

**ПРОБЛЕМЫ  
ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ  
СТАНЦИЙ И УЗЛОВ**

**Международный сборник научных трудов**

**ВЫПУСК 2**

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

ПРОБЛЕМЫ  
ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ  
СТАНЦИЙ И УЗЛОВ

Международный сборник научных трудов

*Под общей редакцией доктора технических наук А. К. ГОЛОВНИЧА*

Гомель 2020

В сборник включены обзорные и предметные научные статьи ученых БелГУ-Та, а также специалистов в области проектирования и эксплуатационной работы транспортных вузов России, Казахстана, Монголии по различным теоретическим и прикладным аспектам актуальных проблем развития железнодорожных станций и узлов.

Для магистрантов, аспирантов и научных работников, занимающихся проблемами развития железнодорожных станций и узлов.

### **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)

ISSN 2664-5025



ISSN 2664-5025

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
<i>Алаев М. М., Каширцева Т. И.</i> Перспективы развития погрузочно-разгрузочного кластера твердых коммунальных отходов на железнодорожной станции.....	6
<i>Бересток Н. О., Кобзев В. А., Овчинникова Е. А., Янев Ж.</i> Метод оценки влияния человеческого фактора на безопасность движения поездов на основе признаков культуры безопасности.....	12
<i>Вакуленко С. П., Журавлев Н. П., Сидраков А. А.</i> Совершенствование взаимодействия грузоотправителя и перевозчика в морских портах.....	20
<i>Власюк Т. А.</i> Применение чартерных поездов при организации паломничества и туристических маршрутов на железнодорожном транспорте.....	30
<i>Власюк Т. А., Белоус А. Н.</i> Опыт применения информационной навигации пассажиров на железнодорожных вокзалах стран Западной Европы.....	35
<i>Головнич А. К., Вакуленко С. П.</i> Компьютерная визуализация технологических операций функционирующей трехмерной модели пассажирских устройств пассажирской станции.....	41
<i>Голубев П. В., Телятинская М. Ю.</i> Расчет путевого развития станций оборота на Московском центральном диаметре при изменении интервалов движения.....	52
<i>Дмитренко А. В., Баатар Идэр.</i> Оценка эффективности групповых поездов с учетом их влияния на порядок управления движением поездов и работу сортировочных станций.....	59
<i>Дралова И. П.</i> Этапность производства инженерно-геодезических изысканий на железнодорожных станциях.....	66
<i>Кекиш Н. А.</i> Влияние перспективной контейнеризации перевозок на проектирование инфраструктуры железнодорожных станций.....	77
<i>Кизим О. В.</i> Исследование вариантов развития транспортной инфраструктуры регионов Крайнего Севера.....	86
<i>Кизим Е. В., Овчинникова Е. А., Пазойский Ю. О.</i> Повышение эффективности паллетного хранения в складах путем применения гравитационных стеллажей.....	93
<i>Корниенко К. И.</i> Построение кривой распределения суммарного удельного сопротивления движения вагонов в сортировочном парке с учетом перерабатываемого вагонопотока и отцепопотока.....	98
<i>Лысов Г. М., Чернышев К. А.</i> Развитие безлюдных технологий в части контроля ведения регламента переговоров.....	110
<i>Мизгирева Е. Е.</i> Направления цифровизации узловых транспортных процессов на примере Краснодарского транспортного узла.....	113
<i>Переplавченко Е. М.</i> Принципы построения структурных и функциональных схем железнодорожных станций на основе единого топологического шаблона.....	119
<i>Потылкин Е. Н.</i> Оборот вагона в условиях множественности операторов подвижного состава.....	126
<i>Репешко Н. А., Колобов И. А.</i> Принципы бережливого производства на железнодорожном транспорте.....	131

<i>Роменский Д. Ю, Колин А. В., Насыбуллин А. М.</i> Технология работы и технико-технологические решения для зонных пассажирских станций на железнодорожных участках с интенсивным пассажирским движением .....	137
<i>Садыкова Г. М., Тюлюбаева Д. М.</i> Анализ потенциала логистики Алматинской агломерации с разработкой модели взаимодействия логистических процессов различных видов транспорта.....	145
<i>Терещенко Е. А.</i> Эквивалентные и неэквивалентные разбиения сортировочных путей железнодорожных станций на секции .....	160
<i>Трапенов В. В., Алабина В. В.</i> Логистическое информационное обеспечение складского хозяйства на станции Ростов-Товарный .....	165
<i>Чеботарева Е. А.</i> Повышение эффективности использования транспортных мощностей Юго-Западного полигона железных дорог в условиях перехода к полигонным технологиям.....	175
<i>Числов О. Н., Безусов Д. С.</i> Направления повышения эффективности транспортных процессов припортовых железнодорожных станций на принципах аналитического моделирования.....	185
<i>Янев Ж., Овчинникова Е. А., Бересток Н. О.</i> Математический алгоритм создания цифровой топологической модели станции в программе ИСУЖТ.....	194
Правила оформления статей .....	200

## ВВЕДЕНИЕ

Соответствие путевого развития и технического оснащения железнодорожных станций размерам и структуре обрабатываемого вагонопотока в значительной степени обуславливает качество перевозочного процесса в целом. Станции обладают значительным потенциалом технических и технологических средств, способных выполнять работу в эффективных режимах. Однако эти режимы реализуются только при тесной координации обслуживающих подсистем, выражающейся в формировании логистической последовательности всех операций транспортного процесса, при учете технических особенностей устройств пути, подвижного состава, информационных систем контроля и управления, обеспечивающих эффективное выполнение технологических операций, которые удовлетворяют заказчиков транспортных услуг по срокам и качеству перевозки.

В современных условиях возрастающей нагрузки на путевую инфраструктуру от большегрузных вагонов, высоких скоростей, повышенных требованиях клиентов доставки грузов точно в назначенный срок железнодорожные станции должны обладать ресурсной гибкостью, сочетая определенный резерв пропускной способности горловин и парков с высокой эффективностью его использования. Конкурентная борьба за перевозки с другими видами транспорта требует от станций формирования быстрых и одновременно экономически выгодных для клиентов схем обслуживания грузов и пассажиров, поддержки на высоком уровне их доходности для железнодорожного транспорта.

Эти проблемы находят отражение в представленных научных статьях сборника.

УДК 656.211

*М. М. АЛАЕВ, Т. И. КАШИРЦЕВА*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

*A777MM@yandex.ru, Ka-t-i@yandex.ru*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНОГО КЛАСТЕРА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ**

Рассматриваются требования к инфраструктуре железнодорожных станций для переработки твердых коммунальных отходов (ТКО), приводятся результаты расчетов по техническому оснащению погрузочно-разгрузочного кластера ТКО станции.

В настоящее время проблема переработки и перевозки твердых коммунальных отходов (далее – ТКО) является актуальной для многих стран. Наиболее перспективным видом транспорта для перевозки ТКО на большие расстояния является железнодорожный транспорт. Инфраструктура железнодорожных станций, предназначенных для работы с различными грузами, регламентируется определенными требованиями [1]. Технология переработки ТКО на железнодорожных станциях имеет целый ряд специфических особенностей, поэтому для организации работы с ТКО на станциях требуется специальная инфраструктура.

Московский регион занимает первое место в рейтинге самых замусоренных регионов России. В Москве и Подмосковье производится более 15 % всего мусора страны. Россияне ежегодно накапливают до 337,2 млн куб. м отходов. Московская область является лидером по количеству отходов – 27,53 млн куб. м мусора в год. Москва занимает второе место с показателем 26,8 млн куб. м отходов в год. В сумме на Московский регион приходится почти 55 млн куб. м отходов ежегодно [2].

Наибольшую долю в структуре отходов занимают отходы грунта при проведении земляных работ, твердые бытовые отходы и прочие отходы предприятий и организаций. Общее количество ТКО, образованное в Моск-

ве в год составляет 7918,136 тыс. т. Морфологический состав ТКО в Москве: по массе в составе ТКО преобладают: пищевые отходы – 24,7 %; бумага (картон) – 24,3 %; стекло – 11,4 %; пластмассы – 16,2 % [3].

Большинство мусорных полигонов Московской области не соответствуют современным требованиям, часть из них закрыли или рекультивируют. Из ещё действующих крупных полигонов остались наиболее удалённые от Москвы, такие как: Храброво – 50 гектаров; Лесная – 43 гектара; Малая Дубна – 15 гектаров; Сабурово – 14 гектаров; Ядрово – 54 гектара. В начале 2020 года заработал новый полигон под Сергиевым-Посадом. Помимо вышеперечисленных полигонов ТКО также существуют нелегальные свалки, которые оказывают значительное неблагоприятное воздействие на экологию [4]. Для Московского региона очень актуален вопрос вывоза ТКО в более отдаленные регионы для переработки и утилизации.

Анализ зарубежного опыта показывает, что для таких перевозок целесообразно использовать железнодорожный транспорт. За последнее десятилетие в Соединенных Штатах Америки ежегодно производилось более 250 миллионов тонн твердых бытовых отходов. В США в сфере сбора и утилизации мусора работают около 1,5 миллиона человек, действуют около 56 тысяч предприятий, годовой оборот которых составляет почти 240 миллиардов долларов. Рост интереса к переработке отходов, так же как и в Европе, пришелся на начало 1990-х. Сегодня в Америке работают около 550 мусороперерабатывающих заводов. На протяжении последних трех десятилетий в США реализуется масштабная «антимусорная программа», смысл которой заключается в снижении потребления, повторном использовании и переработке отходов. Подобным образом власти пытаются обучить население экономно использовать ресурсы и постепенно сокращать количество бытовых отходов.

В ЕС ежегодно образуется около 130 млн т отходов, среди которых 88 млн т являются твердыми коммунальными отходами. В Европе вторичная переработка отходов хорошо развита и продолжает развиваться (более 20 % ТКО перерабатывается во вторсырье, около 17 % – в компост, 20 % сжигают с утилизацией энергии и 40 % захоранивают на полигонах ТКО). На 2019 год в Европе на компост и вторсырье было переработано 18 % и 24 % соответственно бытовых отходов [5].

Лидером по переработке ТКО в Европе является Германия, где почти 50 % отходов перерабатывается во вторсырье и 34 % сжигается. Более 70 действующих заводов по обезвреживанию ТКО с извлечением энергии (около 14 000 ГВт/ч) и электроэнергии (около 5000 ГВт/ч) находятся в Германии, что составляет 0,6 % от всей электроэнергии, вырабатываемой в стране. Более 70 действующих заводов по обезвреживанию ТКО с извлечением энергии



(около 14000 ГВт/ч) и электроэнергии (около 5000 ГВт/ч) находятся в Германии, что составляет 0,6 % от всей электроэнергии, вырабатываемой в стране. В Швейцарии и Швеции сжигается до 50 % ТКО. У Бельгии и Дании самые низкие показатели сжигания отходов [6].

В Японии также существует проблема переработки и вывоза ТКО, более 50 млн т мусора вырабатывается страной в целом. 75 % ТКО сжигается, 12 % перерабатывается, а остальное захоранивается на полигонах ТКО. Как вторсырье ТКО используется для изготовления экоцемента.

В настоящее время организация перевозок ТКО железнодорожным транспортом наиболее распространена в США, также подобный опыт имеется у Австралии, Канады и некоторых других стран. Исследования показали, что опыт США и других стран в организации перевозки ТКО железнодорожным транспортом целесообразно использовать в России [5].

В Москве и Московской области достаточно хорошо развита железнодорожная сеть, а властью и бизнесом намечены перспективные места вывоза отходов и строительство мусоросжигательных заводов и мусороперерабатывающего комплекса. Перевозка ТКО по железным дорогам может быть осуществлена следующими основными способами:

- с использованием контейнеров с уплотненным мусором, которые поступают на контейнерные площадки, откуда контейнера загружаются на подвижной состав и транспортируются к месту утилизации;
- в полувагонах с упакованными брикетами, поступающими с мусоросортировочных предприятий, загружающимися в подвижной состав и транспортирующимися на полигон.

В обоих случаях перевозка может осуществляться как отдельными вагонами, так и целыми маршрутами. Логистическим аспектом при этом должно являться минимальное количество перевалок и наличие инфраструктуры для движения грузового автотранспорта, загрузки и выгрузки. Брикет, предназначенный для перевозки в 20-футовых контейнерах, имеет следующие характеристики: длина 1,2 м, ширина 0,8 м, высота 1 м, объем 0,96 м<sup>3</sup> и масса приблизительно 0,8 т, а для перевозки в полувагоне, размеры соответственно 1,1х1,1х1,3 м, объем 1,6 м<sup>3</sup>, масса около 1 т.

Расчетами установлено, что по грузоподъемности полувагон вмещает 69 т брикетов, но ограничивающим фактором является его объем, в 20-футовый контейнер можно загрузить 22 брикета в 2 яруса общей массой 17,6 т.

Перевозки грузов с использованием контейнеров являются бесперегрузочными. Такой тип перевозок эффективен из-за ряда факторов: экономия расходов на погрузочно-разгрузочных работах; сокращение простоя транспортных средств; увеличение производительности труда; сокращение сро-

ков доставки груза. В контейнер брикеты загружаются с помощью вилочного погрузчика, оборудованного захватом для кип.

Для переработки ТКО на железнодорожной станции должен сооружаться перегрузочный терминал. ТКО завозятся на терминал автотранспортом. При заезде на терминал машины проходят весовой и радиационный контроль. После прохождения контроля машины поступают в зону выгрузки отходов, которая находится в герметичном складском помещении.

Из автомобилями ТКО выгружают в приемное отделение терминала, а далее они перегружаются на приемный конвейер. Из зоны выгрузки отходы по конвейеру поступают в сортировочные бункеры. С помощью специализированных мусоросортировочных комплексов осуществляется подготовка ТКО к транспортировке.

В различных проектах предлагаются следующие станции Москвы и Московской области для работы с ТКО: Бескудниково, Бойня, Кунцево-2, Москва-Павелецкая, Раменское.

Анализируя расположение выбранных станций, можно предложить следующие варианты.

1 На станцию Бескудниково свозить мусор с северной части Москвы (СЗАО, САО, СВАО, ЗелАО).

2 Бойня и Москва-Павелецкая может принимать мусор из центра и востока города (ЦАО, ВАО, ЮВАО).

3 Кунцево-2 может работать с отходами западной части Москвы (ЗАО, Новомосковский АО, Троицкий АО).

4 На станцию Раменское можно отправлять отходы из южных регионов (ЮЗАО, ЮАО).

Особенности работы с ТКО требуют развития инфраструктуры данных железнодорожных станций. Условием, обуславливающим возможность железнодорожной перевозки опасных и неопасных отходов (ТКО I–V класса опасности, «хвостов» сортировки IV и V класса опасности) в контейнерах, является необходимость упаковки брикетов. Без упаковки к перевозке в контейнерах грузы, которые имеют специфический запах и могут загрязнять внутренние поверхности контейнеров, не допускаются [7].

Для организации работы с ТКО на станциях необходимо выполнить различные реконструктивные мероприятия. Для освобождения площади, на которой будут располагаться сортировочные комплексы, склады для хранения упакованных брикетов ТКО или контейнерные площадки, необходимо демонтировать некоторые пути. На погрузочной станции должны располагаться мусоросортировочный комплекс и площадка для временного хранения брикетированных ТКО.

Одной из рассматриваемых станций для переработки ТКО является станция Бойня. Бойня – железнодорожная станция тупикового типа. По назначению является промежуточной, по объёму работы относится к 4 классу. Раньше являлась грузовой станцией 2 класса. Станция входит в Малое кольцо Московской железной дороги. Станция находится в Нижегородском районе г. Москвы, между Третьим транспортным кольцом и Волгоградским проспектом. Состоит из двух отдельных парков – Городской (располагается севернее, у Скотопрогонной улицы) и Товарный (ближе к Волгоградскому проспекту), также на станции числится законсервированный парк Симоново (бывшая станция). С восточной стороны станции соединяется с главным ходом Малого кольца Московской железной дороги, а также станцией Новопролетарская. Парк Городской тупиковый. От Товарного парка уложен путь к парку Симоново, в настоящее время законсервирован.

Схема части станции, на которой предлагается расположить перегрузочный терминал, представлена на рисунке 1.

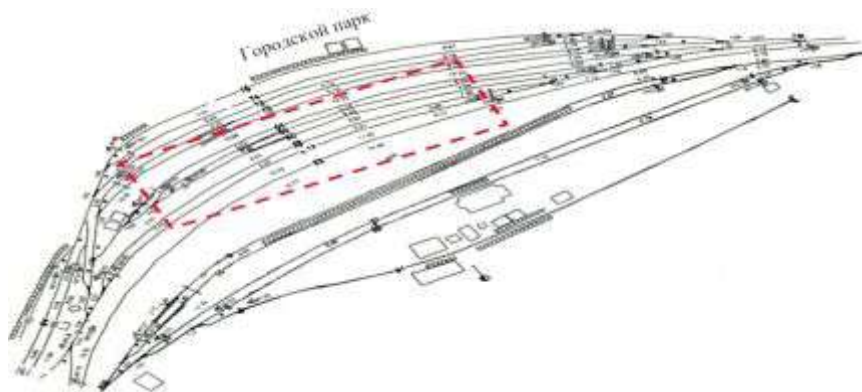


Рисунок 1 – Схема части станции с расположением перегрузочного терминала ТКО

При существующих потребных объемах переработки ТКО на станции Бойня: прием 1,6 тыс. т несортированных ТКО в год, вывоз 860 т в год будет грузиться один состав с ТКО в сутки, прямым отправительским маршрутом – 71 полувагон или 67 фитинговых платформ.

Кроме демонтажа приемо-отправочных путей на станции требуется построить мусоросортировочный комплекс, открытую площадку для обработки ТКО при перевозке в полувагонах или контейнерную площадку для хранения и перегрузки контейнеров с ТКО. Проведенные расчеты показывают, что величина площадки для работы с полувагонами примерно в 1,5 раза меньше, чем площадь контейнерной площадки, а число кранов в 2 раза

больше, чем число ричстакеров. Следовательно, выбор того или иного варианта инфраструктуры обуславливается размерами имеющейся площади и стоимостью ПРМ и работ. По расчетам мусоросортировочный комплекс будет занимать около 1500 м<sup>2</sup>.

Подходы к расчету параметров погрузочно-разгрузочного кластера ТКО, определенные для станции Бойня, могут быть использованы и для других кластеров ТКО железнодорожных станций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы) : учеб. / Н. В. Правдин [и др.]; под ред. Н. В. Правдина и С. П. Вакуленко. – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. – 1086 с.

2 Московская область возглавила рейтинг самых замусоренных регионов России [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <https://www.rbc.ru>. – Дата доступа 17.09.2020.

3 Территориальная схема обращения с отходами [Электронный ресурс]. Официальный сайт мэра Москвы. Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.mos.ru>. – Дата доступа 11.08.2020.

4 Линделл, Д. Масштаб загрязнений: как росли подмосковные свалки. Спецпроект РБК / Д. Линделл, Ю. Сапронова, А. Антипова [Электронный ресурс] // РБК. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.rbc.ru>. – Дата доступа 06.08.2020.

5 Сопилко, Н. Ю. Переработка отходов: анализ мировых тенденций / Н. Ю. Сопилко // Твердые бытовые отходы. – Вып. № 11. – М. : Отраслевые ведомости, 2017. – С. 42–44.

6 Ньюбауэр, А. Сближение с политикой ЕС по отходам / А. Ньюбауэр, З. Тагара, М. Дзнецладзе // ECOLOGIC – Институтом Международной и европейской Экологической Политики. – 2018. – С. 10–23.

7 Правила перевозок железнодорожным транспортом грузов в открытом подвижном составе : утв. Приказом МПС РФ от 16.06.2003 № 19 (ред. от 19.08.2009) (зарегистрировано в Минюсте РФ 19.06.2003 № 4740) // Информационно-правовое обеспечение «Гарант» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.base.garant.ru>. – Дата доступа 12.09.2020.

*M. M. ALAEV, T. I. KASHIRTSEVA*

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE MSW LOADING AND UNLOADING CLUSTER AT THE RAILWAY STATION

The article discusses the requirements for the infrastructure of railway stations for the processing of municipal solid waste (MSW) and provides the results of calculations for the technical equipment of the station's MSW loading and unloading cluster.

Получено 22.09.2020

УДК 656.2: 65.012.122

*Н. О. БЕРЕСТОК, В. А. КОБЗЕВ, Е. А. ОВЧИННИКОВА, Ж. ЯНЕВ*  
*Российский университет транспорта, (МИИТ), г. Москва*  
bogdanelena@yandex.ru, vkobzev46@yandex.ru, berestok@mail.ru,  
Zivkoacter@yahoo.com

## **МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ОСНОВЕ ПРИЗНАКОВ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ**

Рассмотрен порядок формирования экспертной группы для проведения анализа нарушений по признакам культуры безопасности и последовательность ранжирования этих нарушений по признакам культуры безопасности. Дана оценка влияния человеческого фактора на безопасность движения поездов на основе признаков культуры безопасности.

Эффективность обеспечения безопасности движения поездов требует постоянной оценки влияния человеческого фактора. Учитывая, что система менеджмента безопасности движения (далее СМБД) [1] строится на процессной модели, следует и подсистему управления рисками человеческого фактора реализовать применительно к существующему процессу – процессу развития культуры безопасности, что позволит сделать СМБД более гибкой, эффективной и результативной.

Одним из важных этапов развития культуры безопасности является оценка нарушений по признакам культуры безопасности, которая позволит ответить на следующий вопрос: «Какие нарушения требований и правил безопасности движения могут произойти при неразвитой культуре безопасности?».

