парков транспортных средств. На основании этих выводов будут предприниматься соответствующие меры с учётом требуемых инвестиций.

ЦПКТ должна также показывать грузовладельцам и другим потребителям транспортно-логистических сервисов поставщиков этих сервисов с предоставлением удобных цифровых механизмов для взаимодействия и заключения соответствующих договоров.

Глобальной целью создания цифровой платформы координации Евразийских товаропотоков является повышение экономической эффективности реализации транзитного и экспортно-импортного потенциала стран – членов ЕАЭС. Причастные государственные структуры стран – членов ЕАЭС заинтересованы использовать ЦПКТ для целей интеграции национальных экономик, включая производственные, торговые и транспортно-логистические системы в соответствующие мировые системы на основе трансграничного электронного документооборота; обеспечения роста грузооборота национальных транспортных систем; обеспечения роста экономической эффективности и налоговых поступлений по результатам функционирования национальных транспортных систем; снижения рисков и негативных неконтролируемых последствий в функционировании национальных транспортных систем; эффективного мониторинга транспортных процессов и обеспечения условий для развития добросовестной конкуренции; реализации транспортного потенциала и привлечение транзитных потоков на международные транспортные коридоры, проходящие по территории государств – членов ЕАЭС; создания дополнительных рабочих мест и точек экономического роста в регионах на маршрутах прохождения транспортных коридоров; создания условий для привлечения международных инвестиций в инфраструктурные проекты; развития и модернизации транспортной инфраструктуры.

Проект предусматривает трехуровневую структуру ЦПКТ.

1 *Базовый технологический уровень*, включающий существующие информационные системы участников цепочки поставок: грузовладельцев, торговых организаций, перевозчиков, владельцев транспортной и логистической инфраструктуры и транспортных средств, грузовых форвардеров, страховые компании, предприятия по защите грузов и т. д.

Этот уровень создаёт основу цифровой инфраструктуры ЦПКТ. В процессе разработки проекта необходимо обеспечить интероперабельность всех ИТ-систем, вовлекаемых в ЦПКТ и устранить их цифровое неравенство. Применительно к железнодорожному транспорту это означает необходимость обеспечения совместимости ИТ-систем терминалов, станций, участков, локомотивных и вагонных депо на всех национальных участках стран – членов ЕАЭС, через которые проходят транспортные коридоры.

2 *Национальный уровень*, включающий национальные информационные ресурсы (электронные логистические системы стран, созданные с использованием интеграционных платформ, регулирующие и контролирующие органы, финансовые учреждения, другие административные органы). Национальный уровень ЦПКТ должен решить три общесистемных задачи в части обеспечения информационного доверительного взаимодействия ИТ-систем базового уровня с ИТ-системами национальных госорганов, иностранных государств с учётом обеспечения безопасности и соблюдения национального суверенитета и межстранового уровня ЦПКТ с соблюдением национального суверенитета.

3 *Межстрановой уровень* – это информационно-сервисное цифровое пространство, которое формирует создание и обмен данными (конвейер данных), объединяет участников в конкретной мультимодальной доставке товаров в регионе взаимодействия ЕС – ЕАЭС.

Платформа способна реализовать четыре фундаментальных, функциональных, прикладных бизнес-блока по реализации сервисов:

- цифрового трансграничного пространства доверия транспортных коридоров ЕАЭС;
- транспортно-логистической инфраструктуры и транспортных средств (по видам транспорта) транспортных коридоров ЕАЭС;
- мониторинга текущей дислокации и состояния перевозимых товаров по транспортным коридорам ЕАЭС, включая охрану и страховку;
- статистики и аналитики.

Эффективное формирование сервисов транспортно-логистической инфраструктуры и транспортных средств может быть проведено через создание цифровых моделей (цифровых двойников) транспортно-логистической инфраструктуры маршрутов движения евразийских грузопотоков на основе информации из национальных систем электронной логистики и через создание цифровых моделей транспортных средств (по видам транспорта).

Полные цифровые модели объектов инфраструктуры и транспортных средств должны создаваться на базовом и национальном уровнях ЦПКТ. На

межстрановом уровне эти модели будут упрощённые, так как основываются на соответствующих данных, передаваемых из базового уровня системы, т. е. из ИТ-систем владельцев или распорядителей этих средств. Передаваемая информация может быть неполной, обобщённой. В то же время эта информация должна быть достаточной для построения обобщённых цифровых моделей инфраструктурных объектов общего пользования, которые вовлечены в технологии перевозок транзитных и экспортно-импортных грузов, и оказания сопутствующих сервисов. Степень детализации этих моделей должна определяться национальными владельцами соответствующих средств, а также спецификой задач, для решения которых будут использоваться эти модели. Кроме того, важно обеспечить создание цифровых двойников бизнес-процессов национальных участков евразийских маршрутов, включая технологические графики обработки транспортных единиц по видам транспорта в ключевых пунктах (пограничные перегрузочные станции, морские порты, транспортные узлы, «сухие порты», пограничные пункты пропуска); нормативные расписания движения транспортных средств по национальным участкам (по видам транспорта: железнодорожный, автомобильный, речной, морской); технические нормативы приёма-передачи транспортных средств инфраструктурами сопредельных стран ЕАЭС (по видам транспорта).

Разработка сквозных, технически возможных расписаний евразийских перевозок по железнодорожному и автомобильному видам транспорта в мультимодальном сообщении выполняется на базе нормативных расписаний национальных участков и технических нормативов приёма-передачи транспортных средств инфраструктурами сопредельных стран ЕАЭС (по видам транспорта).

Основной формой подачи заявок должна быть интерактивная форма цифрового моделирования требуемого сервиса. Каждый потребитель должен иметь возможность выбора требуемых сервисов и смоделировать выгодный ему вариант их получения с указанием количественных, временных, качественных и экономических параметров по экспорту, импорту и транзиту. Выделение конкурирующих заявок, которые претендуют на сервисы ограниченных ресурсов инфраструктуры и (или) транспортных средств, не может быть обеспечено одновременно. Это отражает факт, что спрос превышает предложение транспортно-логистических сервисов. Поэтому особой задачей представляется формирование рыночного баланса спроса и предложения транспортно-логистических сервисов транспортных коридоров ЕАЭС. Этот баланс может быть обеспечен организацией электронных торгов за право использования ограниченных «ниток» сквозных расписаний по видам транспорта и в мультимодальном сообщении с заключением договоров по результатам торгов.

Управление спросом на перевозки осуществляется посредством календарного планирования движением грузопотоков, которое обеспечивается решением следующих задач:

- сбора календарных заявок потенциальных потребителей на требуемые им сервисы;
- актуализации сквозных расписаний на основе календарных заявок;
- планирования ниток расписаний транспортными средствами;
- заключения контрактов на использование транспортных средств;
- информирования исполнителей по актуализированным сквозным расписаниям.

Координация оперативного управления движением грузопотоков обеспечивается благодаря непрерывному мониторингу перевозок, включая использование электронных навигационных пломб и создание ситуационной динамической цифровой модели движения транспортных средств всех видов транспорта, включая контейнерные поезда на всём протяжении Евразийских железнодорожных и мультимодальных маршрутов в режимах, близких к реальному времени.

Эффективность перевозочного процесса в таких масштабах невозможна без прогнозирования проблемных ситуаций на стыках железных дорог и при передаче грузов на другие виды транспорта. Своевременное выявление и устранение барьеров, связанных с неправильным оформлением перевозочных и сопроводительных документов, а также информационное обеспечение процессов управления движением поездов будет способствовать повышению качества сервисов по критериям безопасности, сохранности, своевременности и адресности доставки грузов.

Создание ЦПКТ будет способствовать решению проблем, вызываемых несовершенством технологий информационного сопровождения международных грузовых перевозок на основе «бумажного» документооборота; недостатками действующих систем планирования и оперативного управления Евразийскими товаропотоками, включая распределение ограниченных ресурсов пропускных и перерабатывающих способностей транспортно-логистической инфраструктуры и дефицитных транспортных средств; недостатками нормативно-правовых, технологических и экономических условий реализации транспортно-логистических сервисов; несовершенством действующих технологий мониторинга текущей дислокации и состояния перевозимых товаров, включая охрану и страхование.

Практика международных грузовых перевозок всеми видами транспорта показывает, что бумажный документооборот создает многочисленные проблемы. В современных условиях цифровизации это неоправданно высокая трудоёмкость и продолжительность обработки документов в международных пунктах пропуска в ходе административных процедур, приводящие к непроизводительным простоям транспортных средств и грузов в ожидании оформления документов. Указанные проблемы могут решаться средствами цифровой платформы путём обеспечения перехода на безбумажные технологии сопровождения грузоперевозок, включая трансграничный обмен

электронными документами. Эти технологии предусматривают предварительную передачу электронных перевозочных и сопроводительных документов на пограничные пункты пропуска, включая пограничные передаточные железнодорожные станции, что позволит контролирующим органам заблаговременно проверять полноту комплектов и правильность оформления документов. В случаях обнаружения препятствий (вследствие ошибок в документах или недостатка каких-либо требуемых для административных процедур документов) возникшие проблемы будут устраняться до прибытия соответствующих грузов в пункты пропуска.

Таким образом, может быть создана бесшовная цифровая среда, обеспечивающая свободное продвижение грузов и транспортных средств через страны – члены ЕАЭС. В результате ЦПКТ должна обеспечить следующие эффекты:

- устранение препятствий, возникающих на пути движения Евразийских грузопотоков по причинам бумажного документооборота;
- облегчение и упрощение административных процедур в пограничных пунктах пропуска стран – членов ЕАЭС;
- исключение непроизводительных простоев транспортных средств и грузов в ожидании оформления документов на пограничных пунктах пропуска стран – членов ЕАЭС;
- повышение производительности труда персонала, занятого обработкой документов на пограничных пунктах пропуска стран – членов ЕАЭС и сокращение эксплуатационных затрат, связанных с бумажным документооборотом.

Мировой кризис, вызванный пандемией коронавируса, спровоцировал возникновение ряда проблем на Евразийских транспортных коридорах. В частности, это бессистемный лавинообразный рост спроса на транзитные перевозки и сопутствующие сервисы по сухопутным Евразийским транспортным коридорам. Этот спрос значительно превышает предложение требуемых сервисов по причине ограниченных пропускных и перерабатывающих возможностей транспортной инфраструктуры стран – членов ЕАЭС, по которым пролегают маршруты евразийских товаропотоков. Действующие системы планирования Евразийских перевозок всеми видами транспорта не справляются с этими проблемами. В результате наблюдаются значительные задержки поездов, регистрируются десятки «брошенных» поездов на подходах к пограничным передаточным станциям и многокилометровые очереди к автомобильным пунктам пропуска стран – членов ЕАЭС.

Для решения этих проблем данный проект создания цифровых коридоров предусматривает формирование на ЦПКТ рыночных механизмов планирования перевозок на основе электронной биржи по продаже сервисов транспортной инфраструктуры (сквозных гарантированных «ниток» расписаний движения контейнерных поездов, бронирование мест в очереди автомобилям на пограничные пункты пропуска). Данная мера:

– обеспечит регулирование объёмов принимаемых к перевозке грузов в соответствии с эксплуатационно-техническими возможностями транспортной инфраструктуры по их переработке и пропуску по всем национальным участкам Евразийских маршрутов;

– повысит экономическую эффективность реализации транзитного потенциала стран – членов ЕАЭС за счёт продажи на бирже сквозных ниток расписаний евразийских перевозок и привлечения к перевозке товаров с высокой добавленной стоимостью, которые более чувствительны к качеству сервисов, чем к их стоимости;

– оптимизирует распределение сервисов инфраструктуры и транспортных средств стран – членов ЕАЭС для удовлетворения потребностей национальных субъектов хозяйствования в экспортно-импортных перевозках и для привлечения транзитных грузопотоков.

Железнодорожный транспорт по сравнению с другими видами транспорта стран – членов ЕАЭС является наиболее консервативным в части условий реализации своих сервисов. Это зачастую препятствует внедрению прогрессивных технологий и снижает экономическую эффективность работы транспорта. В частности, действующее со времён Советского Союза требование полноточности или полновесности поездов, включая международные, затрудняет процесс организации движения поездов по «твёрдым ниткам» графика. Это требование введено с целью обеспечения максимально эффективного использования ресурсов инфраструктуры и тягового подвижного состава при организации движения каждого поезда. Такая «экономия» зачастую приводит к гораздо большим потерям в результате вызванных этим требованием непроизводительных простоев транспортных средств и погруженных в них грузов, нарушения расписаний движения поездов, срывов планируемых сроков поставки товаров и т. д. Для решения этой проблемы на железных дорогах Китая применяется практика продажи «ниток» расписаний. Перевозчик обязуется оплатить владельцу инфраструктуры перевозку поезда из условия его полновесности или полноточности. Действует принцип: «вези или плати», т. е. перевозчик обязан оплатить перевозку поезда, даже если он не смог организовать этот поезд. При этом действует определенная шкала, регулирующая уровень тарифа от фактических перевозок в составе поезда, но фактический состав поезда никак не влияет на график его отправления.

В рамках данного проекта предусматривается разработка экспериментального порядка продажи ниток расписаний движения международных поездов (прежде всего контейнерных) по Евразийским маршрутам. За основу берётся методика расчёта трехставочного тарифа из «Тарифной политики железных дорог государств – участников СНГ на перевозки грузов в международном сообщении».

Таким образом, обеспечивается правовая возможность организации движения международных поездов по Евразийским маршрутам по сквоз-

ным расписаниям, создаются правовые и экономические предпосылки для повышения эффективности реализации транзитного потенциала стран – членов ЕАЭС за счёт продажи на бирже сквозных ниток расписаний евразийских коридоров, а также возникают экономические предпосылки для интеграции транспортных коридоров ЕАЭС в международные цепи поставок в качестве их товаропроводящих звеньев. В конечном итоге это обеспечит возможность привлечения на Евразийские транспортные коридоры стабильных высокодоходных грузопотоков в объёмах переработки имеющимися сервисами инфраструктуры и транспортных средств стран – членов ЕАЭС.

V. A. PADALITSA, S. A. TUMEL, S. V. ENIN

THE CONCEPT OF CREATION A DIGITAL PLATFORM COORDINATION EUROASIAN FREIGHT TRAFFIC IN ECOSYSTEM DIGITAL TRANSPORT CORRIDORS EURASIAN ECONOMIC UNION

The article deals with practical opportunity of realization ecosystem digital transport corridors the Eurasian Economic Union and interface with similar systems associated of the countries, with the Chinese initiative «One belt – one way» in particular, uniting national system electronic logistic of China, Korea, Japan and also with the projects European Union, which are realized on the basis of coordinated use an infrastructure railway transport and legal acts of digital transport transformation of economy the European countries.

Получено 22.10.2021

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021**

УДК 656.21.001.2+06

Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ, С. Н. ШМАЛЬ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

razoyski@gmail.com

КОМБИНАТОРИКА РАЗВЯЗОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ РАЗНОГО УРОВНЯ В УЗЛАХ

Приводится расширенный взгляд на природу математических структур (геометрической, алгебраической и топологической) развязок железнодорожных линий разного уровня в узлах с учетом традиционной классификацией узловых путевых структур по геометрическому признаку, разработанной учеными Российского университета транспорта. Опираясь на современные методы алгебраической топологии, авторы рассмат-

ривают возможность применения методологии проведения комбинаторных вычислений всех возможных вариантов конструкций развязок.

Данная статья продолжает цикл работ по применению современных комбинаторных методов алгебраической топологии в рациональном использовании путевого развития железнодорожных станций и узлов, повышении их пропускной и перерабатывающей способности и предложении оптимальных вариантов их развития.

За период с 2017 по 2021 год в периодических научных изданиях опубликовано шесть работ [4; 8–12] и одно учебное пособие «Топология и комбинаторика в построении железнодорожных узлов» [13], в которых принята попытка рассмотреть процесс проектирования и реконструкции станционных и узловых железнодорожных объектов как фундаментальные геометрические, алгебраические и топологические структуры. Эти структуры определяются как полугруппы, группы и топологические пространства, которые заменяют совокупность элементов путевого развития железнодорожных станций и узлов некоммутативными объектами и позволяют производить на них комбинаторные вычисления с учетом локальных соотношений Артина, названных в честь Эмиля Артина – американского математика Австро-Венгерского происхождения [8]. Подобные манипуляции потребовали формального подхода к определению путевого развития станций и развязок железнодорожных линий разного уровня в узлах в виде геометрических и алгебраических структур.

Когда подобные манипуляции производились на узловых путевых структурах, учитывались традиционные подходы к проектированию, и их формальные определения путевого развития железнодорожных развязок в узлах опирались на понятия группы кос и фундаментальной группы конфигурационного пространства. Например, моделируя путевое развитие развязок по направлениям в виде групп кос, требовалось соблюсти основные аксиомы (свойства) групп.

1 *Ассоциативности* для любых кос a , b и c таких, что

$$(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c).$$

2 *Наличия единицы*. Существует такая единичная коса 1 , что для любой косы a

$$a \cdot 1 = 1 \cdot a.$$

3 *Наличия обратного элемента*. Для любой косы b найдется такая обратная коса b^{-1} , что

$$bb^{-1} = 1 = b^{-1}b.$$

Кроме того, при составлении вариантов развития развязок путей в железнодорожных узлах оценка поэлементной эквивалентности их путевого

развития определялась на основе широко распространенных в маломерной топологии полиномиальных инвариантов, таких как полином Александера – Конвея, полином Джонса, инварианты Васильева и фундаментальная группа узла. Все эти инварианты представляют собой алгебраические выражения, которые присваиваются топологическим многообразиям узловых путевых структур, и выполняют функцию их сравнения между собой. Например, самые функциональные в маломерной топологии инварианты Васильева дают возможность выявить в множестве развязок железнодорожных линий идентичные соединения путей, укладки путепроводов и стрелочных переводов.

Далее мы приведем формальные определения геометрической и алгебраической структур развязок железнодорожных линий разного уровня в узлах, а после покажем, что они в действительности эквивалентны друг другу.

Рассмотрим в трехмерном евклидовом пространстве R^3 две прямые: $y = 0, z = 1$ и $y = 0, z = 0$ и на каждой из них набор из m точек.

Определение 1. *Геометрической структурой развязки железнодорожных линий разного уровня в узлах называется набор из m непересекающихся (гладких) путей, соединяющих точки первой прямой с точками второй прямой таких, что проекции этих двух путей на ось OZ представляют собой гомеоморфизм.*

Под гомеоморфизмом понимается тот факт, что пути должны проходить строго сверху вниз. Под гладкими путями понимаются нити самой косы. Тем не менее в указанном выше определении ничего не говорится о геометрических параметрах развязок: длинах путей, радиусах сопрягающих кривых, величин междупутий и др. Дело в том, что этот геометрический подход к изучению развязок в виде некоммутативных групп кос тесно связан с топологическим аспектом изучения многообразий. В топологии математики изучают свойства объектов с точностью до гомеоморфизмов, поэтому для строгого геометрического формализма в определении мы учитываем только переплетения нитей косы (путепроводы в развязках). Иными словами, в группах кос мы учитываем только их образующие и соотношения (рисунок 1).

В геометрической топологии математические косы рассматриваются с точностью до изотопии. Две математические косы, представляющие собой развязки железнодорожных линий, являются изотопными (то есть эквивалентными), если одну косу можно превратить в другую посредством применения соотношений Артина:

$$b_i b_j = b_j b_i, \text{ если } |i - j| \geq 2, i, j = 1, 2, \dots, n - 1;$$

$$b_i b_{i+1} b_i = b_{i+1} b_i b_{i+1}, i = 1, 2, \dots, n - 2.$$

Учитывая эти соотношения, можно сформулировать определение алгебраической структуры развязки железнодорожных линий в узлах. Это опре-

деление также связано с группой кос, но с учетом соотношений Артина на них возможно применять локальные преобразования.