Для получения ответов на указанный вопрос используем метод анализа видов, последствий и причин потенциальных несоответствий, который позволяет учитывать влияние человеческого фактора.

Исходными данными являются виды нарушений и количество нарушений, зафиксированные в автоматизированной системе контроля работы ревизорского аппарата (АС РБ КР). Последовательность этапов оценки состояния признаков культуры безопасности на основе допущенных нарушений представлен на рисунке 1.

Данный метод является экспертным, поэтому для его проведения необходимо сформировать группу экспертов.



Рисунок 1 - Последовательность проведения оценки состояния признаков культуры безопасности

### 1 Методика формирования экспертной группы

Для определения необходимого количества экспертов используется зависимость между видами нарушений, которая определяется по формуле [2]:

$$m = \sqrt{n}, \quad (1)$$

где  $n$  – количество оцениваемых объектов,  $m$  – минимальное количество экспертов.

Следующим этапом является оценка уровня компетентности ( $K$ ) каждого эксперта, которая определяется по формуле [2]:

$$K = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 K_{ij}. \quad (2)$$

С целью возможности выбора экспертов с соответствующей компетенцией для проведения ранжирования нарушений по признакам культуры безопасности рекомендуется увеличить количество экспертов на 15-20 %.

Оценка уровня компетенции включает четыре обобщенных значения, учитывающие профессиональную деятельность и личные качества эксперта. Так, коэффициент  $K_{ij1}$  отражает уровень профессиональной подготовки и информированности эксперта;  $K_{ij2}$  характеризует уровень базовой аргументации при принятии решения экспертом;  $K_{ij3}$  – это самооценка личных качеств эксперта;  $K_{ij4}$  – это оценка личных качеств эксперта коллегами-экспертами.

Значения коэффициентов  $K_{ij1}$  и  $K_{ij2}$  определяется на основании данных, указанных в таблицах 1 и 2.

Каждый эксперт, получив таблицу 2 без цифр, указывает в ней символом ( $V$ ) уровень влияния каждого источника информации на свое мнение. После сопоставления таблицы эксперта с эталонной таблицей с цифрами производится подсчет суммы баллов по всем источникам информации, отмеченным экспертом. Полученная оценка соответствует значению коэффициенту  $K_{ij2}$ .

**Таблица 1 – Определение уровня профессиональной подготовки и информированности экспертов**

Профессиональная подготовка эксперта	Значение коэффициента $K_{ij1}$ (балл)
Главный ревизор	1,0
Ревизор	0,9
Инженер со стажем более 20 лет	0,8
Инженер со стажем от 15 до 20 лет	0,7
Инженер со стажем от 10 до 15 лет	0,6
Инженер со стажем от 5 до 10 лет	0,5

**Таблица 2 – Определение аргументированности экспертов**

Источник информации	Значение степени влияния источника информации на мнение эксперта (балл)		
	Высокая	Средняя	Низкая
Проведённый теоретический анализ	0,30	0,20	0,10
Опыт производства	0,50	0,40	0,20
Знакомства с научными работами	0,05	0,05	0,05
Знакомство с состоянием дел по культуре безопасности в других отраслях	0,05	0,05	0,05
Интуиция	0,05	0,05	0,05

Коэффициенты  $K_{ij3}$  и  $K_{ij4}$  определяются на основе оценки пяти основных качеств экспертов:

- 1) стремление к профессиональному росту и постоянному повышению квалификации как в своей области, так и в смежных областях;
- 2) способность оперативно оценивать ситуацию и принимать эффективные решения;
- 3) способность своевременно реализовывать принятые решения;
- 4) умение создавать в рабочем коллективе нормальный психологический климат;
- 5) дисциплинированность и организованность.

Для оценки значений коэффициентов  $K_{ij3}$  и  $K_{ij4}$  экспертов используется вербально-цифровая шкала, указанная в таблице 3.

**Таблица 3 – Шкала оценки профессиональных навыков эксперта**

Качества	Балл	Качества $K_{ij3}$	Балл $K_{ij4}$
Всегда	1,0	Реже средней	0,4
Почти всегда	0,9	Редко	0,3
Очень часто	0,8	Очень редко	0,2
Часто	0,7	Иногда	0,1
Чаше средней	0,6	Никогда	0,0
Средняя	0,5	–	–

Значения коэффициентов  $K_{ij3}$  и  $K_{ij4}$  определяются на основе данных, приведенных в таблице 3, по следующим формулам:

$$K_{ij3} = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 K_{ij3}, \quad (3)$$

$$K_{ij4} = \frac{1}{5m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^5 K_{ji4}, \quad (4)$$

где  $m$  – общее количество экспертов, которые участвуют в оценке личных качеств эксперта.

Все эксперты ранжируются по уровню компетентности в соответствии с коэффициентом  $K$  от максимального значения до минимального значения. Далее, из ранжируемого списка определяется минимально необходимое количество экспертов в соответствие с формулой (1), при этом эксперты последовательно выбираются из ранжированного ряда, начиная с максимального уровня компетентности.

Сформированная таким образом рабочая группа экспертов является компетентной, если уровень компетентности рабочей группы отвечает условию  $0,67 \leq M \leq 1$ , при этом коэффициент компетентности  $M$  экспертной группы вычисляется по формуле (6) [2]:

$$M = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m K_i, \quad (6)$$

где  $K_i$  – коэффициент компетентности  $i$ -го эксперта;  $m$  – количество экспертов в составе группы.

## 2 Формирование оценки нарушений требований и правил безопасности движения по признакам культуры безопасности

Оценка нарушения требований и правил безопасности движения по признакам культуры безопасности должна выполняться сформированной группой экспертов не чаще одного раза в год.

Цифровая оценка нарушений требований и правил безопасности движения по признакам культуры безопасности приведена в таблице 4 [3]. В каждой ячейке экспертом проставлялись цифры 1 или 0 (1 – если тип нарушения зависит от признака культуры безопасности, 0 – если не зависит).

Таблица 4 – Фрагмент таблицы ранжирования нарушений по признакам культуры безопасности

Тип нарушения	Признак 1	Признак 2	Признак 3	Признак 4	Признак _	Признак _	Сумма
1	$d_1^1$	$d_2^1$	1	0	0	1	$\sum_1^1 D$
2	0	1	0	0	1	0	$\sum_1^1 D$
3	1	0	1	0	0	1	$\sum_1^1 D$
...	0	1	0	1	1	1	$\sum_1^1 D$
....	1	0	1	1	0	0	$\sum_1^1 D$

На следующем этапе производится обработка полученных данных по ранжированию нарушений по признакам культуры безопасности экспертами. По каждому признаку культуры безопасности определяется среднее значение по формуле [4]:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^m d_i^j}{m}, \quad (7)$$



где  $d_i^j$  – значение в ячейке при ранжировании нарушений по признакам культуры безопасности.

Результат обработки данных формируется в таблице 5. В каждой ячейке таблицы данных указывается среднее значение влияния признака культуры безопасности на вид нарушения.

**Таблица 5 – Среднее значение влияния признака культуры безопасности на вид нарушения**

Тип нарушения	Признак 1	Признак 2	Признак 3	Признак 4	Признак ...	Признак ...
1	$D_1^1$	$D_2^1$				
2						
3						
...						

Далее оценивается согласованность полученных результатов экспертной группы. Для проведения оценки согласованности результатов каждый эксперт заполняет таблицу 6 (карту опроса).

**Таблица 6 – Карта опроса**

Тип нарушения	Номер эксперта				$R_{ij}$	$(R_{ij})^2$
	$m_1$	$m_2$	...	$m_i$		
1	$D_{11}$	$D_{21}$	...	$D_{i21}$		
					$\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m R_{ij})$	$(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij})^2$

В каждой ячейке столбца (см. номера эксперта в таблице 6) указывается ранг каждого типа нарушения. Экспертом проставляется значение от 1 до максимального значения количества видов нарушений. Максимальное значение ранга – это общее количества оцениваемых объектов. Значение ранга проставляется экспертом в зависимости от значимости нарушения по мнению эксперта. Ранг с цифрой 1 является самым важным. После заполнения таблицы производится расчет коэффициента согласованности экспертного мнения по формуле [2]:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (8)$$

где  $n$  – число видов нарушений;  $S$  – сумма квадратов разностей рангов (отклонений от среднего).

Сумма квадратов разностей рангов определяется по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m R_{ij})^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij})^2}{n}, \quad (9)$$

где  $R_{ij}$  – значение эксперта  $j$  по виду нарушения  $i$ .

При получении значения коэффициента согласованности экспертного мнения в интервале от 0,4 до 1 производится дальнейшее использование полученных данных для оценивания состояния признаков культуры безопасности.

### 3 Оценка состояния культуры безопасности

Первоначальная оценка состояния культуры безопасности производится без учета количества нарушений. На данном этапе определяются все виды нарушений из АС РБ КР, по которым были допущены нарушения в структурном подразделении.

Исходными данными для матрицы для оценки состояния культуры безопасности (таблица 7) являются:

- цифровые значения признаков культуры безопасности, указанные в таблице 5;
- данных системы АС РБ КР по видам нарушений, на основе которых заполняются графы «предыдущий период» (далее – «П») и «текущий период» (далее – «Т»);
- расчетное значение «Расчетного коэффициента» (далее – «Рк»).

Таблица 7 – Матрица для оценки состояния культуры безопасности

Виды нарушений	Количество нарушений в АС РБ КР		Расчетный коэффициент «Рк»	Признаки культуры безопасности				
	Предыдущий период	Текущий период		1	2	3	...	12
1				$D^1$				
2								
...				...				
$N$								
Итого				Ок				

Значение «Рк» определяется согласно значениям периода, если:

- «П» = 0 или «Т» = «П», то «Рк» = 1;
- «Т» > «П», то «Рк» = 1 + «П» / «Т»;
- «П» и «Т» = 0, то «Рк» = 0;
- «Т» < «П», то «Рк» = «Т» / «П».

При отсутствии значений по количеству нарушений по «видам нарушений» за предыдущий период, указывается значение «Рк» = 1.

Цифровое значение признака культуры безопасности определяется по формуле:

$$Ок = \sum_{i=N}^1 (D_N^i P_{K_N}^i), \quad (11)$$

где  $N$  – количество видов нарушений всего;  $P$  – признак культуры безопасности.

Оценочное значение состояния признака культуры безопасности

$$O = 1 - O_k / N. \quad (12)$$

По цифровому значению признаков культуры безопасности определяется уровень текущего состояния указанных признаков в соответствии с таблицей [5].

**Таблица 8 – Уровни состояния признаков культуры безопасности**

Уровень текущего состояния	Итоговая оценка текущего состояния
Достаточный	$(O) \geq 0,8$
Приемлемый	$0,79 \leq (O) < 0,41$
Низкий	$0,4 \leq (O) < 0,22$
Неприемлемый	$(O) < 0,21$

Уровень культуры безопасности определяется как среднее значение признаков культуры безопасности. Описание характеристик уровней культуры безопасности приведены в таблице 9.

**Таблица 9 – Характеристика уровней культуры безопасности**

Уровень культуры безопасности	Общее описание состояния безопасности движения поездов	Общие рекомендации
Достаточный	Нарушения безопасности движения работниками практически не допускаются или нарушения выявляются работниками и устраняются в течение рабочей смены. При проведении проверок выявляются нарушения, которые направлены на повышение качества функционирования системы управления безопасностью движения поездов. Система управления безопасностью движения поездов функционирует устойчиво	Разработка индивидуальных планов обучения работников. Совершенствование системы управления безопасностью движения поездов
Приемлемый	Основные допускаемые нарушения связаны с несоблюдением технологии перевозочного процесса и качеством выполнения технологических операций. Система управления безопасностью движения функционирует устойчиво, но имеются отдельные недостатки несистемного характера. Все выявляемые нарушения имеют локальный характер	Изучение технологии организации процессов производства с участием работников. Повышение профессиональных компетенций работников

Окончание таблицы 9

Уровень культуры безопасности	Общее описание состояния безопасности движения поездов	Общие рекомендации
Низкий	Отсутствует системная работа в вопросах обеспечения безопасности движения поездов. Работниками допускаются нарушения, которые могут привести к транспортным происшествиям. Выявляемые нарушения по безопасности движения имеют системный характер. Увеличивается количество нарушений, которые могут привести к транспортным происшествиям	Разработка мероприятий по повышению эффективности функционирования системы управления безопасностью движения поездов. Повышение профессиональных компетенций работников
Неприемлемый	Нарушения допускаются практически всеми работниками. Руководители предприятий нарушения, которые допускают работники, не выявляют. Отсутствует система управления безопасностью движения поездов. Основные допускаемые нарушения – это нарушения безопасности при производстве поездной и маневровой работы, которые приводят в основном к транспортным происшествиям	Проведение аудита с разработкой мероприятий по повышению уровня культуры безопасности

Предложенный метод оценки влияния человеческого фактора на безопасность движения поездов на основе признаков культуры безопасности может быть использован на линейных предприятиях железнодорожного транспорта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Распоряжение ОАО «РЖД» от 3.12.2019 № 2711/р «Об утверждении Методических рекомендаций по развитию Культуры безопасности на основе построения в холдинге «РЖД» социотехнической модели взаимодействия персонала, техники и технологии».

2 Харченко, М. А. Корреляционный анализ / М. А. Харченко. – Воронеж: ИПЦ Воронежского гос. ун-та, 2008. – 31 с.

3 Кластерный анализ нарушений безопасности движения поездов по признакам культуры безопасности / Н. О. Бересток [и др.] // Качество. Инновации. Образование. – 2020. – № 3. – С. 45–54.

4 Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М. : Высш. шк., 1999. – 479 с.

5 Минимальные баллы ЕГЭ 2020 по предметам [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://bingoschool.ru/blog/139/>. – Дата доступа 13.07.2020.

*N. O. Berestok, V. A. Kobzev, E. A. Ovchinnikova, J. Zhivko*

## **METHOD ESTIMATION OF INFLUENCE THE HUMAN FACTOR ON SAFETY TRAINS MOVEMENT ON THE BASIS OF ATTRIBUTES SAFETY CULTURE**

The base formation of expert's group was developed for making the analyses of falsies in the case of safety culture and humping the falsies in case of safety culture. The point was given for attempting the human's factor in train operation safety in the case of safety culture.

Получено 22.09.2020

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2020**

---

УДК 656.213

*С. П. ВАКУЛЕНКО, Н. П. ЖУРАВЛЕВ, А. А. СИДРАКОВ*  
*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*  
*post-iiut@bk.ru, nzhuravlev@bk.ru, sidrakov@mail.ru*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРУЗОТПРАВИТЕЛЯ И ПЕРЕВОЗЧИКА В МОРСКИХ ПОРТАХ**

В статье рассматриваются пути повышения эффективности взаимодействия железнодорожного перевозчика, грузоотправителя и оператора морского терминала. На примере взаимодействия портовой станции Новороссийск и АО «Новороссийский судоремонтный завод» проводится анализ особенностей технологии работы путей необщего пользования в морских портах. Определяются основные параметры подачи и уборки вагонов на пути необщего пользования: число вагонов в подаче, интервалы подачи, степень влияния сгущения подачи отдельных грузов на простой вагонов. На основе приведенного анализа определяются «узкие» места существующей технологии работы и приводятся предложения по ее совершенствованию.

Развитие железнодорожных грузовых перевозок в современных условиях неразрывно связано с развитием морских портов, куда поступает большая часть грузов, перевозимых железнодорожным транспортом. Для повышения рентабельности перевозок и конкурентоспособности с другими видами транспорта железнодорожному транспорту необходимо налаживать

эффективное взаимодействие с грузоотправителями и грузополучателями, принимающими и отправляющими грузы в морских портах.

Технология взаимодействия операторов морских терминалов и станций примыкания разрабатывается на основе законов 17-ФЗ «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации», 18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации», соответствующих подзаконных актов и имеет особенности, обусловленные Федеральным законом от 08.11.2007 г. № 261-ФЗ «О морских портах в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями на 16.12.2019 г.) и подзаконными актами к нему.

Эффективное взаимодействие станций примыкания ОАО «РЖД» и операторов морских терминалов, принимающих и отправляющих грузы в морских портах, может быть обеспечено рациональной организацией погрузочно-разгрузочных работ на путях операторов морских терминалов, готовностью выставочных путей станций примыкания к приему вагонов с подъездного пути и своевременным формированием маневровых составов для передачи на подъездной путь, а также согласованием груженых вагонопотоков, направляемых грузовладельцами в адрес операторов морских терминалов.

Узкая специализация грузовых фронтов подъездных путей, специфические транспортные характеристики перерабатываемых грузов, проблемы схемы путевого развития подъездного пути и организации маневровой работы приводят к существенно различающейся продолжительности разгрузки и погрузки вагонов для разных грузов из перерабатываемой номенклатуры и требуют рационального планирования подачи-уборки вагонов.

Отношения по поводу эксплуатации железнодорожных путей в морском порту, подачи и уборки вагонов регулируются договором перевалки груза. По договору перевалки груза одна сторона (оператор морского терминала) обязуется осуществить за вознаграждение перевалку груза и выполнить другие определенные договором перевалки груза услуги и работы, другая сторона (заказчик) обязуется обеспечить своевременное предъявление груза для его перевалки в соответствующем объеме и (или) своевременное получение груза и его вывоз.

По договору перевалки груза заказчиком может выступать грузоотправитель, грузополучатель, перевозчик, экспедитор либо иное физическое или юридическое лицо. В настоящее время договоры на эксплуатацию подъездных путей портовых станций в большинстве случаев устанавливают подачу вагонов на подъездные пути и возвращения их на выставочные пути станций по уведомлениям. В этих условиях сгущенная и нерегламентированная во времени подача вагонов на выставочные пути станций примыкания из парка прибытия и немедленная передача их на подъездные пути приводит к отрицательным последствиям для обеих сторон.

Равномерная подача и уборка вагонов по грузовым фронтам, режим которой определяется их перерабатывающей способностью – это единственный способ обеспечения и увеличения перерабатывающей способности обоих участников перевозочного процесса.

К тому же и ст. 58 Федерального закона РФ №18-ФЗ, и приказом МПС России № 26 предусмотрено, что договоры на эксплуатацию железнодорожных путей необщего пользования должны учитывать технологию функционирования железнодорожной станции, к которой примыкает железнодорожный путь необщего пользования, и технологию функционирования железнодорожного пути необщего пользования.

Методикой разработки единого технологического процесса работы железнодорожного пути необщего пользования и железнодорожной станции примыкания, согласованной ОАО «РЖД» 06.07.2017 г., определено, что передача вагонов на (с) железнодорожный путь необщего пользования производится по уведомлению перевозчиком владельца железнодорожного пути необщего пользования, либо через установленные интервалы времени, определяемые исходя из равномерного транспортного обслуживания грузо-владельца.

Эту Методику, разработанную ИЭРТ и согласованную подразделениями ОАО «РЖД» давно бы пора легитимизировать, тем более что Временные указания по разработке ЕТП, применявшиеся с 1983 г., в минувшем году попали под нормативную гильотину и образовался вакуум в обеспечении разработки ЕТП.

В целях обеспечения упомянутых выше требований об учете особенностей технологии сторон следует принимать в расчет такие отдельные параметры работы путей необщего пользования, как:

- особенности технологии работы с отдельными видами грузов;
- узкая специализация грузовых фронтов;
- ограниченная вместимость грузовых фронтов;
- дополнительные операции при подаче и уборке вагонов, связанные с наличием охранных устройств на путях, а также наличием негабаритных мест;
- враждебность маршрутов и загрузка горловин;
- наличие отдельных примыканий к станции.

Проблемы взаимодействия грузоотправителя, перевозчика и грузополучателя могут быть показаны на примере работы станции Новороссийск оператора морского терминала АО «НСПЗ». Анализ выполненной работы по подаче/уборке вагонов, в условиях отсутствия согласованного Единого технологического процесса работы портовой станции Новороссийск и подъездного пути АО «НСПЗ», выявил периоды сгущенного поступления отдельных категорий трудоемких по выгрузке грузов. Так, например, в течение суток поступают уведомления на 5:47 и 23:01 20 марта и 13:29 21 марта о подаче вагонов с грузами рельсы и трубы в количестве 201 вагон. Учитывая, что фронтами выгрузки данных грузов являются пути № № 29,

30 (тыловой фронт) АО «НСРЗ», вместимостью 11 условных вагонов каждый, величина единовременной выгрузки составляет не более 20–22 вагонов в зависимости от их длины. Простой остальных вагонов с учетом времени подачи (уборки) предыдущих групп приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка простоя вагонов при сгущенной подаче

№ подачи	Дата и время уведомления	Дата и время подачи	Число вагонов	Продолжительность подачи, ч	Продолжительность грузовых операций, ч	Продолжительность уборки, ч	Дата и время уборки	Ожидание подачи, ч	Простой, ч	Простой, ваг.ч
1	20.03 5:47	20.03 5:47	22	1,14	13,75	1,19	20.03 21:51	0,00	16,08	353,76
2	20.03 5:47	20.03 21:51	22	1,14	13,75	1,19	21.03 13:56	16,08	32,16	707,52
3	20.03 5:47	21.03 13:56	22	1,14	13,75	1,19	22.03 6:01	32,16	48,24	1061,28
4	20.03 23:01	22.03 6:01	20	1,14	12,5	1,19	22.03 20:51	31,01	45,84	916,73
5	20.03 23:01	22.03 20:51	20	1,14	12,5	1,19	23.03 11:41	45,84	60,67	1213,33
6	20.03 23:01	23.03 11:41	20	1,14	12,5	1,19	24.03 2:30	60,67	75,50	1509,93
7	20.03 23:01	24.03 2:30	11	1,14	6,875	1,19	24.03 11:43	75,50	84,70	931,72
8	21.03 13:29	24.03 11:43	22	1,14	13,75	1,19	25.03 3:47	70,24	86,32	1898,93
9	21.03 13:29	25.03 3:47	22	1,14	13,75	1,19	25.03 19:52	86,32	102,40	2252,69
10	21.03 13:29	25.03 19:52	20	1,14	12,5	1,19	26.03 10:42	102,40	117,23	2344,50
<b>Итого</b>			<b>201</b>					<b>50,42</b>	<b>65,62</b>	<b>13190,40</b>

Таким образом, видно, что при сгущенной подаче вагонов отдельных категорий средний простой превышает 65 ч, из которых простой в ожидании подачи – более 50 ч. При этом, в связи с недостаточным путевым развитием АО «НСРЗ», одновременно на пути необщего пользования могут находиться не более  $22 + 13 = 35$  вагонов. Отстой остальной части (166 вагонов) выполняется на путях парка «Восточный», что ухудшает условия работы станции Новороссийск, а также приводит к необоснованным расходам для АО «НСРЗ» за пользование инфраструктурой.