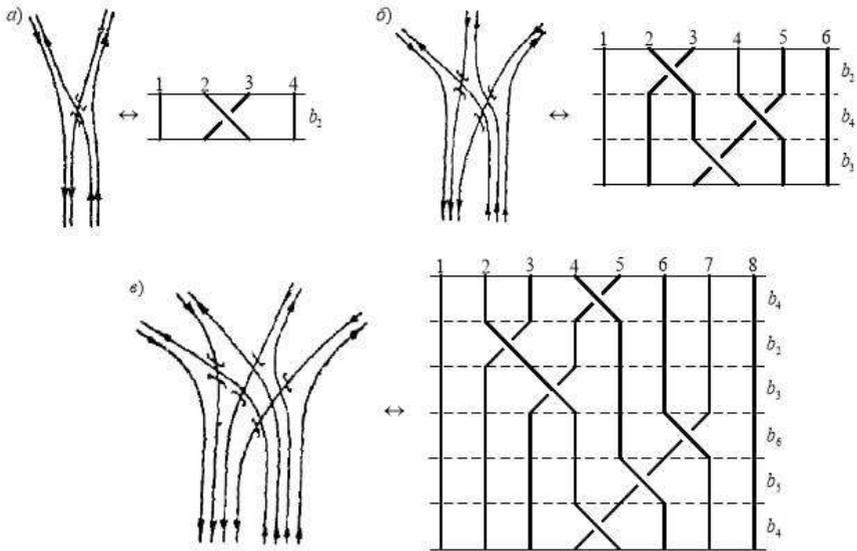


Рисунок 1 – Математические косы, представляющие развязки железнодорожных линий разного уровня в узлах

Определение 2. Алгебраической структурой развязки железнодорожных линий разного уровня в узлах называется группа с $(m - 1)$ при b_1, \dots, b_{m-1} с соотношениями, порожденными набором $b_i b_j = b_j b_i$ при $|i - j| \geq 2$, $b_i b_{i+1} b_i = b_{i+1} b_i b_{i+1}$, которые называются соотношениями Артина.

Выполнение локальных преобразований Артина на алгебраических структурах железнодорожных развязок позволяет вычислить все возможные варианты их конструкций, которые отличаются друг от друга различными способами укладки путепроводов.

Топологическое определение развязок основано на понятии фундаментальной группы и является фундаментом для вычисления эквивалентных элементов путевого развития двух и более развязок. Иными словами, фундаментальная группа, как инвариант, определяет алгебраическое выражение, которое присваивается каждому топологическому многообразию развязки железнодорожных линий, и остается неизменной при ее различных непрерывных преобразованиях.

Рассмотрим пространство всех полиномов степени m от одной комплексной переменной z со старшим коэффициентом, равным единице. Это пространство будет изоморфно C^m , поскольку коэффициенты при всех сте-

пнях этого полинома (за исключением старшей) задают на нем комплексные координаты.

Теперь уберем из этого пространства пространство Σt тех полиномов, у которых есть хотя бы один кратный корень. В результате получим пространство $C^n / \Sigma t$.

Определение 3. Топологической структурой развязки железнодорожных линий в узлах, представляющей собой группу кос из t нитей, называется фундаментальная группа $\pi_1(\Sigma t)$.

Чтобы проиллюстрировать технику комбинаторных вычислений путевого развития узлов с помощью соотношений Артина, на рисунке 2 мы представили примеры группы кос, в которых число нитей обозначает число путей в развязке, а соотношения (пересечения нитей в косах) – число путепроводов.

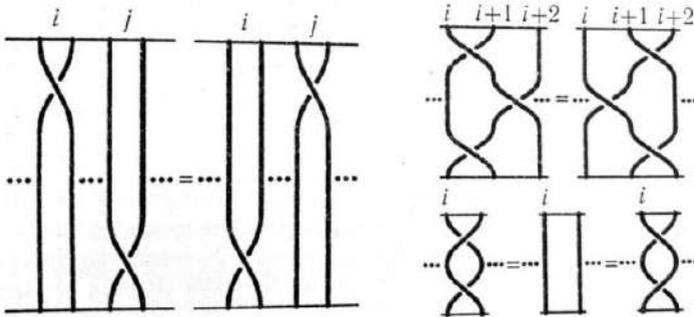


Рисунок 2 – Иллюстрация выполнения соотношений Артина на группах кос, представляющих развязки железнодорожных линий в узлах

Мы предложили три определения того, что требуется понимать под геометрической, алгебраической и топологической интерпретацией путевого развития узловых структур. В действительности все они являются эквивалентными (изоморфными), что можно подтвердить следующей теоремой.

Теорема. Определения геометрической, алгебраической и топологической структур развязок железнодорожных линий в узлах, представленных в виде групп кос из t нитей, являются изоморфными, т. е. эквивалентными.

Доказательство этой теоремы достаточно простое и выводится по аналогии с [3, с. 93]. Интересующемуся топологией и современными комбинаторными методами читателю мы советуем книги [1, 2, 5–7].

Составив группы кос железнодорожных развязок, мы получаем полную их кодировку, по которой возможно выявить их изотопность, последовательно применяя соотношения Артина. Однако слишком длинная кодировка может вызвать затруднения в «ручном» вычислении, что обусловлено большим количеством пересечений железнодорожных путей друг с другом. Чтобы избавиться от такого расчета, предлагается использовать известный

алгоритм Деорнуа [6, 7], который решает проблему тождества для групп кос, и легко реализуется с помощью соответствующей программной реализации. Алгоритм достаточно прост и очень быстро работает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 *Болтянский, В. Г.* Наглядная топология / В. Г. Болтянский, В. А. Ефремович. – М. : Книга по требованию, 2012. – 160 с.
- 2 *Дужин, С. В.* Узлы и их инварианты / С. В. Дужин, С. В. Чмутов. – Математическое просвещение. – 1999. – № 3. – С. 59–93.
- 3 *Мантуров, В. О.* Лекции по теории узлов и их инвариантов / В. О. Мантуров. – М. : УРСС, 2001. – 304 с.
- 4 *Пазойский, Ю. О.* Комбинаторные аспекты горочных горловин технических станций / Ю. О. Пазойский, С. Н. Шмаль, Ж. Янев // Фёдор Петрович Кочнев – выдающийся организатор транспортного образования и науки в России. – М. : РУТ (МИИТ), 2021. – С. 135–140.
- 5 *Прасолов, В. В.* Наглядная топология / В. В. Прасолов. – 4-е изд., стер. – М. : МЦНМО, 2015. – 112 с.
- 6 *Прасолов, В. В.* Узлы, зацепления, косы и трехмерные многообразия / В. В. Прасолов, А. Б. Сосинский. – М. : МЦНМО, 1997. – 352 с.
- 7 *Сосинский, А. Б.* Узлы и косы / А. Б. Сосинский. – 2-е изд., стер. – М. : МЦНМО, 2012. – 24 с.
- 8 *Шмаль, С. Н.* Эффективность применения групп кос к анализу и кодировке топологической структуры развязок железнодорожных линий разного уровня в узлах / С. Н. Шмаль, Е. Ю. Павлова // Молодой ученый. – 2017. – № 1 (135). – С. 129–133.
- 9 *Шмаль, С. Н.* К вопросу об алгоритмической сложности задачи Рейдемейстера / С. Н. Шмаль, Е. Ю. Павлова // Молодой ученый. – 2017. – № 28 (162). – С. 1–3.
- 10 Определение топологических компонентов диаграмм узловых путевых структур с помощью полинома Джонса / С. Н. Шмаль [и др.] // Молодой ученый. – 2017. – № 49 (183). – С. 1–4.
- 11 *Шмаль, С. Н.* Этапное развитие и геометрический анализ узловых путевых структур с использованием формулы Фабрициуса – Бьерре / С. Н. Шмаль, Ж. Янев, А. Р. Куртикова // Молодой ученый. – 2018. – № 37 (223). – С. 1–4.
- 12 Кодировка узловых путевых структур диаграммами Гаусса и их комбинаторные приложения / С. Н. Шмаль [и др.] // Молодой ученый. – 2019. – № 24 (262). – С. 87–91.
- 13 *Шумский, С. П.* Топология и комбинаторика в построении железнодорожных узлов / С. П. Шумский, С. Н. Шмаль. – М. : РУТ (МИИТ), 2018. – 40 с.

Yu. O. PAZOYSKIY, S. N. SHMAL

COMBINATORICS OF OUTCOMES RAILWAY LINES DIFFERENT LEVEL IN UNITS

In article resulted the extended sight on a nature of mathematical structures (geometrical, algebraic and topological) outcomes of railway lines of a different level in units in view of traditional by classification of central travelling structures to a geometrical attribute by scientists of the Russian university of transport. Based on modern methods of algebraic topology, the authors consider an opportunity of application methodology realization combinatorial calculations of all possible variants of designs railway junction.

Получено 14.10.2021

УДК 656.21.001.2:004

Е. М. ПЕРЕПЛАВЧЕНКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
evgeniy.pereplavchenko@yandex.by*

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МАСШТАБНОГО ПЛАНА СТАНЦИИ В НЕМАСШТАБНУЮ СХЕМУ ПО ФОРМАТУ КОМПОЗИЦИОННОГО ЛИСТА

Рассматривается возможность трансформации масштабного плана железнодорожной станции в схему с сохранением топологической эквивалентности инфраструктурного образа. Исследуется проблема репродуктивного получения различных цифровых схем станции по заявленному формату чертежа.

Использование информационных технологий в практике настоящей работы технических отделов и служб железной дороги предусматривает наличие документов в бумажном виде. Оперативная и техническая работа построена таким образом, что работнику технического отдела станции удобнее и привычнее иметь бумажный вариант схемы, выполнять пометки и писать комментарии на чертеже, вникая таким образом в детали предстоящих вариантов переустройства станции или организации текущих хозяйственных работ.

Наличие цифрового масштабного плана станции позволяет решать задачу получения немасштабных схем данной станции посредством определенных графических процедур трансформации координатно фиксированных путей и горловин в соответствующие абрисные образы цифровых немасштабных схем. С одной стороны, это типичная задача автоматизации операций с четким алгоритмом по подготовке цифровых чертежей при наличии необходимой входной информации в электронном виде. Цифровой план существует в объектном графическом представлении. Если отключать слои с неактивными объектами, то по некоторым образом трансформированному экранному представлению можно формировать различные технические и технологические схемы станции.

С другой стороны, на результаты такой работы накладывается целый ряд ограничений, связанных с презентабельным и единообразным представлением графического отображения на бумаге в формате установленного размера. Эти требования связываются в основном с тем, что путевое развитие и техническое оснащение станции существенно различается по мощности. Например, отображаемые схемы промежуточной и сортировочной станций сложно единообразно вписать в формат листа А4. Поэтому приходится ре-

шать проблемы связи цифровых форм схем с сопоставимыми параметрами размера бумаги, масштаба подрисовочных и сопроводительных подписей, величин междупутий и др. Двойственность и определенное противоречие заключается в получении цифрового материала и необходимости его бумажного представления.

Принимаем, что общим для масштабного плана и схем станции являются объекты пути и стрелочные переводы, которые именуются *шаблоном*. Эти объекты можно перенести в цифровую схему из плана станции. При формировании структуры шаблона следует учитывать следующие особенности:

- все пути в шаблоне должны быть параллельны некоторой выбранной продольной оси;

- при конструировании шаблона должны быть сохранены сторонность стрелочных переводов и различие их по видам (обыкновенный и симметричный), взаимное расположение стрелочных переводов, сторонность кривых и др.;

- объекты путевого развития и технического оснащения (кроме путей) отображаются на схемах, порождаемых из шаблона, в виде стандартных условных обозначений – графических блоков с установленными параметрами.

Таким образом, при конструировании шаблона и схем на его базе происходит замена масштабных элементов плана блоками условных обозначений с соответствующими атрибутами и сохранением топологии путевого развития станции (таблица 1).

Таблица 1 – Объекты шаблона схемы станции

Объект	Атрибуты
Станционный путь	Номер
	Специализация
	Полезная длина
Упор	Номер
Стрелочный перевод	Номер
	Способ управления
	Сторонность/вид
	Марка перевода
Светофор	Номер
Сбрасывающий остряк	Номер
	Сторонность
Сбрасывающая стрелка	Номер
	Сторонность
Глухое пересечение	Номер и тип
Платформа	Точки привязки
Здания, сооружения	Точки привязки
Путепровод	Тип, точка привязки
Другие коммуникации	Точки пересечения (привязки)

Выделяемая инфраструктурная основа является базовой конструкцией для формирования любой схемы данной станции широкого или узкопрофильного назначения. Инвариантом всех схем некоторой станции является геометрически связная структура путевого развития с исключением криволинейных участков станционных и соединительных путей (*топологический компонент*) и графических элементов оформления чертежа с распознаванием его как схемы станции (*семантический компонент*).

Топологический компонент присутствует как базовая структура во всех схемах станции, определяющая мощность путевого развития и взаимное расположение контрольных объектов, которыми служат стрелочные переводы. Для получения топологического компонента необходимо провести ряд процедурных операций по выделению из масштабного плана полного графического образа путевого развития. Вся связная структура путей и стрелочных переводов переносится на композиционный лист, являющийся *цифровой панелью* для получения шаблона различных немасштабных схем.

Деконструкция криволинейных участков путей основана на определении допустимых областей трансформации. Все кривые горловин парков относятся к нетрансформируемым или слабо трансформируемым. Установлено, что кривая *деконструируется*, т. е. удаляется или выпрямляется, если она может быть приведена к прямой, параллельной локальному или глобальному вектору немасштабной схемы.

Локальный вектор определяет параллельность путей в парке станции, глобальный вектор задает направление для всех путей станции. Как правило, большинство схем станции может быть получено в области действия только глобального вектора. Исключение составляют схемы крупных сортировочных станций, для которых деконструкция всех внутростанционных кривых приводит к нарушению топологической эквивалентности с масштабным планом. Выбор ориентации вектора станционных путей определяется проверкой всех путей на предмет вписывания в конструкцию схемы по одному (глобальный) или нескольким (локальные векторы) направлениям. При этом в границах композиционного листа рассчитывается величина междупутья, условно соразмеримого с реальными масштабированными по плану станции. Размер междупутья $e_{сх}$, мм, на схеме станции зависит от ёмкости путевого развития станции. При изображении многопарковой структуры крупной станции каждый изображаемый путь будет отстоять от соседнего смежного на меньшем расстоянии, чем, например, для промежуточной станции. Для принятого *нормализованного размера композиционного листа* (формат А4):

$$e_{сх} = \alpha(5 - k),$$

где k – коэффициент учитывающий характер работы станции. Для грузовых $k = 1,7$; участковых $k = 1,1$; сортировочных $k = 1,5$; α – параметр, учитывающий изображения парковых структур в виде закрытых фигур (т. е. «парки-

рыбки») или в полноценном представлении всех путей. Исследования показывают, что $\alpha = 1,2$ при закрытых фигурах, присутствующих на станции и $\alpha = 1$ – в противном случае.

При формировании схемы на заявленном композиционном формате

$$e_{cx} = \frac{\alpha(5 - k)}{\varepsilon},$$

где ε – признак, композиционного формата. $\varepsilon = 0,7$ (A5), $\varepsilon = 1$ (A4), $\varepsilon = 1,5$ (A3), $\varepsilon = 1,7$ (A2), $\varepsilon = 1,9$ (A1), $\varepsilon = 2,1$ (A0).

Кроме деконструкции кривых, располагаемых на соединительных линиях станций, возникает проблема их создания при оценке вариантов разработки схемы станции в пространстве глобального вектора. Растягивающий эффект создаваемых кривых позволяет выравнивать все пути расходящихся парков, формируя геометрически правильную симметричную шаблонную конструкцию схемы станции. Полученный топологический компонент шаблона дополняется текстовыми маркерами, идентифицирующими пути и стрелочные переводы соответствующими номерами. Семантический компонент переводит обезличенный графический образ в корректную форму путевой инфраструктуры, квалифицируемой как шаблон немасштабной схемы станции. Таким образом, шаблон, являясь инвариантом всех схем данной станции, в дальнейшем определяет внешний вид любой порождаемой им узкопрофильной схемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Правдин, Н. В.* Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций : [монография] / Н. В. Правдин, А. К. Головнич, С. П. Вакуленко. – М. : Маршрут, 2004. – 400 с.

2 *Головнич, А. К.* Объекты железнодорожных станций на цифровых масштабных планах : [монография] / А. К. Головнич. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 339 с.

3 *Переplавченко, Е. М.* Принципы построения структурных и функциональных схем железнодорожных станций на основе единого топологического шаблона / Е. М. Переplавченко // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. ; редкол.: А. К. Головнич (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 119–126.

E. M. PEREPLAVCHENKO

TOPOLOGICAL TRANSFORMATION OF THE SCALE PLAN INTO THE PLANT SCHEME ACCORDING TO THE FORMAT OF THE COMPOSITION SHEET

The article raises the problem of obtaining a digital scheme of the station and the need for its paper presentation. The process of deconstruction and transformation with the preservation of the topological equivalence of the plan and the scheme of the station is considered.

Получено 08.11.2021

УДК 656.2.07

Н. А. РЕПЕШКО, И. А. КОЛОБОВ, Н. М. МАГОМЕДОВА, Н. Р. ОСИПОВА
Ростовский государственный университет путей сообщения,
г. Ростов-на-Дону
Nar_75@mail.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭРА+» ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ВАГОНОВ

Рассматриваются возможности автоматизированного диагностического комплекса «ЭРА+» для эффективного обнаружения дефектов подвижного состава при движении поезда.

Интенсивность работы инфраструктуры железнодорожного транспорта увеличивается благодаря увеличению нагрузок на ось и скоростей движения подвижного состава. В процессе эксплуатации вагонов происходит износ подшипников буксовых узлов и колес, которые испытывают максимальные и превышающие предельные значения динамические нагрузки. Поэтому важно использовать автоматизированные диагностические комплексы подвижного состава на железнодорожном транспорте как средства диагностики грузового и пассажирского подвижного состава именно при движении поезда.

В должностные обязанности работников вагонного хозяйства, а именно осмотрщиков вагонов входит замещение труда человека на работу автоматизированных систем неразрушающего контроля, которые осуществляют определение дефектов вагонов на ходу поезда при подходе к станции.

Без участия оператора автоматически производится выбраковка узла или деталей вагонов подвижного состава, мониторинг и диагностика надёжности, безопасности по условиям эксплуатации диагностических средств системы. Автоматизированный диагностический комплекс контроля технического состояния вагона на ходу поезда (АДК КТСВ) позволяет определять неисправности оборудования подвижного состава по следующим позициям:

- проверка и осмотр буксового узла и заторможенных колёс, их температурный режим;
- проверка волочения;
- осмотр и мониторинг габаритных размеров вагонов подвижного состава;
- мониторинг дефектов колеса по кругу их катания;
- визуализация и поверка геометрических параметров колесных пар;

- мониторинг параметров ударно-тягового механизма (автосцепки);
- мониторинг неравномерности загрузки вагонов подвижного состава;
- осмотр сползания буксы с шейки оси колесной пары.

В настоящее время применяются более современные приборы: КАС АНТ, УРРАН-RAMS, «ГАБАРИТ-М», система контроля положения и температуры контактного рельса (СКП ТКП), система мониторинга состояния путевой инфраструктуры и комфортабельности езды пассажиров «АКСИОМА», которые отличаются некоторыми конструкционными особенностями и выполняют те же функции.

Прибор для обнаружения нагретых букс (разрушение или пожар) (ПОНАБ) работает автоматически. Данные устройства устанавливаются на пути у ходовых рельсов, а также перед железнодорожными мостами. На железнодорожном пути в период приближения колесной пары вагона створки камеры автоматически открываются и производится инфракрасный снимок. При этом определяются точные данные по температурному режиму каждой буксы колесной пары с разных очертаний. После проезда последней колесной пары вагона результаты всех измерений и мониторинга отправляются на пост дежурного по станции (ДСП).

Наличие движущихся частей подвижного состава приводит к опасности возникновения крушений и аварий в случаях несвоевременного обнаружения различных разрушений подшипника буксов или заклинивания колесной пары подвижного состава. Машинист грузового поезда, в составе которого 50–70 вагонов, не всегда может мгновенно среагировать на подобные возникающие ситуации. ПОНАБ способен в автоматическом режиме передать информацию о состоянии букс колесных пар вагонов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Автоматический прибор для обнаружения нагретых букс

По радиосвязи машинисту сообщается номер поезда, номер вагона, номер буксы и сторона ее размещения (справа или слева). Машинист обязан отреагировать, снижая скорость движения до ближайшей станции ремонта, которая, как правило, расположена в 30–35 километрах от ПОНАБа.

В настоящее время для диагностики и контроля инфраструктуры используется новейший диагностический комплекс (ДКИ) «ЭРА+», который недавно начал применяться на Приволжской железнодорожной магистрали [1]. На сети ОАО «РЖД» эксплуатируется шесть ДКИ данного типа. В отличие от своего предшественника «ЭРА», которая фиксировала лишь 120 параметров, у «ЭРА+» данный показатель равен 200 (рисунок 2), благодаря чему исключается необходимость применения узкоспециализированных вагонов-лабораторий.



Рисунок 2 – Диагностический комплекс «ЭРА+»

Данный ДКИ сочетает в себе возможности вагонов-лабораторий контактной сети, вагона-дефектоскопа и ряда других. «ЭРА+» также позволяет автоматизировать ряд операций по диагностике инфраструктуры, которые ранее производились вручную, что способствует снижению рисков, связанных с человеческим фактором. Также в данном комплексе отказались от использования роликовой системы измерения в пользу лазерной, что повысило точность проводимых измерений.