По своему статусу АО «НСПЗ» является оператором морского терминала, поэтому в договоре должны устанавливаться следующие существенные условия:

1) порядок подачи и уборки вагонов, эксплуатации железнодорожного пути необщего пользования, определения платы за нахождение железнодорожного подвижного состава на железнодорожных путях общего и необщего пользования;

2) места сдачи и приема вагонов, максимальное количество одновременно подаваемых и возвращаемых вагонов (при обслуживании оператора морского терминала локомотивом, принадлежащим данному оператору морского терминала на праве собственности или ином праве), технологический срок оборота вагона на железнодорожном пути необщего пользования;

3) нормативы времени:

а) на расформирование составов по грузоотправителям, грузополучателям (при обслуживании оператора морского терминала локомотивом, принадлежащим данному оператору морского терминала на праве собственности или ином праве);

б) подачу и уборку вагонов;

в) осуществление операций по приему и сдаче грузов;

г) оформление и выдачу документов;

д) подачу вагонов на весы и уборку вагонов с весов;

е) оборудование вагонов под погрузку грузов;

ж) погрузку грузов в вагоны, выгрузку грузов из вагонов;

з) очистку вагонов от приспособлений для погрузки, размещения, крепления и перевозки грузов, а также от остатков ранее перевезенных грузов;

и) осмотр вагонов и других транспортных средств в части их пригодности в коммерческом отношении и технической пригодности для погрузки грузов;

4) порядок расчетов между сторонами договора;

5) особые условия, которые влияют на осуществление погрузки грузов в вагоны, выгрузки грузов из вагонов и выполнение других работ и операций (метеорологические условия, сменность работы и другие особые условия) и о наступлении которых оператор морского терминала письменно уведомляет перевозчика;

б) порядок совместного планирования погрузки и выгрузки грузов.

На основе анализа ведомостей подачи и уборки вагонов на/с путей АО «НСПЗ» выявлен ряд закономерностей. Так, математическое ожидание (M) количества вагонов в подаче составляет 17,41 вагонов, дисперсия (D) – 72,92 (рисунок 1). Математическое ожидание промежутка времени между подачами составляет 5 ч 28 мин, а дисперсия – 18,18 (рисунок 2).

Моделирование периодов между подачами при нормальном распределении, приведенных выше его параметрах и количестве подач 4, приведено в таблице 2.

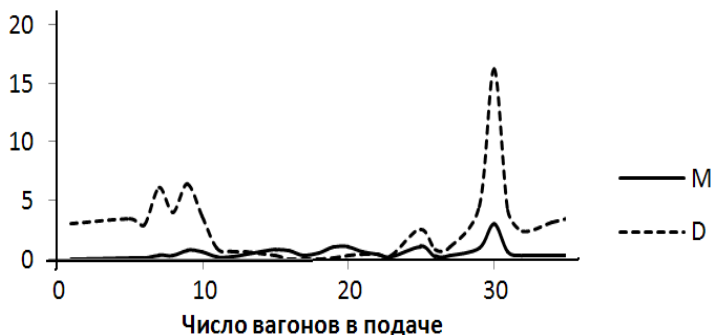


Рисунок 1 – Анализ числа вагонов в подаче

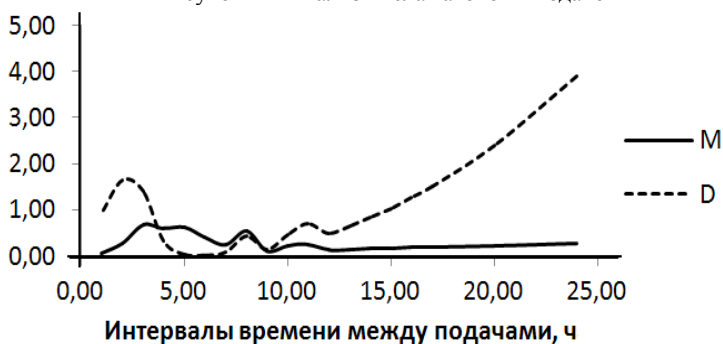


Рисунок 2 – Анализ временных интервалов между подачами

Таблица 2 – Моделирование времени между подачами

№ подачи	Параметр случайного распределения	Интервал
1	0,191852	4:50
2	0,178430	2:08
3	0,175700	4:10
4	0,340236	4:00
5(1)	0,719666	11:19

На основе таблицы 2 и определенных ранее параметров подач можно составить график работы путей АО «НСПЗ» (рисунок 3) и сравнить его с технологией работы при равномерной подаче вагонов с интервалом 6 ч.

Так, подача 2-й группы вагонов возможна не в 14:00, а лишь на 40 мин раньше по причине необходимости подачи 7 вагонов с заготовкой на пути 29, 30 или путь отстоя 28. Однако путь 29 занят предыдущей подачей из 7 вагонов заготовки, на 30-й путь планируется подача 5 вагонов с алюминием

(выгрузочная рампа размещается на 30-м или 32-м пути, а 32-й путь занят выгрузкой подачи из 10 вагонов алюминия), 28-й путь занят отстаивающимися вагонами в количестве 8 штук (местимость пути 14 вагонов).

Подача 3-й группы вагонов возможна не в 20:00, а лишь на 17 мин раньше по причине необходимости подачи 18 вагонов со сталью в рулонах на пути 26, 27, занятые вагонами под погрузкой возвратных рам. Пути 29, 30 также заняты вагонами предыдущей подачи.

Подача 4-й группы вагонов возможна не в 2:00, а лишь на 18 мин раньше по причине необходимости подачи 7 вагонов с заготовкой на пути 29, 30 или путь отстоя 28. Однако путь 29 занят предыдущей подачей из 7 вагонов заготовки, 30-й путь занят 5 порожними вагонами из-под выгрузки алюминия 2-й подачи, а 28-й путь занят отстаивающимися вагонами в количестве 8 штук (местимость пути 14 вагонов).

Подача 5-й группы вагонов возможна не в 8:00, а лишь на 21 мин раньше по причине необходимости подачи 20 вагонов со сталью в рулонах на пути 26, 27, занятые вагонами под погрузкой возвратных рам. Пути 29, 30 также заняты вагонами предыдущей подачи.

Средневзвешенное время между подачами, ч, составляет:

$$I_{\text{срвзв}} = \frac{\sum I_n}{n_{\text{под}}} = \frac{5,33 \text{ ч} + 6,38 \text{ ч} + 5,98 \text{ ч} + 5,92 \text{ ч}}{4} = 5,9 \text{ ч.}$$

Данное минимальное время между подачами выявлено лишь для конкретных условий и исходных данных. Также при уменьшении времени между подачами возникают вынужденные простои вагонов в ожидании локомотива, ожидании накопления подачи, ожидании освобождения погрузочно-разгрузочного фронта. Простой на путях портовой станции в ожидании подачи вагонов для графика, приведенного на рисунке 3, составит 569,43 ваг.ч в сутки.

Для обеспечения равномерного интервала подачи необходимо ежедневное планирование обеими сторонами погрузки/выгрузки вагонов на планируемые сутки. Оператор на основании полученной от перевозчика информации подготавливает проект сменно-суточного плана, подписывает его и направляет перевозчику способом, согласованным сторонами. Перевозчик рассматривает проект сменно-суточного плана и, при необходимости, вносит по согласованию с оператором свои корректировки, подписывает и возвращает его оператору способом, согласованным сторонами. Подписанный сторонами сменно-суточный план принимается к исполнению.

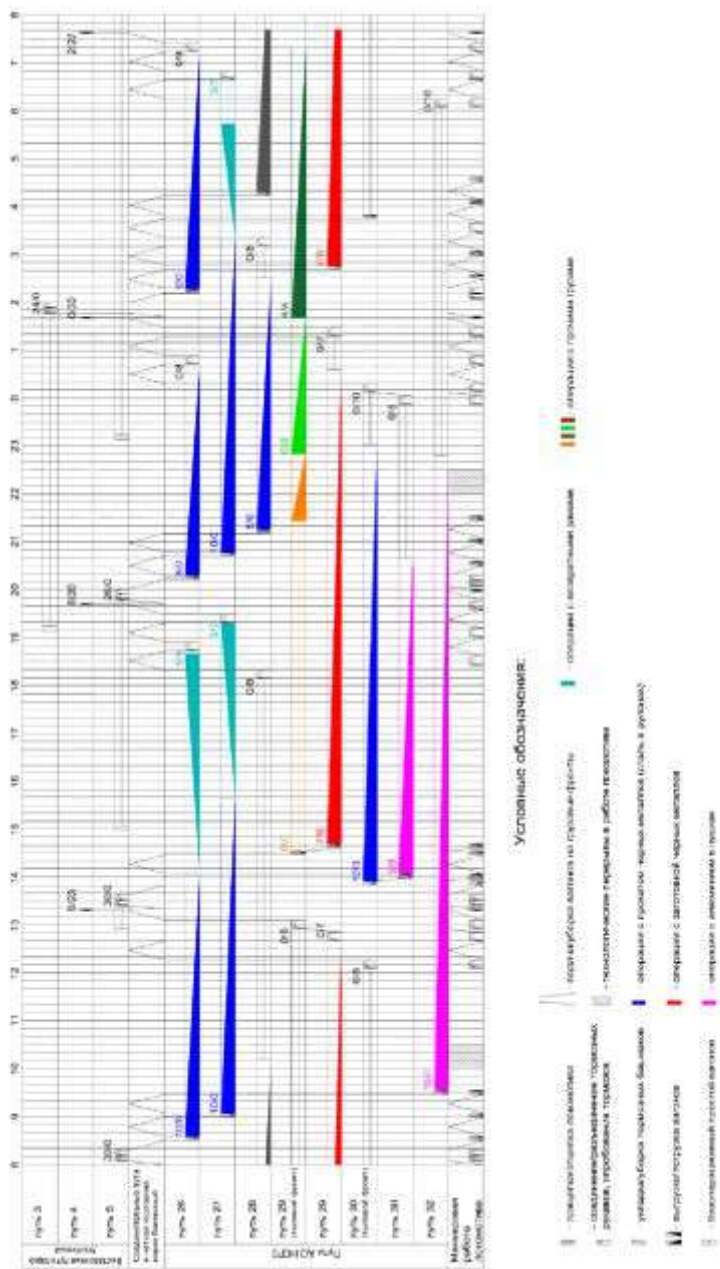


Рисунок 3 – Суточный план-график работы пути неослеженого пользования АО «НСРЗ» во взаимодействии с парком «Восточный» станции Новоросси́йск

При планировании погрузки/выгрузки сторонами согласовываются: время подачи вагонов, в объеме перерабатывающей способности, количество вагонов в подаче, их номера и наименование грузов.

В отношении грузов, для которых договором не установлена перерабатывающая способность терминала оператора, стороны согласовывают подачу вагонов исходя из их наличия, заявленного перевозчиком, и технических и технологических возможностей оператора.

Одним из направлений совершенствования взаимодействия грузоотправителей и грузополучателей, принимающими и отправляющими грузы в морском порту Новороссийск и на станции примыкания, является переустройство железнодорожных путей оператора морского терминала.

27 В то же время для выполнения требований законов 17-ФЗ, 18-ФЗ, 261-ФЗ и подзаконных актов в части учета особенностей технологического процесса работы операторов морского терминала и станций примыкания ОАО «РЖД» для сокращения технологического оборота вагонов на подъездном пути необходимы меры по регулированию груженых вагонопотоков от основных грузоотправителей в адрес портовых перегрузочных терминалов, уважительное отношение к согласованным всеми участниками перевозочного процесса заявкам ГУ-12, подвод груженых вагонопотоков к грузовым фронтам с учетом их перерабатывающей способности.

Современные информационные технологии организации перевозок способны обеспечить сквозное сменно-суточное планирование продвижения от пункта зарождения грузопотока до пункта его погашения. Перевозчик не вправе зачислять прибывшие в порядке сгущения на ответственный простой оператора морского терминала вагоны в случае превышения его перерабатывающей способности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Федеральный закон РФ от 10.01.2003 № 18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации».

2 Приказ МПС РФ от 18.06.2003 № 26 (ред. от 04.05.2009, с изм. от 19.12.2017) «Об утверждении Правил эксплуатации и обслуживания железнодорожных путей необщего пользования».

3 Приказ МПС РФ от 29.09.2003 г. N 67 «Об утверждении Порядка разработки и определения технологических сроков оборота вагонов и технологических норм погрузки грузов в вагоны и выгрузки грузов из вагонов».

4 Сборник правил перевозок и тарифов железнодорожного транспорта Союза ССР № 306. Временные указания по разработке единых технологических процессов работы подъездных путей и станций примыкания. – М. : Транспорт, 1985. (Приказом

Минтранса России от 22.05.2019 № 152 признаны недействующими на территории России).

5 Методика разработки единого технологического процесса работы железнодорожного пути необщего пользования и железнодорожной станции примыкания, АО «Институт экономики и развития транспорта», согласована ОАО «РЖД» 06.07.2017.

6 Инструкция по ведению на станциях коммерческой отчетности при грузовых перевозках ОАО «РЖД» : утв. распоряжением ОАО «РЖД» 01.03.2007 (с изм. от 31.07.2009 № 1618р, от 19.08.2009 № 1736р).

7 Положение о железнодорожной станции : утв. распоряжением ОАО «РЖД» № ВМ 12182 от 29.12.2006.

8 Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом. Сборник-книга 1. – М., 2003.

9 Правила эксплуатации и пономерного учета собственных грузовых вагонов. Введены в действие 01.09.2001 г. решением 29 заседания Совета по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества от 19–20 июня 2001 г.

10 Распоряжение ОАО «РЖД» от 30.03.2007 г. № 562р «Об утверждении Положения о порядке технической передачи (приема) вагонов на железнодорожные пути необщего пользования и контроля за сохранностью вагонного парка».

11 *Вакуленко С. П.* Промышленный железнодорожный транспорт на нормативном поле России / С. П. Вакуленко, Н. П. Журавлев // Транспортная стратегия XXI век. – № 44. – 2020. – С. 61–64.

12 Федеральный закон от 08.11.2007 № 261-ФЗ «О морских портах в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изм. на 16.12.2019).

*S. P. VAKULENKO, N. P. ZHURAVLEV, A. A. SIDRAKOV*

## **IMPROVING THE INTERACTION OF THE SHIPPER AND THE CARRIER IN SEA PORTS**

The article discusses ways to improve the efficiency of interaction between a railway carrier, a shipper and an operator of a sea terminal. On the example of the interaction of the port station Novorossiysk and JSC «Novorossiysk shipyard» the analysis of the technology features of non-public routes in seaports is carried out. The main parameters of the supply and cleaning of cars on the way of non-public use are determined: the number of cars in the supply, intervals of supply, the degree of influence of the thickening of the supply of individual goods on the idle time of cars. On the basis of the above analysis, the «bottlenecks» of the existing work technology are determined and proposals for its improvement are presented.

Получено 20.09.2020

УДК 51-7: 656.2

*Т. А. ВЛАСЮК*

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЧАРТЕРНЫХ ПОЕЗДОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПАЛОМНИЧЕСКИХ И ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Рассматривается применение чартерных поездов как одно из новых направлений работы пассажирского железнодорожного транспорта при организации паломнических и туристических маршрутов, являющихся основой категории «Прочие поездки». Приведены отличительные особенности данного вида перевозки, благодаря которым величина регионального пассажиропотока может значительно увеличиваться.

Паломничество, как один из видов внутренней эпизодической миграции, исходя из целей поездок, в настоящее время не рассматривается на железнодорожном транспорте, и сегодня эту нишу по обеспечению его транспортного сопровождения занимает автомобильный транспорт, на котором в Республике Беларусь сформированы и действуют такие паломнические маршруты, как «Святятыни родного края», а также к Чудотворным и святым местам Гомельщины и Туровщины и т. п. Например, в Петро-Павловский кафедральный собор Гомеля в 2019 году прибыли паломники со всей Беларуси, чтобы поклониться частице мощей святой Матроны Московской. По данным миссионерского отдела Гомельской епархии, в течение 13 марта святые поклонились свыше 100 тыс. верующих. С 17 по 24 января 2019 года храм праведного Иова Многострадального г. Минска, где находились Дары волхвов, посетило более 520 тыс. паломников согласно официального сайта Белорусской православной церкви. При этом для паломнических туров чаще используется автомобильный транспорт (микроавтобусы и автобусы вместимостью до 40 человек в зависимости от численности группы паломников).

Беларусь – многоконфессиональное государство и при этом с каждым годом количество верующих различных конфессий и число храмов постоянно возрастает. Например, г. Туров, являющийся третьим по возрасту городом Беларуси, ежегодно посещают около 15 тыс. туристов-паломников, количество которых в выходные дни иногда достигает 500 человек. В период праздничных мероприятий Будславский фэст (Мядельский район также

принимает более 15 тыс. паломников. Помимо новых и современных монастырей в Республике Беларусь сохранились и уникальные древние церкви и монастыри, которые также являются зоной тяготения пассажиропотока (рисунок 1).



Рисунок 1 – Экскурсионные маршруты «Святые Беларуси»:

1 – Храм Нерукотворного Образа Христа Спасителя, а. г. Рубель; 2 – Костел Преображения Господня, а. г. Германовичи; 3 – Церковь Святого Иосифа Обручника, г. Орша; 4 – Спасо-Евфросиниевский монастырь, г. Полоцк; 5 – Костел Святого Антония Падуанского, г. Рогачёв; 6 – Покровская церковь, г. Хойники; 7 – Домовая церковь в честь Святителя Николая Чудотворца, г. Гродно; 8 – Костел Вознесения Девы Мари, г. Скидель; 9 – Храм в честь Святителя Димитрия Ростовского, (а. г. Михановичи, Минский район); 10 – Ляденский Свято-Благовещенский мужской монастырь (д. Малые Ляды, Смолевичский район); 11 – Костел Пресвятой Девы Марии помощницы христиан (а. г. Лесной, Минский район); 12 – Криница (д. Студенец, Горейкий район); 13 – Свято-Троицкая церковь, г. Мстиславль; 14 – Кармелитский костел, г. Мстиславль; 15 – Минский Свято-Духов кафедральный собор; 16 – Архикафедральный костел Пресвятой Девы Марии, г. Минск; 17 – Храм-памятник в честь Всех Святых и в память о жертвах, спасению Отечества нашего послуживших, г. Минск

Для многих экскурсионных маршрутов, например, Спасо-Евфросиниевский монастырь (г. Полоцк), Костел Святого Антония (г. Рогачёв), Покровская церковь (г. Хойники), Домовая церковь в честь Святителя Николая Чудотворца (г. Гродно) и др. могут быть организованы паломнические туры на железнодорожном транспорте, с учетом их специфики, с применением чартерных (внерейсовых) поездов. При этом следует отметить, что для организации чартерных поездов необходимы небольшие стартовые инвестиции, их применение имеет высокий уровень рентабельности, а также минимальный срок окупаемости затрат.

Чартерные поезда, состоящие из 6–8 вагонов, актуальны для паломников, следующих к святыням в определенное время года, а также для выезда рабочих на сезонные сельскохозяйственные работы и т. п., и для их обслуживания достаточно имеющейся инфраструктуры железных дорог. При не-



достаточном пассажиропотоке для рассматриваемого направления, могут быть использованы прицепные вагоны.

Для развития различных видов и форм туристской деятельности используются разнообразные туристские ресурсы: ландшафты высокой эстетической ценности; природные экосистемы, минимально измененные деятельностью человека; лечебные минеральные воды, торфогрязи, сапропели; хутора и деревни с традиционной народной архитектурой и бытом, расположенные в экологически чистых районах, территории с богатыми охотничьими угодьями и возможностями отстрела популярных охотничьих трофеев (лося, волков, глухарей и других животных и птиц), водоемы с богатыми рыбными запасами.

Исходя из закона Республики Беларусь «О туризме» следует, что «*туризм* – это временный выезд (путешествие) граждан Республики Беларусь, иностранных граждан и лиц без гражданства (далее – граждане) в оздоровительных, познавательных, профессионально-деловых, спортивных, религиозных и иных целях, не противоречащих законодательству, в страну (место) временного пребывания без занятия оплачиваемой деятельностью в ней (нем)» [1]. Следовательно, исходя из определения, железнодорожный транспорт может обеспечить выезд туристов, и при этом необходимо учесть, что он обладает преимуществами по сравнению с автомобильным транспортом, на котором среднегодовой рост, например автобусного туризма, составляет в среднем около 1,5 % в год.