Сам комплекс «ЭРА+» состоит из двух вагонов: жилого вагона сопровождения и непосредственно самого диагностического комплекса. На последнем смонтированы два пантографа и оборудование [2]. Основной задачей комплекса является обеспечение полноценной работы в формате полигонных технологий. Увеличение набора систем диагностики в части эксплуатации компенсируется развитием интеллектуальной управляющей системы комплекса, которая существенно упростит работу со сложным оборудованием. Кроме геометрических параметров за счёт установленных в подвагонном

пространстве инфракрасных датчиков можно определить температуру рельсовых нитей. При этом оборудование работает с одинаково высокой точностью как на малых скоростях (до 50 км/ч), так и на высоких (до 160 км/ч). Погрешность измерений в обоих случаях не превышает 1 %.

При этом комплекс автоматически фиксирует и передает данные об объектах инфраструктуры, находящихся на расстоянии до 30 м от оси пути с возможностью построения соответствующей 3D-модели.

Благодаря специальным камерам с инфракрасной подвеской ДКИ одинаково хорошо функционирует как в дневное время, так и в условиях ограниченной видимости. В ночные часы, при выпадении осадков и в тумане «ЭРА+» может также надежно осуществлять мониторинг состояния контактной сети.

Для этого на крыше вагона-лаборатории на изолирующих площадках установлены два пантографа. Они оборудованы датчиками, передающими информацию о состоянии напряжения контактной сети, давлении пантографа на сеть, её температуре, износе токопроводящего провода. Кроме этого, комплекс автоматически считывает информацию о «зигзаге» контактного провода и его соответствии нормативным значениям. Эти показания записываются на видеокамеры в режиме реального времени. На сегодня «ЭРА+» является одной из самых оснащенных и современных средств диагностики. Один выезд на маршрут данного ДКИ позволяет получить исчерпывающие данные о состоянии инфраструктуры.

Комплекс синхронизирует все измерения и автоматически привязывает их к местности с помощью позиционирования как в геодезической, так и в железнодорожной системе координат. Вся информация о выявленных на перегоне или станции несоответствиях или дефектах сразу передается балансодержателю с указанием места, где они обнаружены, что существенно облегчает работу специалистам.

Применение данной комплексной системы технической диагностики железнодорожного подвижного состава на сети РЖД не только позволит повысить безопасность движения, но и уменьшит затраты, исключив необходимость вызова узкоспециализированных вагонов-лабораторий [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Розенберг, Е. Н.* Средства диагностики: перспективы и внедрение / Е. Н. Розенберг // Вагоны и вагонное хозяйство: прил. к журн. «Локомотив». – 2008. – № 4 (16). – С. 10–15.

2 Прогрессивные технологии обеспечения безопасности движения поездов и сохранности перевозимых грузов : [монография] / В. А. Гапанович [и др.]. – М. : Маршрут, 2007. – 274 с.

3 *Веревкина, О. И.* Методы оценки показателей процессного подхода к управлению рисками в обеспечении безопасности движения / О. И. Веревкина // Вестник РГУПС. – № 1(57). – 2015. – С. 76–80.

N. A. REPESHKO, I. A. KOLOBOV, N. M. MAGOMEDOVA, N. R. OSIPOVA

THE AUTOMATED DIAGNOSTIC COMPLEX «ERA+» FOR REVEALING MALFUNCTIONS INFRASTRUCTURES AND CARS

The article deals the opportunities of the automated diagnostic complex «ERA+» for effective detection of defects the rolling stock at movement of a train.

Получено 24.11.2021

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021**

УДК 656.212.5

Е. А. ТЕРЕЩЕНКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
yahen1530@gmail.com*

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СЕКЦИОНИРОВАНИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ ПУТЕЙ БЕЗГОРОЧНЫХ ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЙ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Рассматривается принципиальная возможность секционирования сортировочных путей безгорочных грузовых станций Белорусской железной дороги. Исследуются условия секционирования путей по существующим резервам путевой инфраструктуры станций.

Расформирование составов является одной из важнейших составляющих технологического процесса работы объектов транспортной инфраструктуры. На грузовых станциях расформирование поездов и передач обеспечивает подборку групп вагонов по пунктам подачи на пути общего и необщего пользования с целью выполнения погрузочно-выгрузочных операций. Расформирование может осуществляться с использованием сортировочной горки путем надвига состава вагонами вперед маневровым локомотивом или осаживанием групп вагонов по соответствующим путям в случаях, когда горка отсутствует. Второй вариант чаще всего применяется на грузовых станциях, так как сооружение горки на них не всегда целесообразно из-за незначительного среднесуточного вагонооборота.

Анализ путевой инфраструктуры грузовых станций Белорусской железной дороги показывает, что на большинстве крупных грузовых станций сортировочная горка отсутствует как инфраструктурный элемент, а количество сортировочных путей редко превышает 4–5 (таблица 1).

Грузовые станции могут работать как в нормальном режиме, когда интервал вывода поездов меньше интервала прибытия поездов ($I_{\text{выв}} < I_{\text{приб}}$), так и в режиме сгущенного подвода, когда $I_{\text{выв}} > I_{\text{приб}}$. Для ликвидации возможных негативных последствий, связанных с ожиданием расформирования, в

качестве эффективной меры может применяться секционирование сортировочных путей. В этом случае благодаря большому количеству назначений по отдельным секциям сортировочных путей более рационально используется путевое развитие станции и, как результат, снижается повторная сортировка вагонов с дополнительной маневровой работой по отсевным путям. В качестве отсева на станциях традиционно выделяют один-два крайних сортировочных пути в зависимости от объемов сортировочной работы.

Таблица 1 – Полезные длины сортировочных путей на грузовых безгорочных станциях Белорусской железной дороги

Станция	Число СП, $N_{\text{сорт}}$	Номер пути	Полная длина $L_{\text{полн}}$, м	Полезная длина $L_{\text{пол}}$, м	Техноло- гичность увязки путей
Бобруйск	2	10а	188	161	Средняя
		10б	–	262	
Борисов	1	25	516	511	–
Жабинка	1	44	703	688	–
Калий-3	3	12	659	624	Высокая
		13	588	584	
		14	675	675	
Минск- Восточный	5	2	175	175	Средняя
		3	332	322	
		4	369	360	
		5	318	314	
		6	507	502	
Рось	2	7	206	188	Высокая
		9	–	124	
Центролит	3	9	696	677	Средняя
		10	681	662	
		11	411	389	

Если на грузовой безгорочной станции в сортировочном парке $N_{\text{сорт}}$ путей, то при расформировании поезда из m вагонов, состоящего из $N_{\text{гр}}$ групп, рассматриваются следующие случаи:

1) $N_{\text{гр}} \leq N_{\text{сорт}}$, при котором повторная сортировка отсутствует и секционирование путей нецелесообразно;

2) $N_{\text{гр}} > N_{\text{сорт}}$, предполагающий секционирование сортировочных путей, способное уменьшить (или даже исключить) повторную сортировку за счет увеличения числа назначений по секциям.

Секционирование сортировочных путей рассматривается в качестве эффективной меры повышения пропускной способности станционных путей при значительном количестве маломощных назначений. Сортировочные пути достаточной длины (возможно, не менее 1000–1200 м) часто оказываются недостаточно заполненными при накоплении групп вагонов в объемах подачи на примыкающие грузовые пункты и передач на прилегающие станции и участки. Разделение таких сортировочных путей на секции позволит

накапливать вагоны нескольких назначений на одном пути. Технически данная мера обеспечивается укладкой ряда съездов с одного ходового пути по схеме, называемой «елочкой» (рисунок 1).

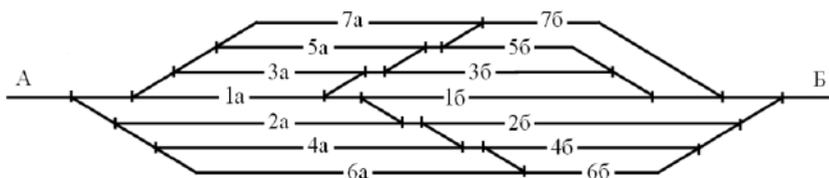


Рисунок 1 – Общая схема секционирования парка

Число секций, на которое делится сортировочный путь, определяется соотношением полезной длины всего пути и потребными длинами по каждой секции. Наиболее эффективным является вариант расположения ходового пути (1а и 1б на рисунке 1) в середине сортировочного парка. Технология работы станции с секционированными путями сортировочного парка связывается с осаживанием вагонов со стороны горловины А изолированными толчками маневровым локомотивом на выделенные секции. Для приведенного примера рисунка 1 используется 13 секций на семи путях сортировочного парка (2а – 7а, 2б – 7б и 1б). Участок пути 1а является ходовым.

Кроме секционирования сортировочных путей теоретически рассматривается возможность разделения на соответствующие секции путей сортировочно-отправочного парка. Если на секциях одного сортировочно-отправочного пути можно накапливать назначения многогруппного поезда, то целесообразно изучить технологию накопления отдельных групп такого поезда на смежных секциях одного или нескольких путей.

Исследования показывают, что секционирование как техническая мера повышения эффективности работы инфраструктуры грузовой безгорочной станции целесообразно при числе секционируемых путей не менее двух. Если секционируются два пути, то один выделяется в качестве ходового, а второй разбивается на две секции (возможно разбиение и на большее количество секций, но полезная длина сортировочного пути при этом должна быть значительной).

Таким образом, из рассматриваемых станций, по-видимому, исключаются Жабинка и Борисов (см. таблицу 1), как имеющие незначительные полезные длины сортировочных путей для разбиения их на три и более секции. Для принятия окончательного решения требуется изучить структуру входящего поездопотока на предмет наличия маломощных назначений, которые позволят делить эти сортировочные пути более чем на две секции.

Распределение полезных длин сортировочных путей безгорочных грузовых станций Белорусской железной дороги, где можно исследовать возможность секционирования сортировочных путей, приведено на рисунке 2.

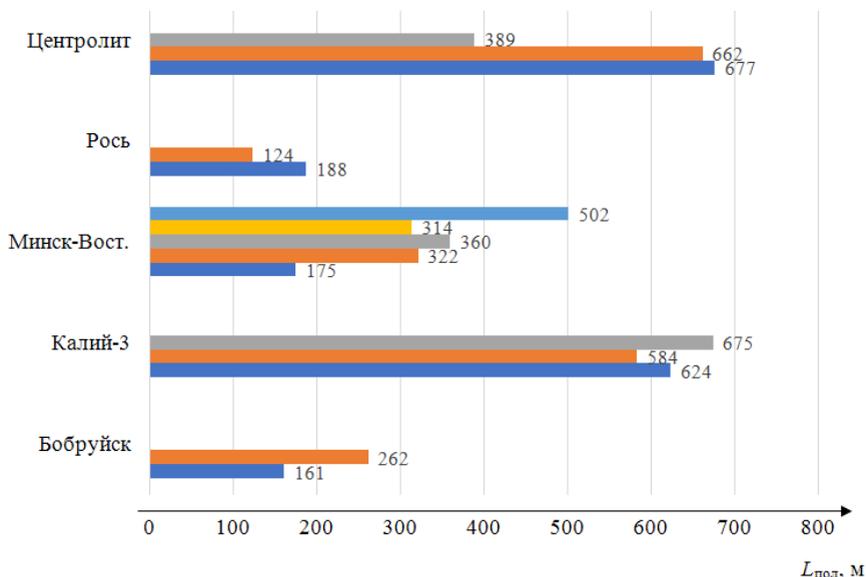


Рисунок 2 – Диаграмма распределения полезной длины сортировочных путей на потенциально секционируемых грузовых безгорочных станциях

Как видно из рисунка 1, колебания полезной длины сортировочных путей на грузовых безгорочных станциях на Белорусской железной дороге в целом носят стохастический характер. Корреляция наблюдается лишь для путей, расположенных в пределах одной станции, что объясняется конструктивными особенностями увязки путей посредством общих горловин.

Исследуем структуру вагонопотока, прибывающего на грузовую станцию. В качестве примера рассмотрим составы поездов и передач, прибывающих в расформирование на станцию Центролит (таблица 2).

Для принятия проектных решений по секционированию сортировочного парка станции Центролит потребуется репрезентативная статистика по всем месяцам года, поэтому для приближенных оценок воспользуется данными указанной выборки. Анализ показывает, что количество назначений в поездах всегда больше трех при примыкании 16 путей необщего пользования и грузового терминала. Это говорит о том, что секционирование трех путей сортировочного парка может являться эффективной мерой для данной станции.

В дальнейшем будут проведены системные исследования по оценке влияния различных факторов и условий на эффективность секционирования путей сортировочных парков грузовых безгорочных станций с выбором рациональной схемы разделения сортировочных путей на секции.

Таблица 2 – Разложение прибывающих поездов на станцию Центролит

Номер поезда	Дата	Назначения местных вагонов*					
		порож.					
1	13.03	порож.	3	6	4		
2		порож.	9	5	3	8	
3		9	16	7	8		
4		порож.	9	5	11	7	6
5	14.05	3	7	4	2	10	12
6		порож.	8	9	6	5	
7		3	5	6	16		
8		3	8	7	6		
9	09.08	3	9	5	8	7	
10		порож.	4	3	12		
11		16	5	8	9	17	5
12		5	9	5	17		
13	10.10	порож.	9	17	3		
14		15	8	7	4	5	1
15		16	5	8	9		
16		порож.	1	17	4	3	8
17		5	2	8	14	11	
18	14.12	порож.	9	5	9	5	
19		9	10	3	17	5	9
20		2	8	9	4		
21		17	6	11	15	7	
22		порож.	8	5	17	16	9

*Из выборки исключены отправительские маршруты, прибывающие в адрес ОАО «Гомельский химический завод».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Железнодорожный транспорт : энциклопедия / Н. С. Конарев [и др.] ; под ред. Н. С. Конарева. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1994. – 559 с.

2 *Журавель, І. Л.* Підвищення ефективності роботи вантажних станцій за рахунок удосконалення їх колійного розвитку : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / І. Л. Журавель. – Днепр, 2015. – 257 с.

3 *Захаров, В. А.* Исследование технологии работы сортировочных станций методом моделирования процессов на ЭВМ : дис. ... канд. технич. наук : 05.22.08 / В. А. Захаров ; Бел. ин-т инжен. жел. трансп. – Гомель, 1975. – 162 с.

4 *Маслов, А. М.* Техничко-технологические параметры функционирования грузовых станций железнодорожного транспорта в условиях стохастического характера вагонопотока : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.08 / А. М. Маслов ; Урал. гос. ун-т путей сообщения. – Екатеринбург, 2009. – 23 с.

5 Правила технической эксплуатации Белорусской железной дороги : утв. постановлением М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь от 25.11.2015 г. № 52. – Минск : Белорус. жел. дор., 2015. – 516 с.

6 Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы) : учеб. / Н. В. Правдин [и др.] ; под ред. Н. В. Правдина. – М. : ФГБОУ «УМЦ по обр. на ж.-д. трансп.», 2012. – 1086 с.

7 Раткин, М. И. Преимущества скользящей специализации путей сортировочного парка / М. И. Раткин // Вестник Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 1977. – № 1. – С. 41–44.

E. A. TERESCHENKO

OPPORTUNITY OF SECTIONING SORTING TRACKS FLAT YARD FREIGHT STATIONS OF THE BYELORUSSIAN RAILWAY

In article considered the basic opportunity of sectioning sorting tracks flat yard freight stations of the Byelorussian railway, as well the conditions of sectioning tracks on existing reserves an infrastructure of stations.

Получено 12.11.2021

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021**

УДК 656.2.07 + 06

О. Н. ЧИСЛОВ, В. В. ТРАПЕНОВ, Н. М. ЛУГАНЧЕНКО

*Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону
o_chislov@mail.ru, vladimir.trapenov@mail.ru, luganchenko.n@yandex.ru*

КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА

Рассматриваются различные методы расположения как самого ТСК, так и их объектов, а также создание имитационной модели объекта ТСК с целью анализа эффективности его эксплуатации и дальнейшего воплощения в концепции цифрового двойника. Правильное территориальное размещение, а также эффективная эксплуатация транспортно-складской инфраструктуры имеет важнейшее значение в условиях современного транспортного рынка.

Актуальность проблем систематизации научных методов и рационализации параметров размещения производственно-транспортно-складских комплексов и их структурных объектов, как один из факторов повышения экономической эффективности общественного производства всё более возрастает. Вместе с тем эта проблема весьма сложна и требует соответствующих научных исследований. Одной из первоочередных задач в этой области является разработка новых методов определения экономической эффективности размещения транспортно-складских комплексов (ТСК) при планировании и проектировании нового строительства.

Планирование размещения ТСК требует учета многих факторов и представляет собой задачу, решаемую при помощи экономико-математических методов. Экономическая эффективность размещения ТСК должна рассчитываться

на различных стадиях планирования и проектирования: на стадии планирования развития и размещения складской отрасли; на предпроектной стадии и на стадии проектирования предприятий; на стадии планирования промышленных комплексов экономических районов.

Задачи размещения и выбора мощностей ТСК относятся к классу задач нелинейного программирования, так как имеют две группы неизвестных. Первая группа – количество продукции (X_{ij}), перевозимой из i -го пункта производства в j -й пункт потребления; вторая группа неизвестных – складские мощности самих ТСК и удельные капитальные вложения, которые могут принимать бесконечное количество значений.

Известно, что ТСК представляет собой часть территории транспортной инфраструктуры, которая содержит комплекс конструкций и устройств, предназначенных для приема, погрузки, выгрузки, сортировки товаров и их кратковременного хранения. Специализация предусматривает наиболее подходящую технологию выполнения работ, эффективное использование средств механизации, обеспечение перевозок товаров по прямому варианту и двоянные операции с подвижным составом.

Проблема формирования эффективной региональной терминально-складской сети неразрывно связана с решением вопроса определения рационального количества ТСК и их размещения с учетом наличия транспортных коммуникаций.

Факторы, влияющие на выбор места расположения склада: близость к потребителям товаров; уровень конкуренции; уровень благосостояния населения и величина трудовых ресурсов; средний уровень заработной платы, принятой в регионе; наличие земельных участков под складские помещения и их стоимость; транспортные коммуникации; размер налогов и условия финансирования в регионе; разрешение экологической службы на создание ТСК. Этот пункт выбирается так, чтобы расстояние от отдельных транспортных источников до центра в сумме составляли бы наименьшее значение. Для того чтобы учесть различные источники i соответственно их транспортному значению, перевозимая от них транспортная масса в виде p_i умножается на расстояние l_i и определяется минимум величины

$$V = \sum_{i=1}^n p_i l_i \rightarrow \min.$$

В таблице 1 приведены модели и методы, используемые для определения местоположения ТСК и формирования рациональной терминально-складской сети транспортного узла.

Грузовая и коммерческая работа является наиболее доходобразующим направлением деятельности железнодорожного транспорта. Именно поэтому вопрос развития, оптимизации грузоперевозок и складской деятельности является актуальным и важным.

Известно, что ТСК объединяют в себе склады, различные капитальные сооружения, вспомогательные постройки, коммуникации, дороги и стоянки для грузовых автомобилей, специальное оборудование и многое другое, что позволяет производить погрузку, выгрузку, хранение различных грузов и осуществлять коммерческую деятельность.

Таблица 1 – Модели и методы формирования терминально-складской сети транспортного узла

Вариант расчета	Количество складов	Критерии учета расстояний и координат	Методы и критерии
Местоположение склада (как единичного объекта) выбирается на терминально-складской сети	Один	Кратчайшее расстояние $r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2}$ где x_i, y_i – координаты поставщика, потребителя; x_c, y_c – координаты склада	Минимум транспортной работы $P_j = \sum Q_{ij} \cdot r_{ij} \rightarrow \min.$ На основе комбинаторных методов перебираются возможные варианты расположения склада и его координаты
		Расстояние до объекта определяется от начала координат по осям X и Y	Метод центра тяжести $X_i = \frac{\sum Q_i x_i}{\sum Q_i}; Y_i = \frac{\sum Q_i y_i}{\sum Q_i}$ Метод центра тяжести по тарифу $X_i = \frac{\sum T_i x_i Q_i}{\sum T_i Q_i}; Y_i = \frac{\sum T_i y_i Q_i}{\sum T_i Q_i}$
	Один	Кратчайшее расстояние до объекта определяется от начала координат по осям X и Y	Метод «Виаль» $V = \sum_{i=1}^n p_i l_i.$ Значимость транспортных источников P может быть выражена в единицах транспортной массы M
Местоположение склада определяется с учетом выбранного (заданного) критерия оптимизации	Один	Кратчайшее расстояние до объекта определяется от начала координат по осям X и Y	Гравитационный метод $W_{ij} = \alpha \cdot \frac{\sum_1^i Q_i \cdot \sum_1^j Q_j}{l_{ij}^2}$ Интерпретация гравитационной модели $W_{ij} = \alpha \cdot \frac{q_{ij} \cdot Q_i}{l_{ij}^2},$ где l_{ij}^2 – расстояние между получателем (складом) и терминалом

Эффективность эксплуатации ТСК напрямую зависит от правильности проектирования схемы грузового района, корректной эксплуатации грузовой инфраструктуры и соответствия следующим вопросам.