Применение чартерных поездов также возможно для поездок туристов в рамках экологических программ, посещающих уникальные природные ландшафты, так как железнодорожный транспорт имеет меньшее антропогенное воздействие на окружающую среду. Наиболее разнообразные и ценные в эстетическом отношении природные ландшафты сосредоточены на севере и в центре Беларуси. С целью рационального использования сферой туризма национального культурного наследия и наиболее ценных природных комплексов разработана Государственная инвестиционная программа возрождения историко-культурного и природного наследия республики «Золотое кольцо Беларуси», проектом которой предусматривается создание многоточечной специальной экономической зоны туристско-рекреационного типа, а также «Золотое кольцо Гомельщины», на маршрутах которого было принято 4265 человек в 2019 году. Наибольшее число туристов посетило достопримечательности Гомеля и Турова. Повышенный интерес у гостей области вызвали памятники истории Ветковского района, Мозыря и Жлобина, согласно данным управления физической культуры, спорта и туризма Гомельского облисполкома.

В Беларуси широкую известность приобрел охотничий туризм. На территории охотхозяйств имеется возможность организации коммерческих охотничьих туров с гарантией охоты на разнообразные виды дичи. Наибо-

лее крупной охотничьей организацией Беларуси является общественное объединение «Белорусское общество охотников и рыболовов», включающего в себя 114 охотничьих хозяйств. Особо следует выделить уникальную природную территорию – национальный парк «Беловежская пуца», которую ежегодно посещают более 150 тыс. туристов из разных стран мира.

На рисунке 2 приведена динамика «туристических потоков» в Республике Беларусь.

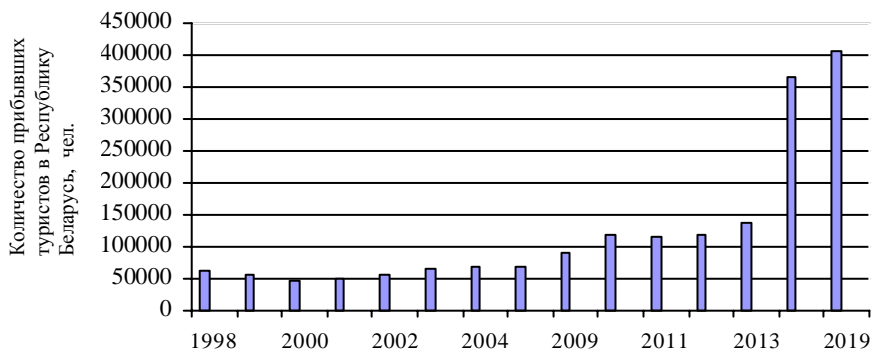


Рисунок 2 – Динамика «туристических потоков» в Республике Беларусь

Рынок туризма является динамично развивающейся отраслью белорусской экономики, постоянно наращивающий потенциал, который за последнее десятилетие увеличился почти в 2,5 раза. Наибольшей популярностью у туристов пользуются: г. Минск – 40 % посетителей, Гродненская область – 32; Брестская – 22, Витебская область – 5. Основное количество туристов прибывает из Российской Федерации, Великобритании, Германии, Израиля, Кипра и других стран.

Индустрия туризма многогранна и требует качественного транспортного обслуживания, которое может обеспечить железнодорожный транспорт, что особенно важно для возрастной категории туристов (65 лет и старше), а также молодых семей, путешествующих с детьми. Следует отметить, что вышеприведенные туристические объекты формируют «туристские центры» страны и неразрывно связаны с системой расселения (городами-спутниками, агрогородками, где сосредоточены центры обслуживания туристов). При этом в целом на транспортные услуги, как один из основных видов услуг в туризме, приходится основная доля в структуре цены тура, которая в зависимости от дальности путешествия и его продолжительности находится в пределах от 30 до 60 %.

Таким образом, эпизодическая миграция, как составная часть категории «Прочие поездки», может превышать «Трудовые поездки», являющиеся основной категорией для железнодорожного транспорта, в связи с чем не-

обходимо рассмотрение чартерных поездов, по применению которых имеется опыт в странах Западной Европы и Российской Федерации

Следует отметить, что наличие разветвленной сети Белорусской железной дороги по территории страны позволяет организовать такие маршруты в виде кратковременных (часовых) длительностью от 3 до 10 ч, а также однократных длительностью от 10 до 14 ч. При этом паломнические маршруты в зависимости от назначения и спроса могут быть регулярными, периодическими и разовыми, и их прокладывать на графике движения чартерные поезда целесообразно в пакетах с пассажирскими поездами, максимально использовать съемные нитки графика сборных поездов.

Необходимо учитывать, что потребности населения в путешествиях зависят от сезонности, периода отпусков, выходных дней и общенациональных праздников, начала учебного года, школьных и студенческих каникул и т. п. Рациональное использование подвижного состава и эффективное использование технических и основных средств и пропускной способности железной дороги в целом требуют надежного оперативного регулирования и корректировки протяженности маршрутов, что является сложным процессом, требующим составления прогнозного формирования пассажиропотоков в определенных направлениях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Закон Республики Беларусь «О туризме» от 25 ноября 1999 г. № 326-3.
- 2 Печерица, Е. В. Паломнический туризм: сущностные аспекты / Е. В. Печерица, Е. Е. Шарафанова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.
- 3 Шейбак, В. В. Эволюция традиций паломничества в православные монастыри и белорусов (1950–1980-е гг.) / В. В. Шейбак // Традиції і сучасні стан культури і мастацтваў : Зб. дакладаў і тэзісаў VII Міжнар. навук.-практ. канф. Мінск, Беларусь, 24–25 лістапада 2016 года : у 2 т. / рэдкал. : А. І. Лакотка (гал. рэд.) [і інш.]. – Мінск, 2017. – Т. 2. – С. 655–658.
- 4 Дорогами православной Беларуси. Минск : – БПЦ, 2010. – 272 с.

*T. A. VLASIUK*

#### **USE OF CHARTER TRAINS IN THE ORGANIZATION PILGRIMAGE AND TOURIST ROUTES ON RAILWAY TRANSPORT**

The article considers the use of Charter trains as one of the new directions of passenger railway transport in the organization of pilgrimage and tourist routes, which are the basis of the "other trips" category. Distinctive features of this type of transportation are given, due to which the value of regional passenger traffic can significantly increase.

Получено 19.10.2020

УДК 51-7: 656.2

*Т. А. ВЛАСЮК, А. Н. БЕЛОУС*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
vlasiuk.ta@gmail.com, andrey\_bel\_2001@mail.ru*

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАВИГАЦИИ ПАССАЖИРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛАХ СТРАН ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ**

Рассматривается применение различных видов информационной навигации на железнодорожных вокзалах Западной Европы, которые отражают местоположение основных объектов на вокзале, останочном пункте, например, билетных касс, залов ожидания, мест посадки и высадки пассажиров и т. д., что значительно упрощает их ориентирование при передвижении. Это особенно важно для иностранных граждан, впервые посещающих какую-либо зарубежную страну и совершающих поездку без гида и переводчика.

Представлена классификация и краткая характеристика информационной навигации с учетом отличительных особенностей.

Информационная навигация для пассажиров на железнодорожных вокзалах сегодня активно развивается в странах Западной Европы, что обеспечивает пассажирам доступность железнодорожного транспорта, а также комфортное их пребывание как на вокзале, так и в стране. Особенно это важно при нахождении пассажиров на перроне, пассажирских платформах и прилегающих к вокзалу территорий, так как железнодорожный транспорт является зоной повышенной опасности. Поэтому одной из важнейших функций информационной поддержки является своевременное отображение нужной для пассажиров информации, что определяет контент ее наполняемости и «подачи» для них. Например, сегодня на железнодорожных вокзалах Западной Европы информационная навигация представлена в вербальном, визуальном и других видах, краткая характеристика которых представлена в таблице 1.

В таблице 2 приведена краткая характеристика типов указателей информационной навигации.

Следует отметить, что указатели объекта, направления и информирования должны быть понятны всем пассажирам, поэтому помимо языка страны, в которой они находятся, как правило, используется английский язык, являющийся международным.

**Таблица 1 – Краткая характеристика видов информационной навигации**

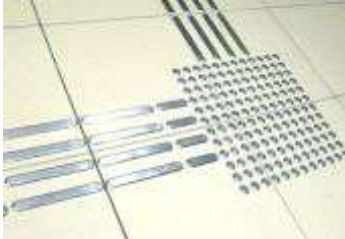
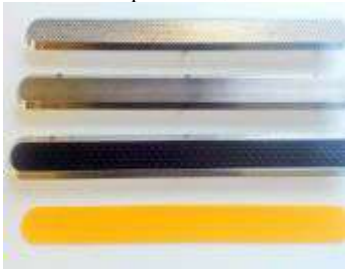


Классификационный признак	Форма представления	Назначение
Вербальная (легенда)	Текст или словесные средства	Обозначение объектов, направлений и другой информации, размещаемой в навигационных указателях
Визуальная (графическая)	Изобразительные средства (графические рисунки)	Для рисунков пиктограмм и указателей направлений (стрелок), размещаемых в навигационных указателях
Пиктограмма	Графический рисунок	Обозначение определённого объекта (его визуальный синоним)
Стела	Напольная конструкция, устанавливаемая у входов в здания или сооружения, а также в зонах лифтов, эскалаторов, лестниц	Для размещения информации об основных объектах вокзала, станции или остановочного пункта и т. п.
Стрелка направления	Графический символ типа «бельгийская стрелка», указывающий направление	Для основных указателей направлений

**Таблица 2 – Краткая характеристика типов указателей информационной навигации**



Указатель	Контент наполнения	Назначение
Объект	Вербальная и визуальная информация	Для визуальной идентификации объекта инфраструктуры
Направление		Для обозначения направления движения к различным объектам инфраструктуры
Информирование		Для информирования о расположении объектов на вокзале, станции и т. п.

Отдельно необходимо выделить напольную навигацию, позволяющую пассажирам сокращать время поиска и быстрее ориентироваться на железнодорожном вокзале, которая представляется на стендах, размещаемых в местах, где они точно будут замечены, а также в виде напольных наклеек со специальной износостойкой ламинацией, изготавливаемой в форме стрелок или следов, ведущих в нужном направлении. Для обеспечения желаемого эффекта метки на полу железнодорожного вокзала или перрона (платформы) должны иметь высокую заметность, высокий уровень износостойчивости, а также быть привлекательными и информативными с разборчивым шрифтом и отчетливым изображением (таблица 3).

Таблица 3 – Краткая характеристика напольных указателей

Вид напольных указателей	Краткая характеристика	Назначение
<i>Тактильные с возможностью самостоятельного безопасного передвижения людей с инвалидностью по зрению</i>		
<p>Предупреждающие</p> 	<p>Дискретные элементы в форме усеченного конуса, усечённой пирамиды или полу-сферы</p>	<p>Направление движения</p>
<p>Направляющие</p> 	<p>Прямые ребра с плоскими вершинами</p>	<p>Направляющие дорожки</p>
<i>Указательные обозначения, стрелки для обустройства эвакуационных систем и показа направления пути к выходам в случае чрезвычайных ситуаций</i>		
<p>Фотолюминисцентные</p> 	<p>Подсветка линий безопасности</p>	<p>Обозначение опасных зон и разметка платформы непосредственно у поездов</p>
<p>Навигационные указатели</p> 	<p>Указывающие надписи и стрелки</p>	<p>Указание направления месторасположения объекта</p>

Окончание таблицы 3

Вид напольных указателей	Краткая характеристика	Назначение
<i>Специальные сигнальные антискользящие полосы</i>		
<p>Антикаблук</p> 	<p>Ячеистый коврик из ПВХ, обеспечивающий противоскольжение</p>	<p>Защита от проникновения грязи в помещение, а также информирование слабовидящих о наличии препятствий или опасных зон благодаря контрастному цвету</p>
<p>«Внимание порог»</p> 	<p>Напольные наклейки</p>	<p>Обозначение опасных зон</p>
<p>«Осторожно/Аккуратно ступенька»</p> 		
<i>Напольная графика и аппликация</i>		
<p>Реклама</p> 	<p>Минимизация информации, размещенной на небольшой площади пола</p>	<p>Информационная реклама</p>

Как показывает анализ таблицы 3, напольные знаки относятся к числу действенных средств организации пассажиропотоков в пределах вокзальных комплексов и выполняют функции «немой справки» и, что особенно важно, служат в качестве индикаторов опасных участков, например края платформы. Помимо этого напольные знаки позволяют пассажирам экономить время на получение справок, так как по указателям можно беспрепятственно следовать в любую точку вокзала. При этом, чем бы не был занят пассажир в любой момент времени (покупками, разговором по телефону и т. п.), информация как бы «настигает» его, что делает ее очень удобной, ибо она гораздо крупнее обычных светящихся указателей, расположенных наверху.

Следовательно, через структурно-функциональную организацию напольных знаков, обеспечивающих определенную систему практических действий, создается система визуальной коммуникации, на которую приходится до 80 % информации, получаемой через органы зрения, что особенно важно для предупреждения пассажиров об опасности. Более того, сегодня напольная информация переходит в разряд интермодальной, так как касается не только железной дороги, но и городского транспорта, пропитывая весь вокзальный комплекс, а не концентрируясь в нескольких его точках.

В настоящее время для ориентирования пассажиров на железнодорожных вокзалах не потеряли своей актуальности такие системы, как информационные стойки «Живое общение», которые предназначены для получения информации посредством общения с работником вокзала. Такие стойки, как правило, располагаются на вокзалах с большим пассажиропотоком, и обслуживающий работник владеет несколькими иностранными языками, что позволяет оказать пассажирам консультационные услуги и представить различные справочные материалы.

Таким образом, информационная навигация для пассажиров, как важнейшая составляющая пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте должна осуществляться на основе принципов и правил, представленных в таблице 4.

Информацию, используемую в навигационной системе в зависимости от ее приоритетности можно разделить на первичную и вторичную (таблица 5).

Таким образом, информационная навигация на железнодорожных вокзалах является важнейшей составляющей пассажирских перевозок, которая объединяет различные виды информации: практическую, коммерческую, рекламную и т. п., что позволяет представить эту информацию в управляемом виде как средство визуализации.



**Таблица 4 – Краткая характеристика принципов и правил информационной навигации**

Принцип	Краткая характеристика
Достоверность, точность и актуальность	Полное соответствие объектам и событиям в данный момент времени
	Недопущение различных толкований
Непрерывность	Непрерывное предоставление информации на всём маршруте движения пассажиров (от начального до конечного его пункта следования)
Необходимость и достаточность	В системе навигации должны быть предусмотрены все сведения и данные, необходимые пассажиру на маршруте следования
Единообразие и универсальность	Вся визуальная и вербальная информация должна функционировать как часть единой системы и однозначно восприниматься на всех объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта
Отказ от избыточной и дублирующей информации	Упрощение информации в навигационной системе

**Таблица 5 – Краткая характеристика первичной и вторичной информационной системы**

Классификационный признак информация	Краткая характеристика	Объекты информации
Первичная (приоритетная)	Для принятия решения, связанного с поездкой и обозначающая наиболее значимые и важные объекты, расположенные на вокзале, остановочном пункте	Направления движения к поездам, путям и выходам из вокзала
		Кассовые залы, справочные табло, лифты, эскалаторы, услуги инфраструктуры для лиц с ограниченными способностями и др.
Вторичная	Обозначение объектов, не относящихся непосредственно к поездке	Залы ожидания, комнаты отдыха, торговые зоны, кафе и рестораны, банкоматы и т. п.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ИСО 23599:2012. Технические средства помощи слепым и слабовидящим людям. Тактильные указатели на пешеходной поверхности (ISO 23599:2012) (Assistive products for blind and vision-impaired persons. Tactile walking surface indicators).

2 Белов, К. А. Организация железнодорожных пассажирских перевозок / К. А. Белов, А. А. Авдовский, А.С. Бадаев. Изд. – Academia, 2008. – 256 с.

*T. A. VLASIUK, A. N. BELOUS*

**EXPERIENCE IN USING INFORMATION  
NAVIGATION FOR PASSENGERS AT RAILWAY STATIONS  
IN COUNTRIES WESTERN EUROPE**

We consider the use of various types of information navigation at railway stations in Western Europe, which reflect the location of the main objects at the station, stopping point, for example, ticket offices, waiting rooms, places of embarkation and disembarkation of passengers, etc., which greatly simplifies their orientation when traveling. This is especially important for foreign citizens visiting a foreign country for the first time and traveling without a guide or interpreter. The classification and brief description of information navigation is presented, taking into account the distinctive features.

Получено 02.11.2020

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2020**

---

УДК 656.21:004.414.23

*А. К. ГОЛОВНИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
golovnich\_alex@mail.ru*

*С. П. ВАКУЛЕНКО*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва  
post-iuit@bk.ru*

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ  
ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ  
ПАССАЖИРСКИХ ОБУСТРОЙСТВ ПАССАЖИРСКОЙ СТАНЦИИ**

Рассматриваются проблемы наглядного и реалистичного отражения пассажиропотоков на трехмерной модели пассажирских обустройств пассажирской станции. В условиях сложной и разветвленной сети перемещения пассажиров, особенностей формирования точек зарождения и погашения потоков за пределами границы вокзального комплекса пассажирской станции воспроизведение всех операций, выполняемых с пассажирами на пассажирских обустройствах модельной пассажирской станции, представляется сложной, неоднозначной в своем решении задачей. Предлагается ряд принципиально новых позиций, формирующих адекватную реальности среду трехмерного моделирования технологии работы пассажирских обустройств пассажирской станции.

**Введение.** Пассажирская станция с точки зрения воспроизведения выполняемых операций в соответствующей трехмерной модели является специфическим отдельным пунктом с пассажирскими устройствами для обслуживания пассажиров. Посадка и высадка пассажиров являются основными и наиболее сложными для визуализации операциями, которые выполняются на пассажирской станции. Продолжительность этих операций определяется высотой пассажирских платформ. В зависимости от мощности пассажиропотока проектируются схемы с одним или двумя приемоотправочными путями у пассажирской платформы. Маршруты движения пассажиропотоков проходят по тоннелям, мостам, конкорсам, перронам с выходом в пассажирское здание и на привокзальную площадь к остановочным пунктам наземного городского пассажирского транспорта (НГПТ) и метрополитена.

Модельная реконструкция операций в границах только пассажирской станции оказывается неполной из-за исключения областей зарождения и погашения потоков, которые находятся за пределами непосредственной её границы. Поэтому рассматривается возможность моделирования работы пассажирских устройств пассажирской станции как системы транспортного обслуживания, включающей комплекс устройств и сооружений всего транспортно-пересадочного узла (ТПУ). С этих позиций модельное пространство пассажирской станции не ограничивается путевым развитием приемоотправочных парков и характеристиками пассажирских платформ, а включает вокзал, привокзальную площадь и остановочные пункты различных видов НГПТ и метрополитена в пределах пешей доступности от пассажирской станции. Такой полный охват комплекса пассажирских устройств и сооружений позволит более эффективно моделировать работу пассажирской транспортной системы с возможностью последующего анализа и оценки качества транспортного обслуживания.

**Общая схема визуализации пассажиропотоков.** Отражение технологических процессов обслуживания пассажиропотоков на пассажирской станции в 3D-модели неотделимо от наглядного и реалистичного способа визуализации перемещения пассажиров. На примере рисунка 1 определим основные маршруты движения пассажиров и способы их графического представления при перемещении к посадочным платформам и остановочным пунктам различных видов городского транспорта.

В зависимости от плотности пассажиропотока можно представить условными графическими образами, групповыми или индивидуальными аватарами, определяющими соответственно группу пассажиров или персонализирующих пассажира в отдельности. Низкая или высокая плотности пассажиропотоков указывает на интенсивность движения пассажиров ниже или выше средней за расчетное время.

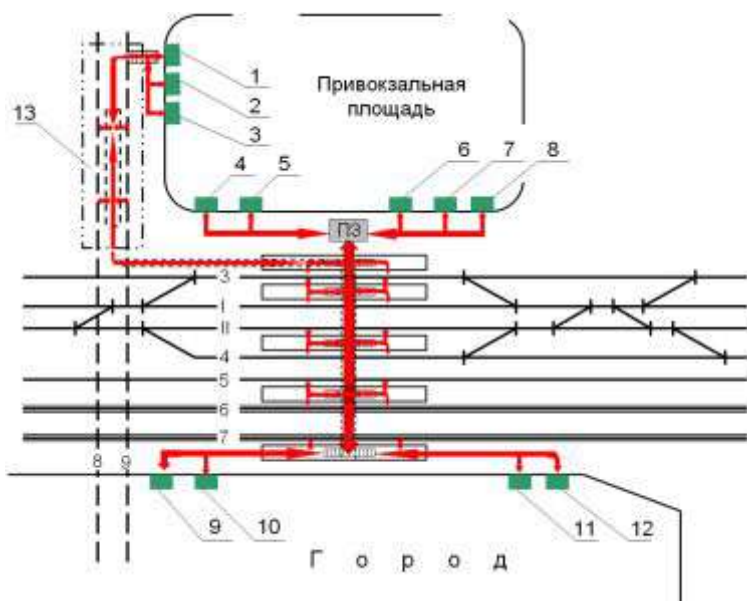


Рисунок 1 – Маршруты движения пассажиропотоков в узле взаимодействия различных видов транспорта с пассажирскими обустройствами пассажирской станции при использовании инфраструктуры: путевого развития: I, II, 3–5 – пассажирской станции; 6–7 – городского трамвая; 8–9 – линии метро; сооружений: 1–12 – остановочных пунктов автобусов, троллейбусов, маршрутных такси; 13 – станции метрополитена

Аватарная реконструкция движения пассажиров по выделенным маршрутам отражается цветовыделяющими геометрическими примитивами с определенной текстурой и соответствующими пиктограммами (рисунок 2).