1 Насколько правильно составлен проект ТСК и эффективны предпринятые схемные решения?

2 Эффективно ли осуществляется эксплуатация грузового района? Каким образом можно влиять (улучшать) на показатели работы ТСК без значительных капитальных вложений?

Проанализировать эти вопросы возможно, применив методы имитационного моделирования с учетом цифровизации транспортно-технологических процессов. Наиболее актуальным в использовании является программное обеспечение для имитационного моделирования VI поколения, которые объединяют в себе удобный графический интерфейс, обеспечивают возможность планирования различных экспериментов, а также позволяют осуществлять изменение параметров модели в режиме реального времени – среда программ имитационного моделирования *AnyLogic*.

Наиболее перспективным направлением в развитии имитационного моделирования транспортно-складских комплексов на данный момент можно назвать концепцию создания и использования цифрового двойника складской и логистической инфраструктуры, взаимодействующей с ТСК.

Концепция использования цифровых двойников ТСК относится к цифровизации процесса управления складской инфраструктурой, что берет свое начало от концепции управления жизненным циклом продукции (*Product Lifecycle Management*) и дает большой простор для решения задач в сфере грузовой и коммерческой работы. Создание цифрового двойника подразумевает разработку и создание полной цифровой копии объекта инфраструктуры. Это может быть и ТСК в целом, склад, и даже отдельная группа стеллажей. Все данные в режиме реального времени собираются в облачных онлайн-хранилищах (*Cloud storage's*) и «озерах данных» (*Data lake*). Сбор данных осуществляется с помощью датчиков, камер, сенсоров, а также специально обученных работников.

Цифровой двойник транспортно-складского комплекса подразумевает трехмерную модель с полностью совпадающими параметрами реального грузового района.

С помощью цифрового двойника можно находить различные «узкие» и слабые места в работе ТСК, подвергать их анализу и дальнейшей оптимизации, поиску методов улучшения эксплуатационных свойств складской инфраструктуры. Использование цифрового двойника склада отличается от «классического» анализа модели складской инфраструктуры тем, что в цифровом двойнике данные могут меняться в режиме реального времени и оказывать влияние на все эксплуатационные показатели инфраструктуры (например: опоздание грузовой автомашины, выход из строя одного или нескольких из автопогрузчиков и т. д.).

Для достижения максимально возможного результата данные этапы могут циклично повторяться несколько раз. Всего можно выделить четыре этапа создания цифрового двойника транспортно-складского комплекса.

- 1 Анализ данных изучаемого объекта и дальнейшее создание модели.
- 2 Эксперимент. Проверяются различные варианты работы ТСК.
- 3 Анализ полученных в результате эксперимента данных.
- 4 Отладка и усовершенствование технологии ТСК.

Рассмотрим этапы создания цифрового двойника на примере имитационной модели нескольких стеллажей крытого грузового склада (рисунок 1).

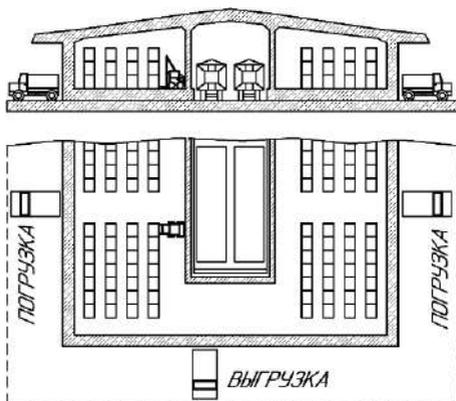


Рисунок 1 – Эскиз крытого склада для тарно-упаковочных грузов

Имитационное моделирование осуществляется с помощью программы *AnyLogic*. Согласно первому этапу необходимо произвести анализ данных объекта и создать трехмерную модель склада, максимально повторяющую свой оригинал. Произведем анализ некоторой части склада тарно-упаковочных грузов, содержащей в себе 4 группы стеллажей по 3 уровня (рисунок 2).

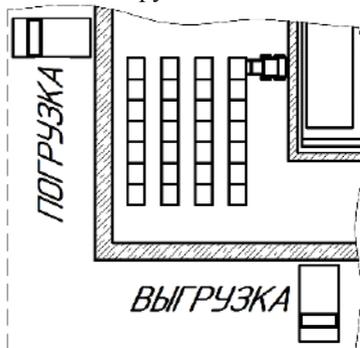


Рисунок 2 – Анализируемая часть склада тарно-упаковочных грузов

Рассмотрим следующий эксперимент: производится постепенное заполнение пустых стеллажей склада с помощью определенного количества автопогрузчиков. За скорость разгрузки грузовой автомашины, разгрузка которой производится отдельно с помощью погрузчика-лопаты, возьмем 5 паллет с грузом в минуту. Выгрузка грузовика будет производиться до тех пор, пока не будет полностью заполнен склад. Стоит задача заполнить определенным количеством автопогрузчиков склад максимум за 1 час (желательно быстрее).

Первоначально производится расчет количества погрузочно-разгрузочных машин (ПРМ) $Z_{\text{ПРМ}}$, которые необходимы для выполнения заданного объема работ, по формуле

$$Z_{\text{ПРМ}} = \frac{Q_n K_{\text{оп}}}{P_3 n_{\text{см}} t_{\text{погр}}},$$

где Q_n – грузопоток, который необходимо переработать, т; $K_{\text{оп}}$ – коэффициент объема переработки груза ($K_{\text{оп}} = 1$ для тарно-упаковочных грузов); P_3 – эксплуатационная производительность ПРМ; $n_{\text{см}}$ – число рабочих смен за $t_{\text{погр}}$, определяемое режимом работы грузового фронта или склада ($n_{\text{см}} = 1$), $t_{\text{погр}}$ – продолжительность загрузки, ч ($t_{\text{погр}} = 1$ ч).

Эксплуатационная производительность универсального автопогрузчика согласно средним характеристикам для легковесного груза [1] будет равняться 6,1 т/ч.

Таким образом, $Z_{\text{ПРМ}} = \frac{25,2 \cdot 1}{4,5 \cdot 1 \cdot 1} = 4,13 \approx 5$ автопогрузчиков.

После предварительного расчета необходимых данных производится первичное моделирование склада. Текстурируется чертеж и наполняется трехмерными складскими моделями для большей наглядности. Модели можно взять из ресурса примитивов моделей *3D Warehouse* либо разработать их самостоятельно (приведены в статье) с помощью таких программ, как *Autodesk 3DsMax*, *Autodesk Revit*, *Blender*.

Далее модель заполняется необходимыми элементами имитационного моделирования и ресурсами (рисунок 3).

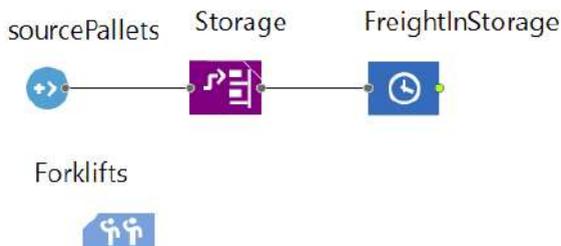


Рисунок 3 – Элементы имитационной модели ТСК

Элемент «*sourcePallets*» отвечает за появление выгружаемых из грузовика паллетов с грузом. Интенсивность прибытия (разгрузки) – 5 паллет/мин.

Элемент «*Storage*» добавляет в имитационную модель складские стеллажи (*Store*), которые выполняют функцию хранения груза.

Элемент «*FreihtInStorage*» задает ожидание уже погруженного на стеллаж груза для дальнейших операций.

Элемент «*Forklifts*» задает необходимый нам ресурс – автопогрузчики. Согласно нашим расчетам необходимое количество автопогрузчиков для нашей задачи – 5 шт.

В результате получаем готовую для дальнейшего эксперимента имитационную модель (рисунок 4).

Согласно второму и третьему этапу создания цифрового двойника транспортно-складского комплекса, проведем эксперимент и дальнейший анализ всех данных относительно поставленной перед складским комплексом задачи (рисунок 5).

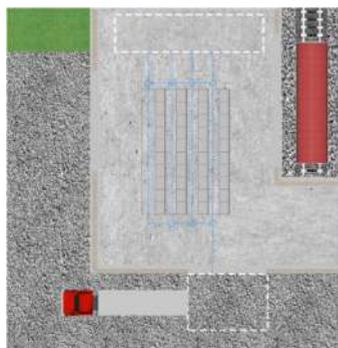


Рисунок 4 – Итоговая имитационная модель объекта ТСК

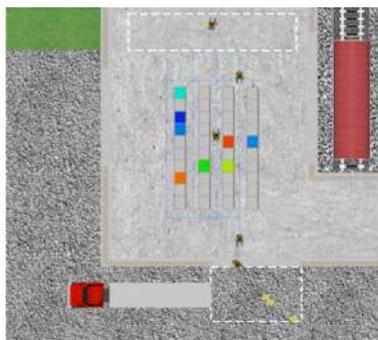


Рисунок 5 – Моделирование работы автопогрузчиков

Анализируя данную имитационную модель, можно отметить, что в соответствии с расчетами, 5 автопогрузчиков справляются с поставленной перед ними задачей, скопления паллетов с грузом на месте выгрузки грузовой автомашины не наблюдается, 1 автопогрузчик из 5 периодически из-за отсутствия доступной ему работы уходит на стоянку.

Перейдем к 4 этапу построения цифрового двойника транспортно-складского комплекса и проведем отладку данной операции. Для этого необходимо ввести элемент управления, встроенный в *AnyLogic* – «*Radio*». Задав логику работы данного элемента управления посредством языка программирования «*Java*», получаем следующую «панель управления» моделью (рисунок 6, таблица 2):

- 1 погрузчик
- 2 погрузчика
- 3 погрузчика
- 4 погрузчика
- 5 погрузчиков

Рисунок 6 – Модуль управления, регулирующий количество погрузчиков в режиме реального времени

Таблица 2 – Варианты выбора количества автопогрузчиков склада в работе

Количество авто-погрузчиков	Корректность выполнения поставленной задачи (отсутствие скоплений груза в области выгрузки)	Время, необходимое для выполнения задачи, мин
1	–	≈ 53
2	–	≈ 41
3	–	≈ 32
4	+	≈ 25
5	+	≈ 19

Если принять в работе четыре автопогрузчика и запустить эксперимент, то при практически полной загрузке складских стеллажей, сбоев в работе не происходит, нагрузка на погрузочно-разгрузочные машины равномерная.