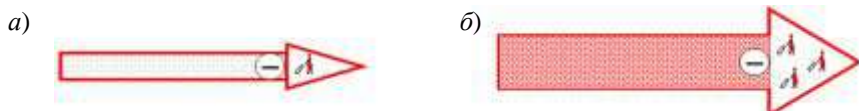


Рисунок 2 – Пиктографические конструкции пассажиропотоков различной плотности: а – низкой; б – высокой

Знак  $\ominus$  у основания стрелки является графической кнопкой компьютерного изображения и указывает на скрытое содержание атрибутов визуально представляемого потока. Кроме текстуры из большого числа точек пассажиропоток высокой плотности дополняется изображением на стрелке пиктограмм трех пассажиров, для низкой плотности – одного пассажира. При нажатии данной кнопки изображение меняется на  $\oplus$  с выдачей информационной панели, содержащей текущие признаки идентифицируемого объекта (рисунок 3).

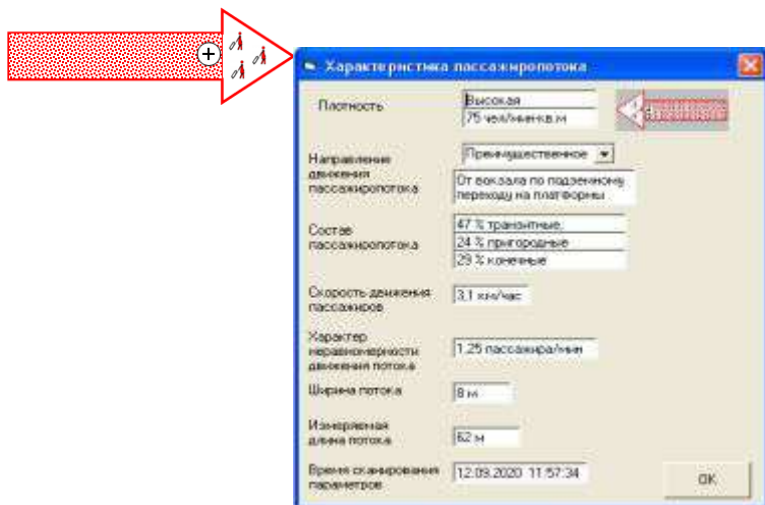


Рисунок 3 – Параметры выделенного пассажиропотока

Все параметры пассажиропотока оцениваются в конкретный момент времени санирования, так как они постоянно изменяются из-за влияния различных факторов (расписания по прибытию и отправлению пассажирских поездов, метрополитена, трамваев, автобусов и др.). Данные по потокам могут быть необходимы не только в точках погашения, но и разделения (например, для рисунка 1 – при выходе части пассажиров от основного потока, перемещающегося по туннельному переходу, на посадочные платформы к поездам и городскому трамваю).

Для формирования полной картины распределения и движения пассажиропотоков в пересадочном узле требуется получать все данные по подходу транспортных средств НГПТ к остановочным пунктам, числу пассажиров во всех транспортных средствах, целям поездок. Чем полнее и точнее такая информация, тем достовернее будет смоделированный пассажиропоток. Динамическое компьютерное отображение перемещения пассажиров в границах транспортных потоков представляется как реконструкция движущихся информационных волн от областей зарождения до погашения пассажиропотоков. Визуально перемещения пассажиров в области потока (*потоковой зоне*) отражаются как множественное движение текстурных красных точек (см. рисунок 2) от основания стрелки к ее вершине.

Все потоковые зоны распадаются на целый ряд отдельных корреспонденций пассажиров, движущихся навстречу друг другу от одного пункта зарождения к другому пункту погашения потока (рисунок 4).

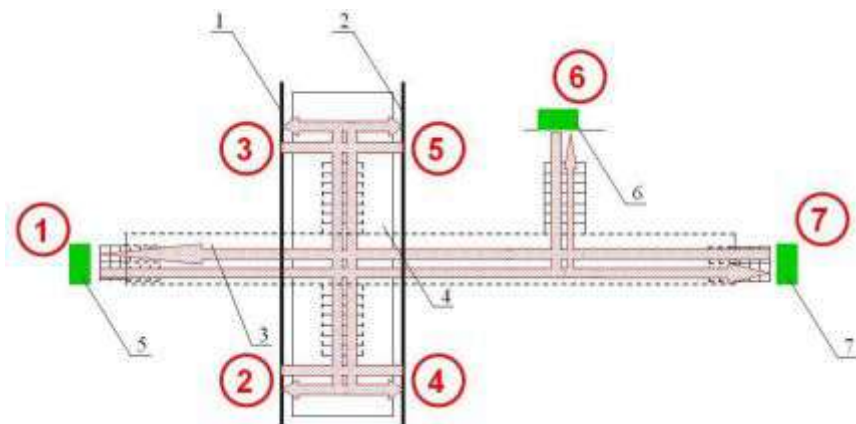


Рисунок 4 – Композиционная структура связи в точках зарождения и погашения пассажиропотоков узла взаимодействия по элементам инфраструктуры: 1, 2 – путей пассажирской станции; 3 – подземного перехода; 4 – пассажирской платформы; 5–7 – остановочных пунктах городского транспорта; ① – ⑦ – пунктах зарождения и погашения пассажиропотоков

Для данной потоковой зоны формируется соответствующая матрица (таблица 1), значения которой  $m_{ij}$  определяют количество пассажиров, перемещающихся из точки  $i$  зарождающегося потока в точку  $j$  погашаемого потока.

Таблица 1 – Матрица пассажиропотоков

Номер	1	2	3	4	5	6	7	Итого
1	-	$m_{1,2}$	$m_{1,3}$	$m_{1,4}$	$m_{1,5}$	$m_{1,6}$	$m_{1,7}$	$O_1$
2	$m_{2,1}$	-	$m_{2,3}$	$m_{2,4}$	$m_{2,5}$	$m_{2,6}$	$m_{2,7}$	$O_2$
3	$m_{3,1}$	$m_{3,2}$	-	$m_{3,4}$	$m_{3,5}$	$m_{3,6}$	$m_{3,7}$	$O_3$
4	$m_{4,1}$	$m_{4,2}$	$m_{4,3}$	-	$m_{4,5}$	$m_{4,6}$	$m_{4,7}$	$O_4$
5	$m_{5,1}$	$m_{5,2}$	$m_{5,3}$	$m_{5,4}$	-	$m_{5,6}$	$m_{5,7}$	$O_5$
6	$m_{6,1}$	$m_{6,2}$	$m_{6,3}$	$m_{6,4}$	$m_{6,5}$	-	$m_{6,7}$	$O_6$
7	$m_{7,1}$	$m_{7,2}$	$m_{7,3}$	$m_{7,4}$	$m_{7,5}$	$m_{7,6}$	-	$O_7$
Итого	$\Pi_1$	$\Pi_2$	$\Pi_3$	$\Pi_4$	$\Pi_5$	$\Pi_6$	$\Pi_7$	

Сумма значений по каждой строке  $O_i = \sum_{j=1, j \neq i}^n m_{ij}(t)$  характеризует величину пассажиропотока в конкретной точке зарождения в момент времени  $t$ . Погашаемый поток  $\Pi_i$  рассчитывается посредством введения поправки на время достижения  $i$ -й точки пассажирами с любой  $j$ -й точки зарождения потока. Если необходимо определить мощность погашаемого потока в  $i$ -й точке в момент времени  $t$ , то нужно в каждой  $j$ -й точке определить поток, сформировавшийся в адрес конкретной  $i$ -й точки во время

$(t - t_{дв(j,i)})$ , где  $t_{дв(j,i)}$  – время, необходимое для перемещения пассажиров из точки  $j$  в точку  $i$ . Тогда расчетный погашаемый поток в  $j$ -й точке определится как  $\Pi_j = \sum_{i=1, i \neq j}^n m_{ij} (t - t_{дв(j,i)})$ .

В общем случае все пассажиропотоки в узле взаимодействия следует рассматривать как единую потоковую зону, в которой пассажиры могут перемещаться между любыми областями зарождения и погашения потоков. Установленные цели движения пассажиров позволят сформировать *полную матрицу потоков* и трансформировать ее в соответствующую визуализированную графическую конструкцию, накладываемую на динамическую 3D-станцию. Наиболее наглядной подобная картина представляется в ракурсе вида сверху, приближенном к плановому образу (по примеру рисунка 1).

При разработке трехмерной модели пассажирских устройств пассажирской станции потоковую зону следует рассматривать как особый объект проектирования, не детализируемый до уровня визуализации каждого пассажира в отдельности, если плотность пассажиропотока выше предельно низкой. В потоковой зоне выделяется группа пассажиров, объединенная по признаку общности маршрута передвижения. Эта группа называется *рекомбинантной* и в 3D-интерпретации представляется как некоторое облако точек определенного цвета, перемещаемое в заданном направлении. Визуально каждая рекомбинантная группа отделяется от соседней границы с различной насыщенностью цвета в соответствии с плотностью потока. Если смежные рекомбинантные группы потоковой зоны имеют одинаковую плотность, то они различаются оттенками красного и желтого цветов. Скорость перемещения облака точек соразмерна с реальной скоростью движения пассажиропотока.

Потоковая зона перемещения пассажиров имеет области взаимного проникновения рекомбинантных групп, которые обладают сложной структурой потока (рисунок 5).

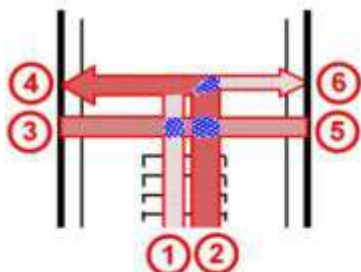


Рисунок 5 – Взаимодействия рекомбинантных групп в контролируемых зонах контакта пассажиропотоков

После слияния двух потоков в общий некоторое время наблюдается относительно устойчивое движение этих потоков без перемешивания. Эти области называются *пост-транзитивными*. Скорость движения потоков на выходе из данных областей уменьшается.

В указанных областях сложного взаимодействия возникают зоны слияния, разделения и пересечения потоков, которые называются конфликтными точками соответственно 1, 2 и 3-го родов (КТ-1, КТ-2, КТ-3). Для выделенных шести точек зарождения и погашения пассажиропотоков (см. рисунок 5) формируются конфликтные позиции 1, 2 и 3-го родов (соответственно  $P_{КТ-1}$ ,  $P_{КТ-2}$ ,  $P_{КТ-3}$ ), идентифицируемые при взаимодействии следующих потоков  $m_{i,j}$ :

$$\begin{aligned} P_{КТ-1}: m_{3,6} \wedge m_{2,6}; m_{5,1} \wedge m_{3,1}; m_{5,4} \wedge m_{2,4}; \\ P_{КТ-2}: m_{2,6} \wedge m_{2,4}; m_{3,6} \wedge m_{3,1}; m_{5,4} \wedge m_{5,1}; \\ P_{КТ-3}: m_{3,6} \wedge m_{5,4}; m_{3,6} \wedge m_{2,4}; m_{5,4} \wedge m_{2,6}. \end{aligned} \quad (1)$$

Конфликтные точки первого рода характеризуются слиянием двух потоков в один общий. Визуально в этой области наблюдается смешение исходных цветов потоков с формированием нового, не наблюдавшегося в первоначальных рекомбинантных потоках. Конфликтные точки второго рода определяются расщеплением общего потока и формированием двух или более обособленных потоков с различными цветами визуального отражения каждого из возникающих потоков. Конфликтные точки третьего рода являются наиболее сложными в модельной реализации, в которой следует отражать специфичные позиции процесса разведения различных потоков, обеспечивающие взаимопроникновение их друг через друга. При значительных интенсивностях пересекающихся пассажиропотоков проектируют маршруты пересечения в разных уровнях (в данной статье структуры высокой плотности потоков не рассматриваются). Если потоки встречаются в одном уровне (как рассматривается в примере рисунка 1), то визуально в модели данная область отражается как мигающая с переходом от цвета одного потока к цвету другого.

**Область слияния потоков.** Для представленных на рисунке 5 схем движения пассажиров определим позиции конфликтных точек. Слияние потоков  $P_{КТ-1}$  определено первой строкой выражения (1). Зоны соответствующих конфликтных точек определены на рисунке 6.

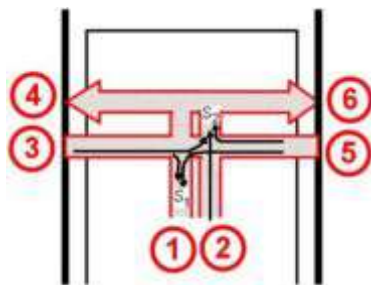


Рисунок 6 – Зоны конфликтных точек слияния потоков рекомбинантных групп



Точка слияния  $S_1$  характеризуется соединением двух потоков  $m_{3,1} \wedge m_{5,1}$ , а  $S_2$  – при движении трех потоков  $m_{5,4} \wedge (m_{2,6} \leftrightarrow m_{2,4}) \wedge m_{3,6}$ . Следует указать, что в действительности точка  $S_2$  формируется на месте встречи четырех потоков (на это указывает элемент записи  $m_{2,6} \leftrightarrow m_{2,4}$ ), однако совпадающее направление движения пассажиров  $m_{2,6}$  и  $m_{2,4}$  в точке слияния  $S_2$  не требует пока выделения этих потоков как обособленных.

Такая необходимость возникнет позже при подходе к соответствующей точке разделения этих потоков. Технологически различий между слиянием двух и трех потоков не наблюдается. При этом мощности соответствующих подводящих потоков могут быть таковы, что в результате суммарные потоки в точках слияния  $M_{S_2} < M_{S_1}$ .

**Область разделения потоков** более сложна в технологическом и иллюстративном аспектах. При слиянии две рекомбинантные группы теряют свои индивидуальные признаки в небольшой по размерам и быстро исчезающей посттранзитивной зоне. Разделение потоков визуализируется с определенным перестроением пассажиров при подходе к области конкретной специализации движения. Данная зона называется *предтранзитивной*, функционирующей более длительную время и распространяющей свое влияние на большее пространство, чем посттранзитивная зона слияния потоков (рисунок 7).

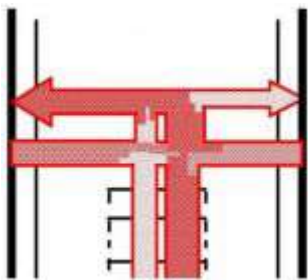


Рисунок 7 – Зоны конфликтных точек разделения потоков в предтранзитивной зоне рекомбинантных групп

Предтранзитивная зона всегда формируется при подходе к точкам разделения потоков. Облако соответствующих точек, идентифицирующих пассажиропоток, хаотически турбулентно ускоряется в своем движении, определяя разделяющиеся потоки на достаточном расстоянии от точек разделения. Чем более плотные пассажиропотоки разделяются, тем большая по длине пред-транзитивная зона ожидается. Если мощности разделяющихся потоков  $R_1$  и  $R_2$  выше некоторого предельного уровня, то предтранзитивную зону целесообразно проектировать как специальный маршрут прохода пассажиров общего потока  $R_1 + R_2$ , который «мягко» разделяется на определенной длине транспортного буфера  $L_{R_1+R_2}$ .

**Область пересечения потоков.** Размер области пересечения потоков не имеет выраженных границ. Ее начало определяется завершением пост-транзитивной зоны, конец – встречными маршрутами одиночных пассажиров (рисунок 8).

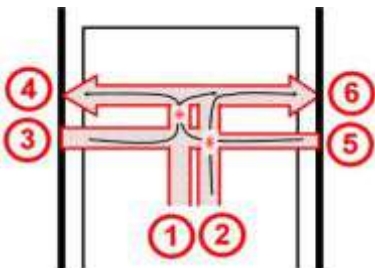


Рисунок 8 – Зоны конфликтных точек пересечения потоков рекомбинантных групп

Вероятной формой области пересечения потоков является эллипс с ориентированной большой полуосью в направлении более мощного потока. Если пересекаются потоки  $C_1$  и  $C_2$  с одинаковой интенсивностью, то форма области будет близка к круговой с уменьшением вероятности пересечения маршрутов от центра к периферии.

Для примера рисунков 5, 6 общий вид взаимодействующих потоков представлен на рисунке 9 и таблице 2.

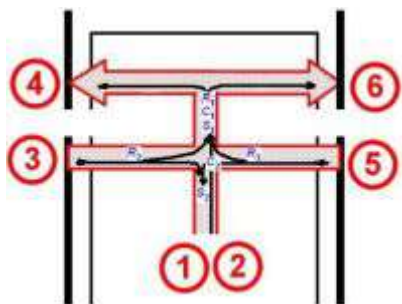


Рисунок 9 – Точки слияния ( $S_i$ ), разделения ( $R_i$ ) и пересечения ( $C_i$ ) потоков

Таблица 2 – Контактные точки слияния, разделения и пересечения взаимодействующих потоков

Потоки	$m_{24}$	$m_{26}$	$m_{31}$	$m_{36}$	$m_{51}$	$m_{54}$
$m_{24}$	-	$R_1$	н	$S_1R_1C_1$	$C_2$	$S_1$
$m_{26}$		-	н	$S_1$	$C_2$	$S_1R_1C_1$
$m_{31}$			-	$R_2$	$S_2$	н
$m_{36}$				-	н	$S_1R_1C_1$
$m_{51}$					-	$R_3$
$m_{54}$						-
н – независимые потоки.						

Приведенная симметричная матрица включает только существующие потоки между фиксированными областями зарождения  $O_i$  и погашения  $\Pi_j$  потоков. Благодаря этому размерность данной матрицы по сравнению с исходной (см. таблицу 1) существенно сокращается. Независимые потоки, как правило, не соприкасаются, но в определенных случаях могут взаимодействовать (при узких проходах для пассажиров, случайных переходах пассажиров из одного потока в другой).

**Моделирование движения пассажиров в потоке с незначительной интенсивностью.** Если плотность пассажиропотока рекомбинантной группы переходит в зону предельно низкой, то движение пассажиров моделируется с использованием индивидуальных аватаров. Путь каждого пассажира может быть показан с помощью соответствующего спрайтового изображения, представляющего собой анимационный образ человека, перемещающегося в потоковой зоне в соответствии с целью поездки. Если движение пассажира прослеживается от пункта зарождения потока, к которому он принадлежит, до области его погашения в пределах пересадочного узла, то моделируется *экстракомпонентный пассажиропоток*. При фиксации аватарных конструкций только в пределах пассажирских обустройств пассажирской станции визуализируется *интрокомпонентный пассажиропоток*. За пределами границ пассажирских обустройств пассажирской станции интрокомпонентный пассажиропоток формируется по правилам моделирования информационных объектов с высокой плотностью пассажиров в виде облака точек.

**Выводы.** Операции посадки-высадки пассажиров и их перемещение по установленным маршрутам движения потоков достаточно сложно представить на динамической 3D-модели пассажирских обустройств пассажирской станции. Необходимость учета неравномерности пассажиропотоков, наличия многочисленных областей их слияния, разделения, пересечения, детализации потока до уровня реконструкции каждого пассажира формируют общее проблемное поле корректной модельной реконструкции технологических операций, производимых на пассажирской станции. В статье обозначен целый ряд принципиальных позиций, которые в своем большинстве носят постановочный характер и требуют проведения дополнительных исследований. В числе важных вопросов следующие:

- целесообразно определить уровень предельно низкой плотности пассажиропотока, при которой целесообразно переходить к проектированию индивидуальных аватаров;
- требуется разработать шкалу хроматических визуализаторов пассажиропотоков различной плотности и при их смещении;
- важно исследовать пост- и предтранзитивные зоны и определить их эффективные размеры;
- особый интерес представляют параметры транспортного буфера, «подготавливающего» разделение потока на составляющие, которые должны зависеть от плотностей общего и разделяющих потоков;

– для потоковых зон пассажирских обустройств пассажирских станций должны быть разработаны эффективные схемы перемещения потоков (аналогично рисункам 6–9 и таблице 2), обеспечивающие минимальные пересекающиеся по мощности потоки;

– наличие каких-либо демонстрационных модельных имитаций движения пассажиропотоков на пассажирских обустройствах станции позволило бы экспертно протестировать возникающие реконструктивные ситуации и оценить степень их адекватности операциям, производимым на реальной пассажирской станции.

Решение этих и других вопросов позволит создать среду трехмерного моделирования состояний пассажирских обустройств с оценкой загрузки соответствующих областей и получить рекомендации по совершенствованию качества обслуживания пассажиров на пассажирских обустройствах пассажирской станции в частности и в переса-дочном узле в целом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Головнич, А. К. Концептуальные основы разработки трехмерных компьютерных моделей железнодорожных станций : [монография] / А. К. Головнич – Гомель, БелГУТ, 2019. – 199 с.

2 Головнич, А. К. Специфика отражения объектного пространства трёхмерных моделей станций / А. К. Головнич // Мир транспорта. – № 6 (79). т. 16. М. : МГУПС Императора Николая II, 2018. – С. 6–13.

3 Вакуленко, С. П. Моделирование пассажиропотоков в ТПУ / С. П. Вакуленко, В. В. Доенин, Н. Ю. Евреенова // Мир транспорта. – 2014. – № 4 (53). – С. 124–131.

4 Вакуленко, С. П. Транспортно-пересадочные узлы: организация пассажиропотоков : учеб. пособие / С. П. Вакуленко, В. В. Доенин, Н. Ю. Евреенова. – М. : РУТ (МИИТ), 2017. – 116 с.

5 Вакуленко, С. П. Применение математических моделей для моделирования объектов транспортной инфраструктуры / С. П. Вакуленко, В. В. Доенин, Н. Ю. Евреенова, М. А. Ефремова / Безопасность движения поездов : Тр. XVI научно-практической конференции 29–30 октября 2015 г., Москва, МИИТ. Разд. 7 «Культура безопасности, организация производственного процесса». – 2005. – С. VII-30–VII-32.

*A. K. GOLOVNICH, S. P. VAKULENKO*

### COMPUTER VISUALIZATION TECHNOLOGICAL OPERATIONS FUNCTIONING 3D-MODEL PASSENGERDEVICES OF PASSENGER STATION

The problems of realistic reflection passengerstreams on 3D-model of passenger station. We observe the complex and ramified network of moving the passengers, features of formation points origin and points disappear of flows outside border of passenger station. The reproduction all operation is represented by a difficult and ambiguous problem. The new positions form adequate system to a reality 3D-modeling technology of passenger station.

Получено 25.09.2020

УДК:656.021.5: 656.211.4

*П. В. ГОЛУБЕВ, М. Ю. ТЕЛЯТИНСКАЯ*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

*k-gdsu@mail.ru, marinat-29@mail.ru*

## **РАСЧЁТ ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ СТАНЦИЙ ОБОРОТА НА МОСКОВСКОМ ЦЕНТРАЛЬНОМ ДИАМЕТРЕ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ИНТЕРВАЛОВ ДВИЖЕНИЯ**

Рассматривается техническое оснащение и технология работы станции оборота пригородно-городских поездов, а также проверяется достаточность путевого развития станции при различных интервалах движения.

Для организации тактового движения пригородных поездов на существующих и планируемых к вводу в обращение участках Московского центрального диаметра (МЦД) необходимо предусмотреть путевое развитие, обеспечивающее возможность оборота при увеличивающихся размерах движения пригородно-городских поездов.

Как показывает опыт эксплуатации Московского центрального кольца (МЦК), интенсивность движения увеличивается постепенно: в 2016 году интервал движения между поездами составлял 6 минут в часы пик и 12 минут – в другое время. В мае 2017 года интервал сократили до 5 и 10 минут соответственно. С ноября 2019 года поезда следуют ещё чаще – каждые 4 минуты в часы пик и 8 минут – остальное время. В будни сокращение интервала на 1 и 2 минуты соответственно позволило увеличить объём движения на 37 % – со 177 пар до 242 пар поездов в сутки.

Подобную ситуацию следует ожидать и при эксплуатации МЦД. В связи с этим рассматривается поэтапный переход с существующего в настоящее время интервала 15 минут до минимального – 5 минут.

Для расчёта пропускной способности путей и горловин конечных станций МЦД необходимо определить время занятия пути поездом, прибывающим под оборот, а также возможные варианты маневровых передвижений на станции.

Время для приёма поезда 2,5 минуты, на отправление поезда – 2 минуты.

При существующих интервалах движения поездов при принятой организации оборота на приёмо-отправочном пути с учётом выполняемых технологических операциях время занятия приёмо-отправочного пути, занятого

оборотом поезда, составит 14,5 минуты с учётом времени на отправление поезда (рисунок 1).

Рассмотрим вариант уменьшения интервала между поездами МЦД с 15 до 12 минут (5 поездов в час). В этом случае предлагается использовать кроме приёмо-отправочного пути также и главные пути для приёма и отправления конечных поездов с организацией перестановки оборачиваемого состава на путь оборота. График оборота пригородных поездов с вариантом приёма конечных поездов на главный путь и отправлением с приёмо-отправочного пути показан на рисунке 2.

Пригородные поезда, следующие на более дальние пригородные зоны, в часы пик предлагается принимать на главный путь, или, при его наличии, на существующий приёмо-отправочный путь, расположенный рядом с главным путём. При этом время занятия главного пути приёмом конечного поезда составит 6 минут; время занятия приёмо-отправочного пути под отправление поезда также составит 6 минут.

Из расчётов видно, что при интервале движения 12 минут ограничивающим элементом является путь оборота, причём в случае необходимости дальнейшей интенсификации движения, потребуется увеличить количество путей для оборота пригородных поездов.

Таким образом, при уменьшении интервалов движения до 12 минут включительно для приёма конечных поездов потребуется задействовать главный путь и организовать их оборот на существующем пути оборота. При точном соблюдении графика движения поездов двенадцатиминутный интервал позволит обеспечивать пропуск по существующим главным путям пригородных поездов, следующих с более дальних зон (рисунок 3).

Дальнейшее уменьшение интервала движения поездов (менее 12 минут) потребует проведения реконструктивных мероприятий на станции. В качестве возможного варианта предлагается осуществление переноса оси главного пути на ось приёмо-отправочного пути с возможным изменением марок стрелочных переводов, ведущих на этот путь, а также укладку дополнительного стрелочного перевода. Главный путь в пределах станции будет перенесён. Существующая ось главного пути на значительном протяжении будет использоваться в качестве пути для оборота пригородных поездов; новая ось будет располагаться на расстоянии, достаточном для развития парка для оборота пригородных составов (рисунок 4).

Далее рассмотрим вариант уменьшения интервала между поездами МЦД с 12 до 9 минут (6,67 поездов в час). Технология обработки поездов остаётся аналогичной ранее рассмотренному варианту, главным отличием является необходимость сооружения дополнительного пути для оборота пригородных поездов. Количество соединительных путей между путями приёма и отправления и путями оборота оставляем равным одному.

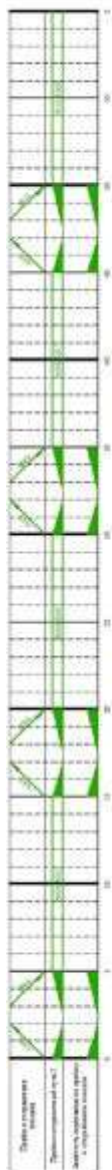


Рисунок 1 – График оборота пригородных поездов на конечной станции при интервале движения 15 минут

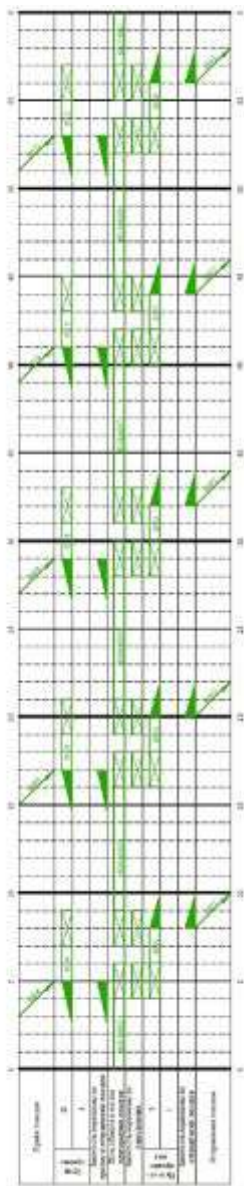


Рисунок 2 – График оборота пригородных поездов на станции при интервале движения 12 минут



Рисунок 3 – Исходная схема пассажирских устройств станции



Рисунок 4 – Схема развития станции при интервале 9–11 минут

При сохранении семиминутного времени на оборот состава появляется враждебность при подаче на путь оборота и уборке с другого пути, в связи с чем необходимо увеличить время нахождения на пути оборота до десяти минут (рисунок 5).

При интервале движения 9 минут ограничивающим элементом являются пути оборота. При дальнейшем уменьшении интервала между пригородно-городскими поездами МЖД потребуются проведение реконструктивных мероприятий на всей станции в связи с необходимостью сооружения дополнительной пары главных путей (рисунок 6).

При уменьшении интервала между поездами до 7 минут для обеспечения организации оборота пригородно-городских поездов потребуются два пути оборота, по одному пути для приёма отправления и одному соединительному пути между ними. График оборота при интервале движения 7 минут представлен на рисунке 7.

Дальнейшее уменьшение интервала следования поездов (до 5–6 минут), как видно из расчётов и графиков занятости, приведёт к чрезмерной загрузке путей для приёма и отправления и потребует сооружения дополнительных путей. График работы станции с двумя путями для приёма и отправления представлен на рисунке 8. Схема путевого развития станции для обеспечения оборота пригородно-городских поездов представлена на рисунке 9.

Расчёты, выполненные на основе [1], сведены в таблицу 1.

*Таблица 1 – Сводная таблица ограничивающего элемента и пропускной способности на станции оборота МЖД*

Интервал, мин.	Размеры движения поездов поездов/час	Коэффициент использования устройств			Пропускная способность			
		приёмо-отправочных путей	путей оборота	горловины	приёмо-отправочных путей	путей оборота	горловины	результативная
		0,967	–	0,321	4	–	12	4
12–14	5,0–4,3	0,500	0,927	0,357	10	5	14	5
9–11	6,7–5,5	0,722	0,778	0,476	9	8	14	8
7–8	8,6–7,5	0,867	0,873	0,600	9	9	14	9
5–6	12–10	0,650	0,627	0,593	18	19	20	18

Таким образом, на основании расчётов пропускной способности станции при различных интервалах движения пригородных поездов можно сделать следующий вывод: при интервалах между пригородными поездами равным 15 минут оборот можно производить на существующем приёмо-отправочном пути, однако, в случае необходимости уменьшения этого интервала на 1–3 минуты (интервал 14–12 минут), потребуются изменить технологию работы с конечными поездами – осуществлять приём на главный путь, подавать состав на путь оборота и отправлять с существующего приёмо-отправочного пути.



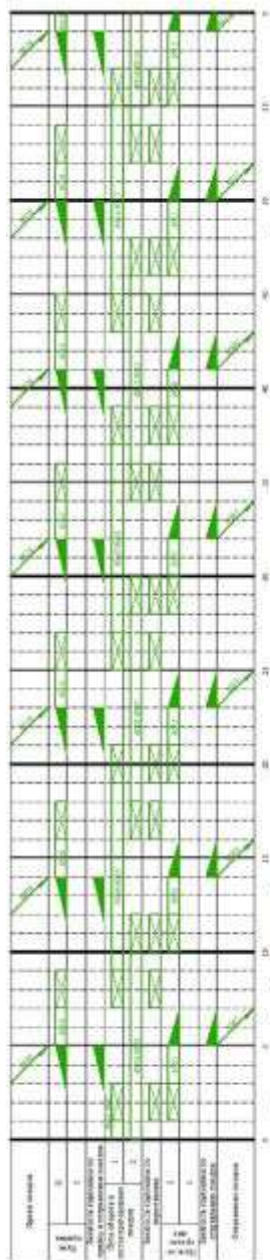


Рисунок 5 – График оборота пригородных поездов на станции при интервале движения 9 минут



Рисунок 6 – Схема развития станции при интервале движения пригородно-городских поездов 7–8 минут

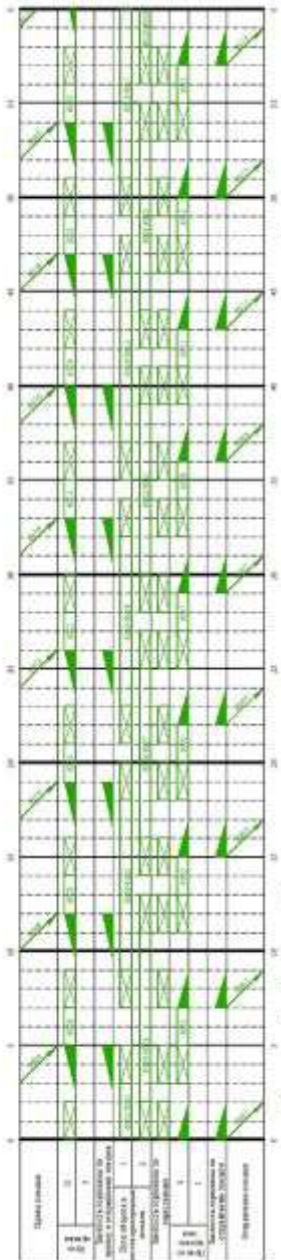


Рисунок 7 – График оборота пригородных поездов на станции при интервале движения 7 минут

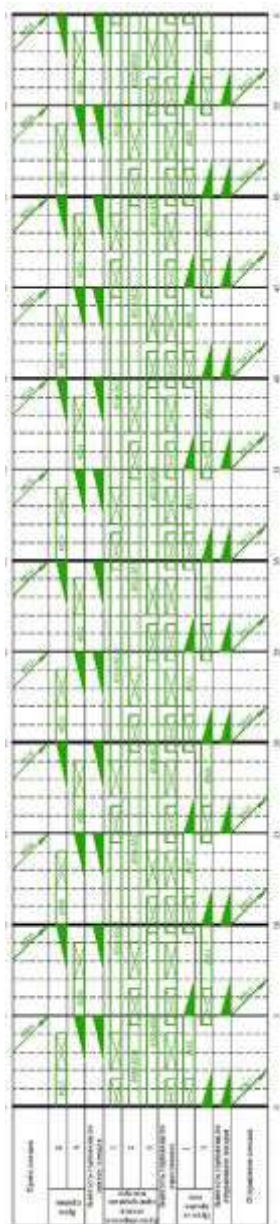


Рисунок 8 – График оборота пригородных поездов на станции при интервале движения 5 минут



Рисунок 9 – Схема развития станции при интервале движения пригородно-городских поездов 5 - 6 минут

При дальнейшей необходимости снижения интервала ещё на 1–3 минуты, (т. е. 11–9 минут) потребуется сооружение дополнительного пути для оборота пригородных поездов. При интервале 7–8 минут между поездами необходимо предусмотреть сооружение дополнительной пары главных путей. При интервале 5–6 минут – необходимо предусмотреть ещё и сооружение дополнительных путей для приёма и отправления конечных поездов.

Дальнейшая реконструкция станции предполагает возможность выдачи состава пригородного или пригородно-городского поезда из моторвагонного депо не только через горловину, к которой примыкает депо, но и через парк отстоя пригородно-городских поездов, что обеспечит большую маневренность станции в организации поездного движения по главным путям и подачи-выдачи составов в депо.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1 Инструкция по расчёту наличной пропускной способности железных дорог. утв. Первый вице-президент ОАО «РЖД» В. Н. Морозов 10.11. 2010 № 128. – Ульяновск : Техинформ, 2011. – 289 с.

2 Свод правил СП 119.13330.2017 «СНиП 32-01-95 Железные дороги колеи 1520 мм» : утв. приказом М-тва строительства и жилищно-коммунального хозяйства от 12 декабря 2017 г. № 1648/пр.

3 Как изменилось МЦК за 3 года: новые «Ласточки», «связки» с радиальными направлениями железных дорог, снижение интервала и тестирование беспилотных технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://mzd.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE\\_ID=12&layer\\_id=4069&refererLayerId=4069&id=115913](https://mzd.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=12&layer_id=4069&refererLayerId=4069&id=115913). – Дата доступа 15.07.2020.

*P. V. GOLUBEV, M. Y. TELYATINSKAYA*

### **CALCULATION OF TRACK DEVELOPMENT OF IDC TURNOVER STATIONS WHEN CHANGING TRAFFIC INTERVALS**

The technical equipment and operation technology of the station for suburban and urban trains are considered, and the sufficiency of the station's track development at different traffic intervals is checked.

Получено 11.08.2020

УДК 656.222, 225

*А. В. ДМИТРЕНКО*

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

*БААТАР ИДЭР*

*Министерство транспорта Монгольской народной республики  
iderbaatar@yandex.ru*

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУППОВЫХ ПОЕЗДОВ С УЧЕТОМ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ПОРЯДОК УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ И РАБОТУ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ**

Рассматриваются особенности формирования групповых поездов на сортировочных станциях в зависимости от мощности назначений и объемов работы. Предлагается для сокращения простоя вагонов на сортировочных станциях расширить сферу применения групповых поездов. Приведены результаты расчетов величины простоя под накоплением для различного числа групп в поезде и числа назначений при формировании групповых поездов. Рассмотрена эффективность использования групповых поездов в зависимости от загрузки прилегающих к станции участков магистральных линий, в т. ч. с учетом капитального ремонта пути. Приведены эффекты от применения групповых поездов в зависимости от эксплуатационной ситуации на магистральных железнодорожных линиях.

На железнодорожном транспорте экономические показатели перевозочного процесса в значительной степени зависят от устойчивой работы сортировочных станций, беспрепятственного приема и отправления поездов, обрабатываемых по прилегающим магистральным линиям. Сортировочные станции – это наиболее дорогостоящие элементы железнодорожного транспорта и их эффективное использование в условиях неравномерности в движении позволяет достигать значительного сокращения затрат, связанных с пропуском и переработкой вагонов в узловых пунктах. В целом, беспрепятственный прием грузовых поездов на сортировочные станции достигается наличием свободных путей за счет сокращения простоя вагонов в различных элементах технологии переработки вагонов.

Улучшение экономических показателей эксплуатационной работы, как сортировочных станций, так и в целом прилегающих магистральных железнодорожных линий, можно достигать путем организации обращения групповых поездов. В научной литературе разработан порядок работы с группо-

выми поездами и оценено его влияние на возможность сокращения простоя вагонов на сортировочных станциях и улучшения эксплуатационной работы магистральных линий [1–4].

На железнодорожном транспорте при формировании однопутных грузовых поездов на сортировочных станциях возникает простой вагонов под накоплением. Продолжительность простоя каждого вагона увеличивается с ростом веса грузовых поездов и сокращается с увеличением мощности назначений плана формирования. Поэтому для назначений большой мощности затраты, связанные с простоем вагонов под накоплением, имеют малую величину. В то же время, для назначений малой мощности затраты, связанные с простоем вагонов под накоплением, значительно возрастают, что вызывает рост эксплуатационных расходов железнодорожного транспорта и ухудшение работы станций формирования грузовых поездов.

В последние годы в технической политике железнодорожного транспорта произошли существенные изменения. В связи с поставкой железнодорожному транспорту новых более мощных локомотивов возросли весовые нормы грузовых поездов для одиночной тяги. В то же время, в связи со спадом в объемах перевозок на большей части магистральных линий уменьшилась мощность назначений плана формирования. Это вызвало значительное увеличение простоя вагонов под накоплением однопутных грузовых поездов. В создавшихся условиях стало целесообразным сокращать простой вагонов под накоплением за счет формирования на сортировочных станциях групповых поездов.

При формировании групповых поездов средний простой вагонов под накоплением будет равен [5]

$$t_{sp}^{gac} = \frac{12m}{nK_{gp}}, \quad (1)$$

где 12 – параметр накопления;  $m$  – число вагонов в составах формируемых грузовых поездов;  $n$  – мощность назначения плана формирования по групповым поездам;  $K_{gp}$  – количество назначений в составах групповых поездов.

Сокращение простоя под накоплением для каждого вагона при формировании групповых поездов может быть определено по формуле

$$\Delta t_{сокр} = t_n - t_{gp}^{вар} = \frac{12m}{n} \left( 1 - \frac{1}{K_{gp}} \right), \quad (2)$$

где  $t_n$  – время простоя вагонов под накоплением при формировании полновесных однопутных грузовых поездов;

Результаты расчетов по формулам (1) и (2) приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Величина простоя под накоплением для различного числа назначений при формировании групповых поездов составом 70 вагонов**

В часах

Число групп	Мощность назначений плана формирования, вагонов				
	50	100	200	500	1000
1	16,8	8,4	4,2	1,68	0,84
2	8,4	4,2	2,11	0,84	0,42
3	5,6	2,8	1,4	0,56	0,28
4	4,2	2,1	1,05	0,42	0,21
5	3,36	1,68	0,84	0,34	0,17

Данные таблицы 1 показывают, что с увеличением числа групп для различной мощности назначений будет сокращаться простой вагонов под накоплением при организации формирования групповых поездов по сортировочным станциям. Объединение мелких партий вагонов позволяет сокращать простой вагонов на сортировочных станциях на большую величину. Формирование групповых поездов для крупных назначений обеспечивает незначительное сокращение простоя вагонов под накоплением. Поэтому для мощных назначений обычно не применяют групповые поезда в практической деятельности работы железных дорог.

При повышении веса и длины грузовых поездов в последние годы возросли потери, связанные с осаживанием вагонов в сортировочном парке. Увеличились затраты, связанные с дополнительным простоем вагонов при повторной их переработке в случае формирования одногруппных грузовых поездов повышенной длины.

Формирование групповых поездов в создавшихся условиях позволит организовать вождение грузовых поездов при малом количестве накопленных вагонов на каждом сортировочном пути. Это приведет к тому, что формирование групповых поездов может явиться одной из важных особенностей не только сокращения простоя вагонов под их накоплением на станциях. В новых условиях применение на практике групповых поездов позволит обеспечивать сокращение простоя вагонов за счет минимизации дополнительного осаживания вагонов и их повторной переработки (окончания формирования) на сортировочных путях.

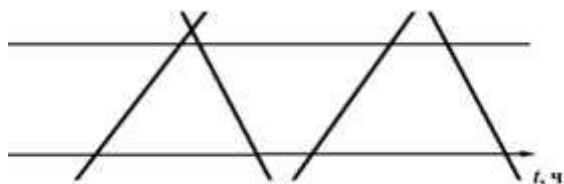
Исходя из указанных особенностей, формирование и функционирование грузовых поездов из двух и более групп позволит избежать дополнительного осаживания вагонов в сортировочном парке в случае их формирования и отправления со станций. В то же время, при дальнейшем накоплении вагонов на одногруппный грузовой поезд только полной нормативной длины возникнет необходимость в дополнительном осаживании вагонов в сортировочном парке для каждого из назначений плана формирования.

В создавшихся условиях, кроме сокращения простоя вагонов в сортировочных парках, формированием групповых поездов в новых условиях возможно обеспечивать лучшее управление эксплуатационной обстановкой в перевозочном процессе на сети железных дорог в целом. Формированием групповых поездов по сортировочным станциям создается возможность дополнительно сокращать простои других грузовых поездов по прилегающим участкам. Также имеется возможность обеспечивать уменьшение сбоев в движении из-за ограничений в пропускной способности участков, и в первую очередь в период выполнения работ по капитальному ремонту пути для перегонов магистральных железнодорожных линий [6–12].

В целом, при формировании групповых поездов необходимо дополнительно учитывать, что их эффективность в значительной степени зависит от размеров движения на прилегающих к сортировочной станции магистральных железнодорожных линиях, особенно в случае ограничений в пропускной способности участков. Для этого становится целесообразным отправлять групповые поезда перед началом выполнения работ по капитальному ремонту пути. Данная мера обеспечит сокращение количества накапливаемых вагонов в сортировочном парке перед выполнением ремонтных работ. Это позволит беспрепятственно принять на станцию дополнительное количество грузовых поездов в период ограничений в пропускной способности ремонтируемых перегонов.

Порядок пропуска по ремонтируемому перегону поездов в зависимости от размеров движения двухпутных железнодорожных линий при капитальном ремонте пути имеет следующий характер (рисунок 1).

*a)*



*б)*

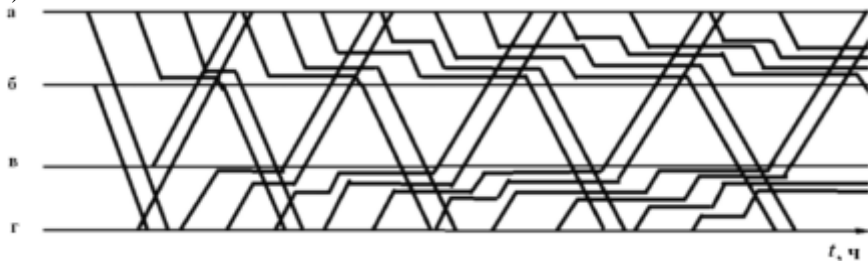


Рисунок 1 – Схема пропуска грузовых поездов по ремонтируемому перегону для двухпутной железнодорожной линии при размерах движения:

*a* – незначительных; *б* – повышенных

При формировании только одногруппных грузовых поездов для малых размеров движения, ниже пропускной способности при одном поезде в пакете, не будет возникать дополнительных задержек других грузовых поездов из-за ограничений в пропускной способности ремонтируемых перегонов (см. рисунок 1, а). В случае наличия малых размеров движения отправление групповых поездов в целом практически не вызовет улучшения в эксплуатационной работе магистральной железнодорожной линии. Данная мера практически не приведет к сокращению времени следования вслед идущих грузовых поездов.

В то же время, при увеличении размеров движения сверх минимального уровня возникнут задержки одногруппных грузовых поездов, вызванные только образованием пакетов. При дальнейшем повышении размеров движения возникнут задержки грузовых поездов, вызванные недостатком в пропускной способности ремонтируемых перегонов (см. рисунок 1, б).

В данном случае совершенно иное положение будет в варианте отправления части групповых поездов до начала выполнения работ для повышенных размеров движения. В этом случае в течение всего периода окна и последующих сбоев в движении на сортировочной станции будет находиться меньше поездов. Это вызовет улучшение эксплуатационной работы сортировочных станций и прилегающих участков.

Эффективность отправления групповых поездов до начала окна на грузенной двухпутной железнодорожной линии можно определить по формуле

$$\Delta E_{гр}^{пов} = \Delta E_{гр}^{фор} + e_{пч} \Delta t_{сокp}^{ож}, \quad (3)$$

где  $\Delta E_{гр}^{фор}$  – эффект от отправления со станции группового поезда;  $e_{пч}$  – стоимость поездо-часа полновесного или полносоставного грузового поезда;  $\Delta t_{сокp}^{ож}$  – сокращение времени простоя в ожидании на станции и участке других грузовых поездов.

Для малых размеров движения в случае выполнения работ по капитальному ремонту пути отправление до начала ремонтных работ групповых поездов практически не вызовет улучшения эксплуатационной работы важнейших сортировочных станций. В то же время, отправление до начала выполнения ремонтных работ дополнительных групповых поездов вызовет улучшение эксплуатационной работы магистральных линий в целом.

Эффекты от применения в практике отправления групповых поездов в зависимости от эксплуатационных ситуаций на магистральных железнодорожных линиях приведены в таблице 2.

Таким образом, формирование групповых поездов позволяет для маломощных назначений плана формирования сокращать простой вагонов на сортировочных станциях и обеспечивает улучшение эксплуатационной работы дорог в период уменьшенных размеров движения.



**Таблица 2 – Эффективная сфера применения групповых поездов в зависимости от размеров движения двухпутных железнодорожных линий**

Показатели	Для малых размеров движения двухпутных железнодорожных линий	Для повышенных размеров движения двухпутных железнодорожных линий
В период отсутствия ограничений в пропускной способности участков	Формирование групповых поездов позволяет обеспечивать значительное сокращение простоя вагонов под накоплением, уменьшает парк вагонов по станции, сокращает объем маневровой работы по осаживанию вагонов в сортировочном парке	Формирование групповых поездов позволяет сокращать простой вагонов на небольшую величину и менее целесообразно по сравнению с участками с малыми размерами движения
В случае ограничений в пропускной способности линий при выполнении работ по капитальному ремонту пути	Отправление групповых поездов до начала окна не обеспечивает сокращение времени нахождения других грузовых поездов в пути следования и менее целесообразно	Формирование и отправление групповых поездов становится целесообразной мерой, так как обеспечивает сокращение суммарного простоя грузовых поездов в период ограничений в пропускной способности участков из-за выполнения работ по капитальному ремонту пути

При капитальном ремонте пути, наоборот. Отправление групповых поездов более эффективно для повышенных размеров движения двухпутных магистральных железнодорожных линий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Батурин, А. П. Обоснование весовых норм для тяжеловесного движения / А. П. Батурин, Ю. О. Пазойский, Т. А. Жукова // Мир транспорта. – № 6. М., 2018. – С. 126–135.
- 2 Дмитренко, А. В. Оценка влияния способов управления железнодорожным транспортом на возможность ликвидации периодических кризисов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование / А. В. Дмитренко. – № 4 (28). – 2010. – С. 182–191.
- 3 Залогова, О. И. Критерии расчета плана формирования групповых поездов / О. И. Залогова // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта : сб. науч. трудов. – М. : РГОТУПС. 1999. – С. 46–52.

4 Залогова, О. И. Установление эффективности формирования длинносоставных групповых поездов / О. И. Залогова // Тезисы докладов третьей науч.-метод. конф. Ч.1. – М : РГОТУПС. 1998. – С. 25–27.

5 Грунтов, П. С. [и др.] Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / П. С. Грунтов [и др.] М. : Транспорт, 1994. – 544 с.

6 Аксененко, Н. Е. [и др.] Перспективы развития транспорта при переходе к рынку / Н. Е. Аксененко, А. В. Дмитренко, И. А. Милованов, В. Н. Поздеев // Железнодорожный транспорт. – 1993. № 2. – С. 37–42.

7 Лапидус, Б.М. Методология оценки и обеспечения эффективности инновационных транспортных систем / Б. М. Лапидус, Д. А. Мачерет // Экономика железных дорог. – 2016. – № 7. – С. 16–25.

8 Мачерет, Д. А. Инвестиции государства в инфраструктуру: методология оценки / Д. А. Мачерет // М. : Мир транспорта. – 2013. – Т. 11. – № 4 (48). – С. 14–19.

9 Мачерет, Д. А. О законе опережающего развития транспортной инфраструктуры / Д. А. Мачерет // Экономика железных дорог. – 2018. – № 7. – С. 14–19.

10 Нехорошков, В. П. Железнодорожный транспорт в развитии внешнеэкономической деятельности восточных регионов России / В. П. Нехорошков Новосибирск : Наука, 2011. – 228 с.

11 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.

12 Форд, Генри. Кодекс миллиардера. Сегодня и завтра / Г. Форд // М. : АСТ, 2016. – 320 с.

*A. V. DMITRENKO, BAATAR IDER*

## **EVALUATION OF EFFICIENCY OF GROUP TRAINS TAKING INTO ACCOUNT THEIR INFLUENCE ON TRAIN TRAFFIC CONTROL PROCEDURE AND OPERATION OF MARSHALLING STATIONS**

Features of formation of group trains at sorting stations depending on capacity of assignments and volume of work are considered. It is proposed to expand the scope of application of group trains to reduce the downtime of wagons at sorting stations. The results of calculations of downtime value under accumulation for different number of groups in train and number of assignments during formation of group trains are given. Efficiency of use of group trains is considered depending on loading of sections of main lines adjacent to the station, including taking into account overhaul of the track. The effects from the use of group trains depending on the operational situation on the main railway lines are given.

Получено 28.10.2020

УДК 652.025.2

*И. П. ДРАЛОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта (БелГУТ)*  
irenadralova@gmail.com

## **ЭТАПНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЯХ**

Предлагается эффективная схема этапного производства инженерно-геодезических изысканий на железнодорожных станциях. Производится нормирование времени на съемку каждого объекта путевого развития станции с разработкой технологических графиков инженерно-геодезической съемки и оценкой их качества.

Контроль геометрических параметров и динамических изменений положения станционных объектов в процессе эксплуатации является важной задачей обеспечения безопасного функционирования железнодорожной станции. Текущая работа отдельного пункта по обслуживанию вагонопотоков накладывает определенные ограничения на проведение геодезических работ. Эти ограничения связаны с невозможностью проведения съемки путей при поездных и маневровых передвижениях по этим путям, занятости путей подвижным составом, взаимном перекрытии объектов съемки, невидимости контрольных точек съемки в парках станции из-за стоящих вагонов, ограниченной прямой видимости, множества близко расположенных точечных объектов, наличии кривых малых радиусов и др.

Инженерно-геодезические изыскания с использованием современных методов сбора данных и применением высокоэффективного геодезического оборудования, обеспечивающего безопасность производства всех видов работ способствуют разработке качественных масштабных планов железнодорожных станций. Все инженерно-геодезические изыскания на железнодорожных станциях делятся на три этапа.

Первый этап – подготовительные работы (рисунок 1). В этот период выполняются следующие операции: получение технического задания от заказчика работ, сбор, анализ и обобщение имеющихся картографических, геодезических и других материалов съемок объектов станции прошлых лет с актуализацией имеющихся масштабных планов.

Реконгносцировочные работы включают в себя оценку ситуации и рельефа местности, выбор перспективных пунктов стояния геодезических приборов

относительно объектов съемки, а также оценку других неблагоприятных факторов, влияющих на перевозочный процесс (работа в местах, имеющих негабаритность, вблизи контактной сети и др.).

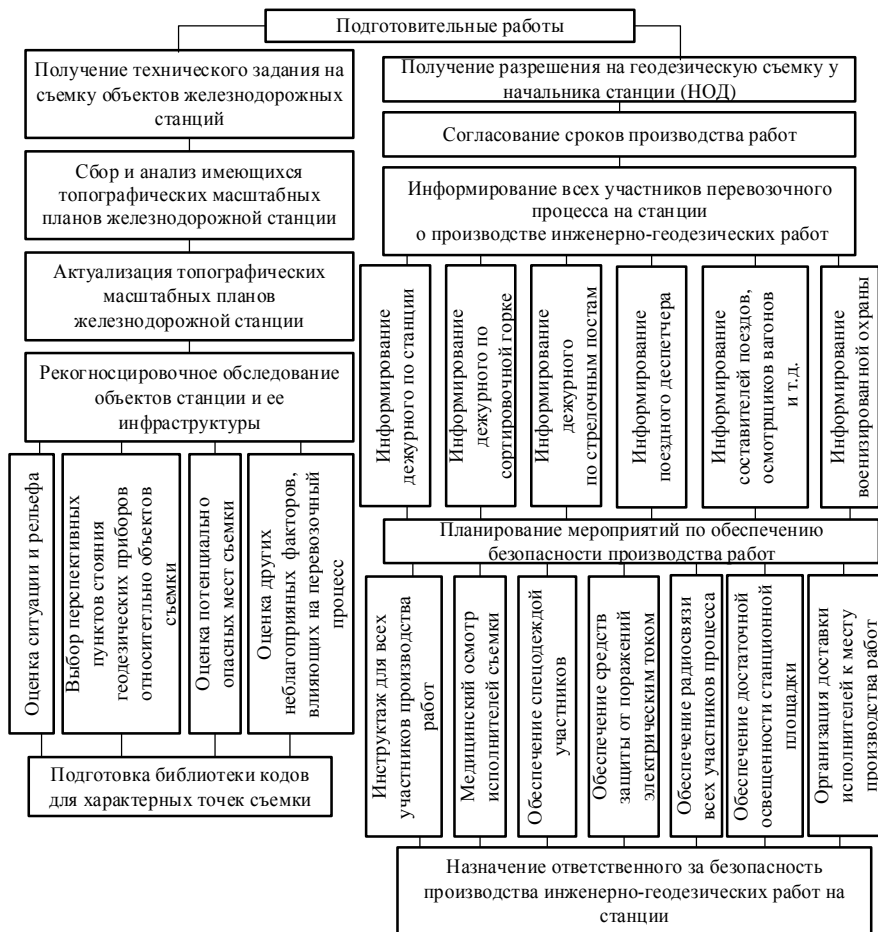


Рисунок 1 – Содержание первого этапа инженерно-геодезических съемок объектов

Важным элементом данного этапа является подготовка библиотеки кодов для характерных точек съемки. Кодирование представляет собой комплексную технологию сбора и обработки информации об объектах железнодорожной станции. С помощью специальных команд, их параметров и семантических атрибутов, импортированных непосредственно перед съемкой в геодезический прибор, появляется возможность установить связь объекта с его описанием в классификаторе, осуществить привязку объектов к

снимаемым точкам на местности, сформировать описание геометрии сложных линейных и площадных объектов, задать семантическое описание объектов, определить параметры снимаемых пунктов (тип координат и отношение к рельефу).

Одновременно с этапом подготовки к геодезической съемке, производится работа по готовности самой станции и всех ее работников к производству инженерно-геодезических изысканий. Этот этап включает в себя получение разрешения на геодезическую съемку с согласованием сроков производства работ. Заранее производится информирование всех работников, которые заняты в перевозочном процессе (поездного диспетчера, дежурных по станции, сортировочной горке и стрелочным постам, составителей поездов, регулировщиков скорости, осмотрщиков вагонов, работников военизированной охраны). Принимаются соответствующие меры по обеспечению безопасности производства работ:

- проводится инструктаж всех участников (непосредственных исполнителей съемки и всех вовлеченных в перевозочный процесс);
- медицинский осмотр исполнителей съемки;
- все участники съемки обеспечиваются спецодеждой, средствами защиты от поражений электрическим током, радиосвязью, достаточной освещенностью станционной площадки;
- организовывается доставка исполнителей к месту производства работ.

В завершение этапа назначается ответственный за безопасность производства инженерно-геодезических изысканий на станции.

Второй этап определяется как полевые измерения (рисунок 2).

Перед началом работ руководитель проводит инструктаж на рабочем месте по безопасному выполнению съемочных работ, проверяет состояние инструментов и приспособлений, расставляет работающих и указывает места, куда они должны уходить во время прохода поезда. До начала работ выставляются сигналисты, которые устанавливают переносные сигнальные знаки «С» (свисток). При плохой видимости (менее 500 м) руководитель работ обязан поставить в сторону плохой видимости сигналиста со звуковым сигналом. Место сигналиста выбирается так, чтобы он видел приближающийся поезд не менее чем за 500 м от места выполнения работ. При плохой видимости кроме сигналиста на обочине соседнего пути на расстоянии 500–1000 м от места работ в сторону сигналиста устанавливается переносной сигнальный знак «С» для предупреждения работающих о приближающемся поезде по соседнему пути.

Съемка начинается с привязки в плане и по высоте к опорным пунктам сети и последующей прокладкой базисного тахеометрического хода. Затем приступают к съемке самих объектов инфраструктуры станции. К ним относятся прямые и кривые участки пути, изостыки, пассажирские платформы, путепроводы, пассажирские и технические здания, комплекты стрелочных переводов, различные виды сигналов, предельные столбики и т. д.

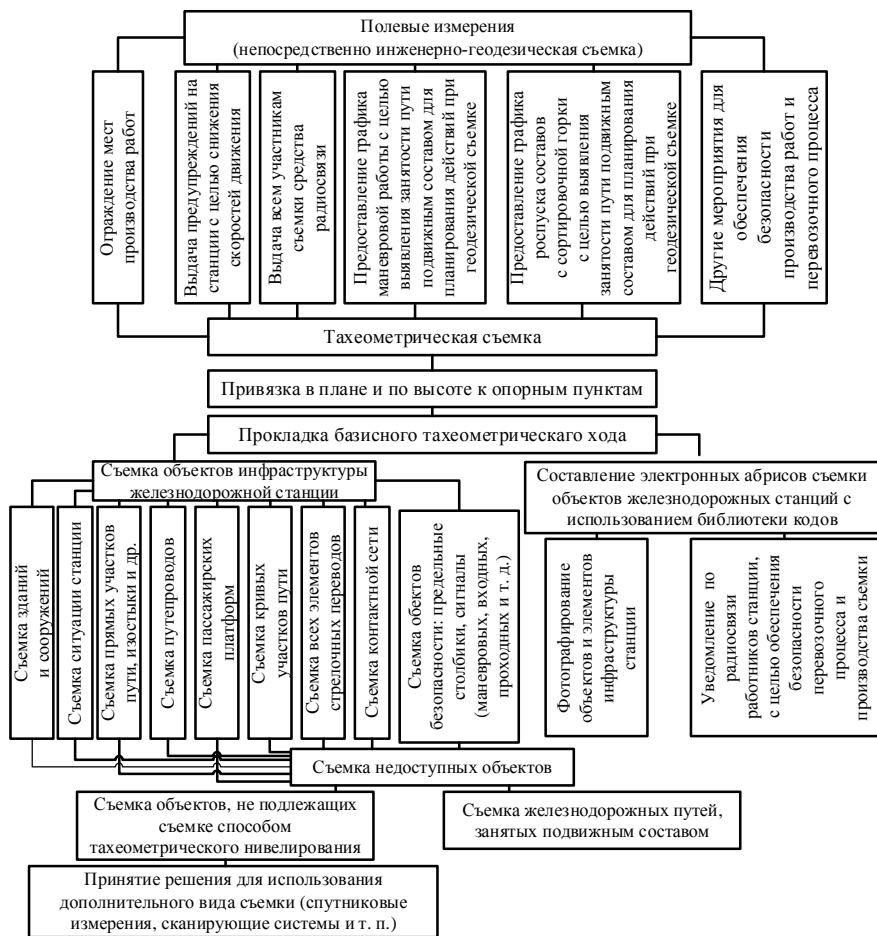


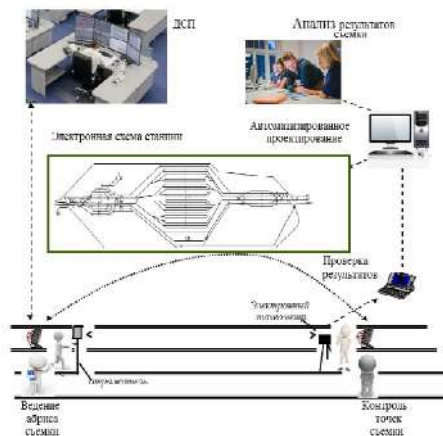
Рисунок 2 – Второй этап инженерно-геодезической съемки объектов железнодорожной станции

Съемка может проводиться по правой головке рельса наиболее загруженного направления или по оси пути, в зависимости от поставленной задачи, с использованием шаблонов. Технология геодезической съемки подразумевает схему «два плюс два» (один наблюдатель с тахеометром, рядом с ним наблюдатель за контролем точек съемки). Вторая часть съемочной бригады – это работник с отражателем и второй с электронным абрисом. Съемка недоступных объектов (пути, занятые подвижным составом, места, находящиеся за пределами видимости) производится с использованием специальных шаблонов.

Одновременно со съемкой контролируется электронный абрис путевого развития станции, в котором ведется учет снятых объектов, что позволяет вести контроль выполненных измерений. В процессе съемки может производиться фотографирование. Радиосвязь геодезической группы поддерживается со всеми работниками станции с целью обеспечения безопасности работ (рисунок 3).

Технология цифровой съемки станционных объектов

Подготовка электронного абриса съемки



Съемка осг пути



Рисунок 3 – Основные процессы инженерно-геодезической съемки станции

После завершения съемочных работ приступают к третьему этапу инженерно-геодезических изысканий – камеральной обработке данных результатов геодезической съемки (рисунок 4). Этот этап включает в себя экспорт данных полевых измерений из тахеометра в стационарный компьютер с целью их обработки и построения масштабного плана станции.

Обработка файлов данных инженерно-геодезических изысканий производится в специализированных программных продуктах, либо в системах для работы с пространственными данными. Первостепенное значение в процессе обработки результатов измерений имеет процесс уравнивания, заключающийся в сравнении полученных результатов с эталонными, сопровождаемый нахождением невязок и введением поправок.

Формирование цифровой модели местности (ЦММ) включает в себя построение ситуационного плана местности с высотной характеристикой объекта. Затем приступают к построению масштабных планов железнодорожных станций, продольных и поперечных профилей. В заключение формируется проектная документация в виде соответствующих текстовых и графических материалов, которая проходит согласование с госорганами.

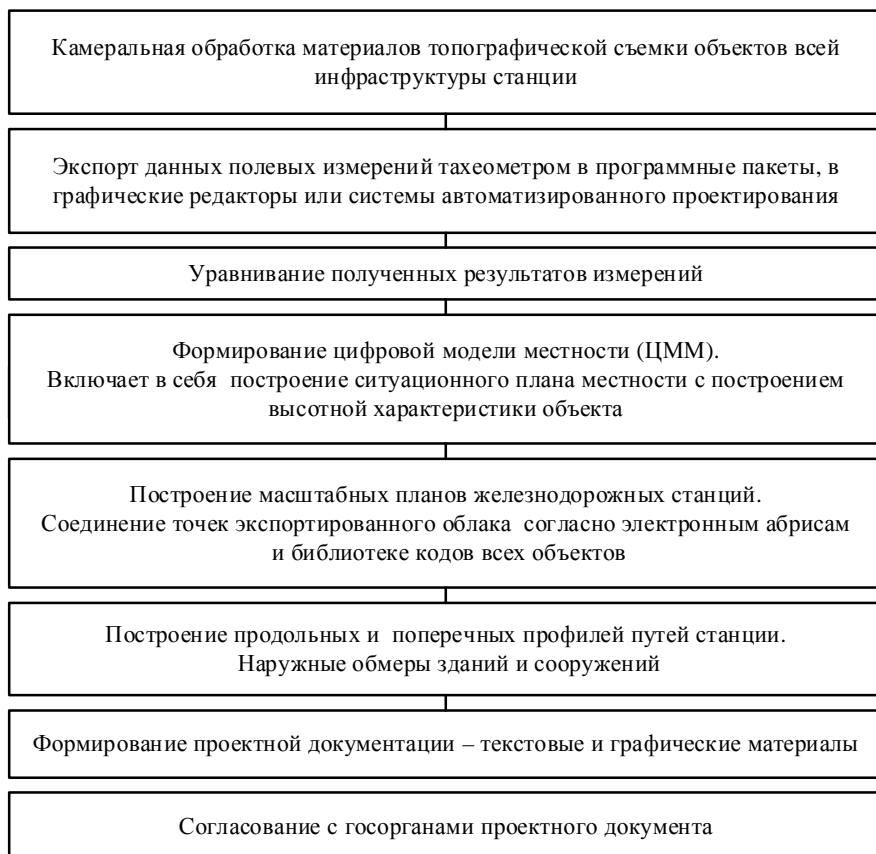


Рисунок 4 – Третий этап инженерно-геодезической съемки объектов железнодорожной станции

Для формирования методики эффективной инженерно-геодезической съемки объектов железнодорожных станций возникает вопрос о нормировании времени на съемку каждого из объектов путевого развития станции. При помощи нормирования определяется мера затрат труда, которая необходима для планирования работы геодезической бригады в целом, установления сроков выполнения работ, определения потребности в рабочей силе и оборудовании, рационального распределения работ и правильной высокоэффективной организации труда, определения эффективности использования ресурсов съемки и т. д.

В основу разработки норм времени положены следующие данные:

– материалы фотохронометражных наблюдений;



- результаты анализа организации труда;
- действующие технические инструкции на производство полевых топографо-геодезических работ;
- методические руководства;
- паспорта и технические характеристики приборов, оборудования, механизмов и другая справочная литература.

Нормы времени на инженерно-геодезическую съемку объектов путевого развития станции определяются по формуле

$$H_{вр} = T_{оп} (1 + a_{п.з} + a_{п.о} + a_{т.п} + a_{п.п}),$$

где  $T_{оп}$  – оперативное время, ч;  $a_{п.з}$  – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительные операции;  $a_{п.о}$  – коэффициент, учитывающий время на передвижение между объектами станций;  $a_{т.п}$  – коэффициент, учитывающий время на технические перерывы;  $a_{п.п}$  – коэффициент, учитывающий время в ожидании пропуска движущегося состава.

Нормы устанавливаются на бригаду при продолжительности рабочей смены 8 часов. На основе нормирования времени на съемку объектов путевого развития станции были разработаны технологические графики инженерно-геодезической съемки за одну рабочую смену (таблица 1) для парка приема сортировочной станции Барановичи-Центральные (рисунок 5).

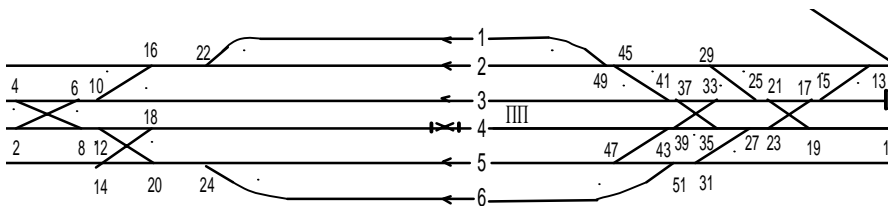


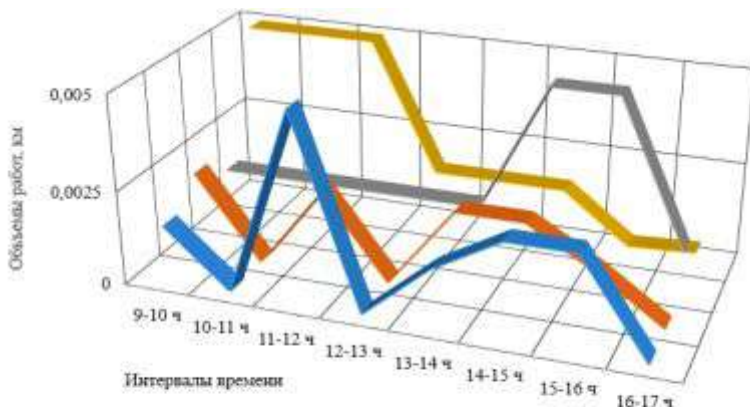
Рисунок 5 – Схема парка приема сортировочной станции

Аналогично были разработаны технологические графики с определением объемов работ для всех парков станции.

Результаты анализа приведены на рисунке 6. В парке приема в период с 9 ч до 14 ч объемы работ были примерно постоянными из-за съемки компактной горловины станции. С 14 до 17 ч произошло снижение объемов работы, вызванное переходом на съемку пути. Это связывается с тем, что увеличивается время на перемещение группы в поле, а съемка производилась через каждые 100 м. В парке отправления с 9 до 12 ч производилась съемка путей, так как в это время парк был свободен от подвижного состава, а в период с 12 до 17 ч проводилась съемка горловины. В сортировочном парке не удалось достигнуть максимальных результатов, так как за всю рабочую смену зафиксировано 3 часа простоя, вызванного остановкой всех видов работ по причине роспуска состава с сортировочной горки.

Таблица 1 – Технологический график инженерно-геодезической съемки нечетной горловины парка приема станции

№	Объекты станции	Нормы времени на операцию	Время, ч								Объем работ, км <sup>2</sup>		
			9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–16	16–17			
1	1-й путь. Прием поездов с направления Л и Ж	100 м – 0,1 ч											0,005
2	6-й путь. Прием поездов с направления Е	100 м – 0,1 ч											0,006
3	Съезд 15-13	1 с.п – 0,25 ч											0,0008
4	Глухое пересечение 21-19, 23-17	1 с.п – 0,25 ч											0,0016
5	Съезд 29-25	1 с.п – 0,25 ч											0,0008
6	Съезд 31-27	1 с.п – 0,25 ч											0,0008
7	Глухое пересечение 39-33, 37-35	1 с.п – 0,25 ч											0,0016
8	Съезд 45-41	1 с.п – 0,25 ч											0,0008
9	Съезд 47-43	1 с.п – 0,25 ч											0,0008
10	Стрелочный перевод 49	1 с.п – 0,25 ч											0,0004
11	Стрелочный перевод 51	1 с.п – 0,25 ч											0,0004
12	Сигналы, контактная сеть, осветительные устройства и т. п.												0,0008
Объем работ, км <sup>2</sup>			0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,005	0,005	0,0012	0,0192		



	9-10 ч	10-11 ч	11-12 ч	12-13 ч	13-14 ч	14-15 ч	15-16 ч	16-17 ч
■ сортировочная горка с горочной горловиной	0,0015	0	0,005	0	0,0015	0,0025	0,0025	0
■ сортировочный парк	0,0022	0	0,0022	0	0,0022	0,0022	0,0012	0
■ парк приема	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,005	0,005	0,0012
■ парк отправления	0,005	0,005	0,005	0,0016	0,0016	0,0016	0,0003	0,0004

Рисунок 6 – Объемы инженерно-геодезических изысканий для парков станции за одну рабочую смену

Максимальных объемов работ удалось достичь в парке отправления благодаря компактной горловине и наименьшей загруженности путей. Минимальные объемы были достигнуты в сортировочном парке. Сортировочный парк определяется как опасный объект. В период роспуска состава находиться в сортировочном парке запрещено, и производить съемочные работы категорически запрещается. Данный факт вызвал простои в работе геодезической группы. Съёмка путей заняла больше времени, так как в это время фиксировалась высокая занятость путей подвижным составом в ожидании формирования (рисунок 7).

В результате на съемку всех станционных объектов необходимо от 5 до 8 рабочих дней. Согласно единым нормам выработки на геодезических и топографических работах съемка железнодорожных станций относится к IV категории трудности работ. Нормативным объемом работ за одну рабочую смену является  $0,026 \text{ км}^2$ .

При оценке влияния технологии работы станции на процесс инженерно-геодезический изысканий был определен коэффициент использования ресурсов инженерно-геодезической съемки.

Коэффициент использования ресурсов съемки определяется из отношения расчетных объема работ к максимально возможному

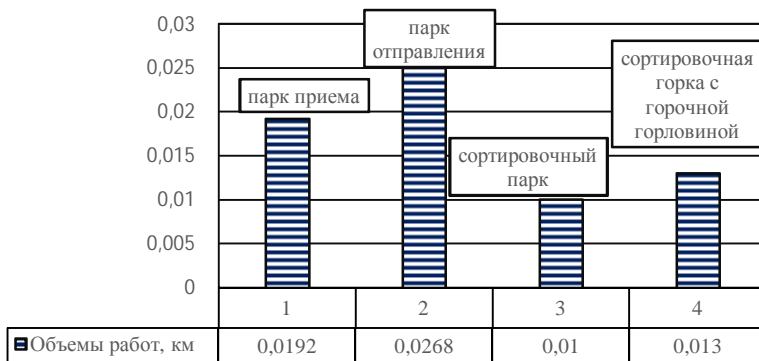


Рисунок 7 – Объемы инженерно-геодезических изысканий на станции за одну рабочую смену для каждого из парков

Нормативные значения  $\gamma$  достигаются только в парке приема. В парке отправления этот коэффициент равен 0,74. На сортировочной горке использовать ресурс геодезической съемки удалось только на 50 %, а минимальные значения были получены в сортировочном парке (рисунок 8).

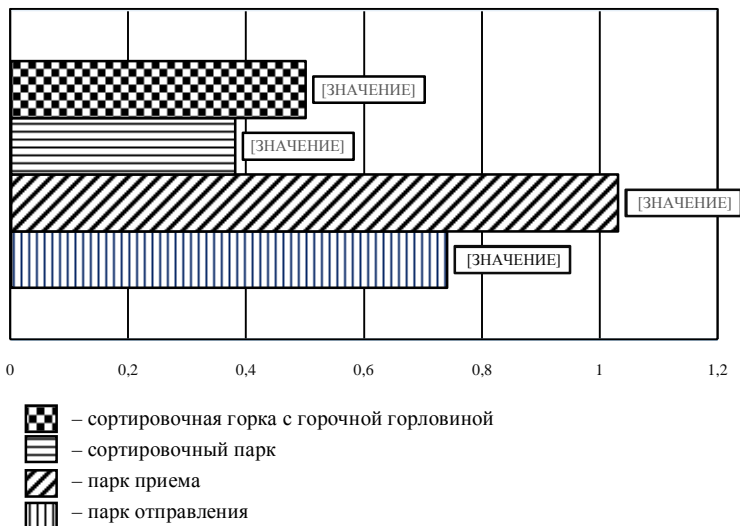


Рисунок 8 – Оценка уровня использования ресурса топографо-геодезической съемки в парках железнодорожной станции

Основной причиной, влияющей на скорость выполнения съемочных операций, является влияние операций, выполняемых на станции с поездами, а также конструктивные особенности путевого развития станции.

Эффективность выполнения инженерно-геодезических изысканий на станции определяется вероятностью проведения работ без ожиданий. Данный показатель связывается с вероятностью безотказной работы в каждом из парков станции и определяется по формуле

$$P_i(t) = (N_0 - n(t)) / N_0,$$

где  $N_0$  – продолжительность работы смены, 480 мин;  $n(t)$  – суммарное время простоя в работе съемочной бригады в связи с производством маневровой работы на станции, мин.

Вероятность безотказной работы всей сортировочной станции равна произведению вероятностей безотказной работы каждого из парков:

где  $n$  – число парков.

Расчеты показали, что наибольшую вероятность безотказной работы имеет парк приема, а наименьшие – сортировочная горка и сортировочный парк (рисунок 9).

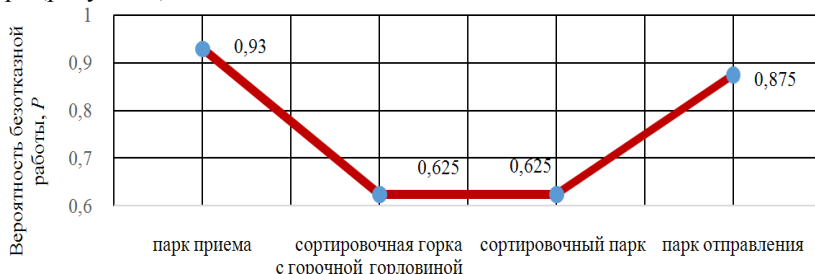


Рисунок 9 – Вероятность безотказной работы для каждого из парков сортировочной станции

Вероятность безотказной работы всей сортировочной станции составила 0,31. С увеличением объектов съемки вероятность уменьшается.

*I. P. DRALOVA*

## STAGES AND QUALITY OF PRODUCTION ENGINEERING AND GEODETIC SURVEYS AT RAILWAY STATIONS

Are being developed in stages of production of engineering and geodetic surveys at railway stations. Time is normalized for shooting each of the objects of the station's track development with the development of technological schedules for engineering and geodetic surveys of each of the station's parks. The quality, resource and reliability of engineering and geodetic surveys at the station are analyzed.

Получено 05.11.2020

УДК 656.225.073.4

*Н. А. КЕКИШ*

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

## **ВЛИЯНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ КОНТЕЙНЕРИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ**

В статье рассматривается влияние перспективной массовой контейнеризации железнодорожных перевозок на принципы проектирования путевого развития станций. Показано, что при применении контейнеров как основного технического средства перевозки в силу их отличительных особенностей произойдет неизбежная трансформация технологии выполнения грузовой и сортировочной работы. Последствием этого станет существенное сокращение потребности в путевом развитии станций всех типов. Проведенный анализ открывает новые потенциально возможные стратегические направления развития железнодорожной инфраструктуры.

Контейнеризация является на сегодняшний день ведущей тенденцией в грузовых перевозках на всех видах транспорта [1]. Контейнерная перевозка сочетает в себе высокие показатели сохранности груза, простые принципы распределения ответственности между сторонами перевозочного процесса, универсальную технологию перегрузки и хранения, возможность применения для широкой номенклатуры груза, исключительную адаптивность к внедрению в перевозочный процесс инновационных цифровых технологий. Все вышеперечисленное способствует ее быстрому распространению и обуславливает растущее влияние на все аспекты транспортировки. Наиболее наглядно влияние контейнеризации на морском транспорте, где крупнейшие порты за последние два десятилетия практически полностью были переоборудованы под работу именно с этой технологией перевозок. Инфраструктура железнодорожного транспорта не станет исключением. Технология контейнерных перевозок, постепенно вытесняя традиционные методы транспортировки грузов по железной дороге, неизбежно приведет к изменению принципов проектирования станций, которые должны будут отражать специфику продвижения и переработки массового контейнеропотока.

**Цель и задачи исследования.** Целью настоящего исследования является выявление характера и масштаба потенциального влияния массовых контейнерных перевозок на инфраструктуру железнодорожных станций и выделение перспективных направлений развития железнодорожных станций и узлов для эффективного освоения массового контейнеропотока. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

– анализ принципиальных отличий контейнерной перевозки грузов от традиционных способов транспортировки груза, обуславливающих возможное изменение требований к инфраструктуре;

– определение потенциального влияния перехода к массовым контейнерным перевозкам на инфраструктуру железнодорожных станций;

– определение основных перспективных направлений исследований, связанных с адаптацией развития железнодорожной инфраструктуры для эффективного освоения массового контейнеропотока.

**Потенциальная вероятность перехода к преимущественным перевозкам в контейнерах железнодорожным транспортом.** Прежде всего следует понять, насколько вероятным и насколько перспективным является переход к преимущественной контейнерной транспортировке в логистических цепях с участием железнодорожного транспорта. Основная ниша железной дороги на транспортном рынке – перевозки массовых грузов – на первый взгляд не представляется оптимальной для контейнеризации. Однако такой вывод можно сделать только в отношении универсальных контейнеров. Бурное развитие контейнерной отрасли и явная тенденция расширения модельного ряда контейнеров в сторону специализированных типов существенно меняют ситуацию. Фактически на сегодняшний день контейнерный парк крупнейших мировых производителей состоит из моделей, идентичных современному вагонному парку. Практически для любого груза, за исключением тяжелых грузов и грузов с высокими степенями негабаритности, есть модели контейнеров, учитывающие особенности их транспортной характеристики (таблица 1).

Таким образом, технические возможности контейнерного парка способны обеспечить охват преимущественной части грузопотока. Кроме того, контейнеризация позволит расширить долю железной дороги на рынке транспортных услуг в сегменте перевозок мелких и средних партий груза, в том числе за счет консолидированных отправок [2]. Поэтому вероятность перехода к массовым контейнерным перевозкам вместо перевозок в вагонах при благоприятной конъюнктуре транспортного рынка, учитывающей, прежде всего, уровень тарифов, является достаточно высокой для того, чтобы рассматривать ее как реальную перспективу.

**Основные аспекты потенциального влияния массовых контейнерных перевозок на требования к инфраструктуре станций.**

В технологии контейнерных перевозок заложен ряд принципиальных отличий от перевозок в вагонах, которые могут иметь ключевое значение с точки зрения изменения требований к инфраструктуре станций:

– возможность применять единый тип подвижного состава;

– возможность применять единые средства механизации погрузочно-разгрузочных работ и высокая скорость их выполнения

– возможность оперировать отдельными маркированными грузовыми единицами без выполнения операций с самим грузом и подвижным составом при переработке грузопотока и вагонопотока.

**Таблица 1 – Соответствие родов вагонов и типов контейнеров для перевозки грузов различных категорий**

Категория груза	Род вагона	Тип контейнера
Наливные грузы	Цистерна	Танк-контейнер Флекси-танк
Грузы, перевозимые насыпью и навалом	Крытый вагон Полувагон Вагон-хоппер Платформа Думпкар	Закрытый балк-контейнер с верхней загрузкой Универсальный контейнер* Контейнер типа Open Top** Контейнер-хоппер
Штучные грузы (габаритные и с низкими степенями негабаритности)	Крытый вагон Полувагон Платформа	Универсальный контейнер Контейнер типа Open Top** Контейнеры типа PL***
Пакетированные тарно-упаковочные грузы	Крытый вагон Полувагон Платформа	Универсальный контейнер Контейнер типа Open Top** Контейнеры типа PL***
Скоропортящиеся грузы; опасные грузы, требующие соблюдения особого температурного режима	Рефрижераторный вагон Вагон-термос Крытый вагон с утеплением	Рефрижераторный сухогрузный контейнер Криогенный танк-контейнер Контейнер-термос Универсальный контейнер с изотермическим вкладышем
<p>* Как правило, с использованием контейнерного вкладыша, включая модели HC и PW (увеличенные по высоте и ширине).  ** Контейнеры с боковыми и торцевыми стенками и открытым верхом, включая модели со съемной или сдвижной тентованной крышей.  *** Контейнеры на базе платформы, включая модели со стационарными, съемными, выдвижными угловыми стойками, складными торцевыми стенками.</p>		

Оценим влияние указанных факторов на контейнерные перевозки.

### **Единый тип подвижного состава**

Во-первых, в контейнерных перевозках есть возможность перехода на единый тип подвижного состава – фитинговую платформу. На сегодняшний день перевозки контейнеров также осуществляются на универсальных платформах, в полувагонах и на специализированных платформах для перевозки леса. Однако в данном случае речь не идет о сложившейся практике эксплуатации подвижного состава, а именно о потенциальной возможности перехода к единому типу. Стандартная конструкция контейнеров, в которой предусмотрены встроенные элементы крепления к подвижному составу по-



зволяет спроектировать и использовать новый тип универсального подвижного состава – своеобразную универсальную контейнерную платформу с количеством и расположением фитингов, которое подходило бы к контейнеру любого типа. Таким образом, для транспорта решаются сразу две сложнейшие проблемы:

- проблема определения нужной структуры вагонного парка;