Таким образом, можно заключить, что 1 из пяти автопогрузчиков следует рассматривать как резервный и не эксплуатировать его при данных условиях задачи. Также можно заключить, что возможный выход из строя одного из пяти автопогрузчиков не скажется на эксплуатационных характеристиках данной грузовой операции. Если же оставить всего 3 автопогрузчика, то данная операция не может быть выполнена корректно – образуется переизбыток выгруженных паллетов с грузом в зоне выгрузки грузовой автомашины (рисунок 7).

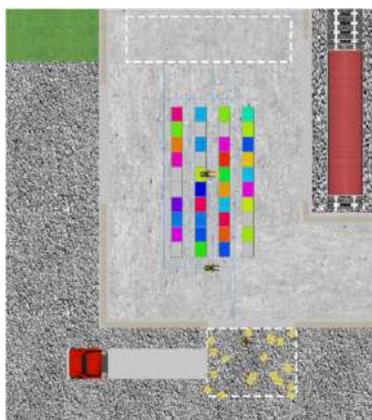


Рисунок 7 – Вариант для трех автопогрузчиков в работе

Такому анализу можно подвергнуть любую грузовую операцию любого из склада ТСК, так и транспортно-складского комплекса в целом. Дальнейший анализ каждой операции и показателей их динамического изменения в режиме реального времени, позволяет использовать имитационные модели как основу создания некоего аналога цифрового двойника транспортно-складского объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Бойко, Н. И.* Транспортно-грузовые системы и склады : учеб. пособие / Н. И. Бойко, С. П. Чередниченко. – Ростов н/Д. : Феникс, 2007. – 400 с.

2 ГОСТ 34530-2019. Межгосударственный стандарт. Транспорт железнодорожный. Основные понятия. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/1200167867>. – Дата доступа 23.10.2021.

3 Приказ Минтранса России от 23.06.2020 № 211 «Об утверждении Правил перевозок железнодорожным транспортом грузов мелкими отправками» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74832769>. – Дата доступа : 23.10.2021.

4 Приказ Минтранса России от 27.07.2020 № 256 «Об утверждении Правил перевозок грузов, порожних грузовых вагонов железнодорожным транспортом, содержащих порядок переадресовки перевозимых грузов, порожних грузовых вагонов с изменением грузополучателя и (или) железнодорожной станции назначения, составления актов при перевозках грузов, порожних грузовых вагонов железнодорожным транспортом, составления транспортной железнодорожной накладной, сроки и порядок хранения грузов, контейнеров на железнодорожной станции назначения» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://normativ.kontur.ru/document?documentId=373433&moduleId=1>. – Дата доступа : 23.10.2021.

O. N. CHISLOV, V. V. TRAPENOV, N. M. LUGANCHENKO

CONCEPT OF DIGITAL SIMULATION OF RAILWAY TRANSPORTATION AND WAREHOUSE COMPLEX

The article discusses various methods for the location of both the warehouse complex itself and their objects, as well as the creation of a simulation model of the warehouse complex object in order to analyze the efficiency of its operation and its further implementation in the concept of a digital twin. Correct placement, as well as efficient operation of the transport and warehouse infrastructure is of paramount importance in the modern transport market.

Получено 23.11.2021

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

Научная статья в сборнике «Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов» должна отражать результаты собственных исследований, обобщения практического опыта или системный аналитический обзор материала в некоторой конкретной области проектирования инфраструктуры раздельных пунктов. Работа должна быть передана в цифровом виде на адрес электронной почты

vlasiuk.ta@gmail.com

ответственного секретаря редакции сборника трудов с указанием в поле «Тема» назначения высылаемого материала «В сборник Правдина».

Формат бумаги – А5, междустрочный интервал – одинарный. Страницы должны иметь поля: верхнее – 1,7 см, левое и правое – по 1,6 см, нижнее – 2,1 см. Текст статьи печатается шрифтом Times New Roman, размер – 10 пт (в таблицах – 9, в подстрочных сносках – 8), выравнивание – по ширине. Отступ начала каждого абзаца составляет 0,5 см.

Информация, предвещающая статью, включает:

- УДК;
- инициалы, фамилии и места работы авторов (с пропуском свободной строки после УДК), прописным курсивом;
- адрес электронной почты;
- название статьи (с пропуском свободной строки после адреса электронной почты, жирным прописным шрифтом);
- краткую аннотацию (размер шрифта 9 пт).

Следует обратить внимание на смысловое содержание аннотации, являющейся основой для автоматизированных систем информационного поиска в сети Интернет. Поэтому аннотация должна точно отражать содержание научной статьи, чтобы по ней читатель смог получить правильное представление о сути и полученных результатах авторской работы. В тексте аннотации следует употреблять синтаксические словосочетания, свойственные языку научных и технических документов, избегать сложных грамматических конструкций, использовать значимые слова из текста статьи. Аннотация к статье должна быть информативной, не содержать исторических справок, описаний ранее опубликованных работ, общеизвестных для специалистов положений, дублировать текст самой статьи. Объем аннотации – не более 150 слов.

Пример оформления всего текстового блока, предвещающего статью, приведен ниже. Текст статьи начинается после аннотации с пропуском свободной строки. Материал статьи должен содержать краткое введение, посвящающее читателя в излагаемую проблемную область, основную часть и заключение. Все три позиции не выделяются заглавиями, но должны быть четко прослеживаемыми по содержанию.

УДК 658.7 : 656 + 06

О. Н. ЧИСЛОВ, Д. С. БЕЗУСОВ

Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону
o_chislov@mail.ru, biren306@yandex.ru

**НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРИПОРТОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ
НА ПРИНЦИПАХ АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Рассматривается аналитический подход к моделированию работы припортовых железнодорожных станций с целью выявления общесистемных закономерностей эксплуатации, аксиоматики транспортных процессов, выбору рациональных параметров системы «станция – порт» и сокращению простоя местных вагонов.

Рисунки в статье должны быть переданы по электронной почте отдельными файлами в формате *.jpg*. Допускается выполнять иллюстрации к статье в цветном виде, но без полутонов. Исключение составляют цветные фотографии хорошего качества, которые также могут использоваться для иллюстраций в статье. В черно-белом виде все рисунки должны быть строго контрастными без использования серого цвета. Данное требование относится также к текстовым блокам в рисунках, которые должны печататься шрифтом Times New Roman. Сложные рисунки с большим количеством текстовой информации (структурные и блок-схемы алгоритмов) необходимо высылать не только в растровом формате *.jpg*, но и в каком-либо векторном для возможной последующей редакции (*.crd*, *.ppt*, *.vsd*) без дополнительной переписки с автором.

Формулы должны набираться с использованием встроенного модуля Word Equation или с использованием других средств, обеспечивающих доступ к их редактированию в любых версиях текстового редактора. Особо следует обратить внимание на использование переменных с нижними или верхними индексами (в том числе и в текстовых блоках рисунков), которые должны быть начертаны в строгом соответствии с принятыми требованиями (правильные индексы с четким позиционированием относительно самой переменной, латиница – курсивом, русские и греческие символы – прямо, соразмерность текста и математических символов суммы, произведения, квадратного корня, обыкновенной дроби, интеграла и пр.).

Объем научной статьи должен быть не менее 0,35 а. л. (5–6 страниц текста по требованиям настоящего сборника).

Завершается научная статья списком использованной литературы (шрифт – Times New Roman, размер – 9 пт) в строгом соответствии с ГОСТ 7.01-2003, ГОСТ 7.82-2001. После библиографического списка и пропуска свободной строки следует информационный блок на английском языке (инициалы и

фамилия автора, место работы, адрес электронной почты, название статьи, аннотация). Далее указывается дата получения редакцией статьи от автора (шрифт – Times New Roman, размер – 8 пт с пропуском пустой строки после аннотации на английском языке).

Пример оформления информационного блока, завершающего статью, приведен ниже.

<p style="text-align: center;">СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</p> <p>1 <i>Таха, Х. А.</i> Введение в исследование операций : пер. с англ./ Х. А. Таха. – 7-е изд. – М. : Вильямс, 2005. – 912 с.</p> <p>2 <i>Правдин, Н. В.</i> Основы взаимодействия видов транспорта (примеры и расчёты) / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев; под ред. Н. В. Правдина. – М. : Транспорт, 1989. – 208 с.</p> <p>3 <i>Сидяков, В. А.</i> О задачах развития промышленного железнодорожного транспорта на период до 2030 года / В. А. Сидяков // Промышленный транспорт XXI век. – 2008. – № 2. – С. 3–6.</p> <p><i>I. V. RUCHKIN</i></p> <p>OPTIONS JUSTIFICATION OF TRAIN PATHS OF TRANSFER TRAFFIC SCHEDULE AT THE STATIONS OF THE ENTERPRISES INDUSTRIAL RAILWAY TRANSPORT</p> <p>The dynamics of quantitative and qualitative indicators of enterprises of industrial railway transport (EIRT) in the area of the North Caucasus Railway is studied. A statistical analysis of railcar flows is presented, and histograms of arrivals and departures are plotted using the calculated frequencies of cars arrival and train paths of the transfer schedule. The values of the integral function of the EIRT transport operation assessment are determined.</p> <p>Получено 06.11.2018</p>

Текст статьи и рисунки в электронном виде упаковываются в архив с именем автора (например, *ruchkin_art.rar*).

Кроме материалов по статье должен быть подготовлен и выслан на адрес редакции сборника соответствующий перечень сопроводительных документов (в архиве, например, *ruchkin_inf.rar*);

– договор на опубликование статьи, подписанный автором, в виде цветного изображения исходного документа в формате *.jpg* (исходный файл представлен на сайте БелГУТа);

– рецензия доктора наук по профилю специальности или научного руководителя (для аспирантов) в виде цветного изображения исходного документа в формате *.jpg* с подписью рецензента, заверенной печатью отдела кадров;

– скан отчета результатов работы программы антиплагиат.

Научное издание

**ПРОБЛЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ И УЗЛОВ**

Международный сборник научных трудов

В ы п у с к 3

Редактор *А. А. Павлюченкова*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 30.12.2021 г. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс New Roman. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 12,79. Уч.-изд. л. 13,41. Тираж 100 экз.

Зак. 3175. Изд. № 68.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский государственный университет транспорта.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.

№ 2/104 от 01.04.2014.

№ 3/1583 от 14.11.2017.

Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель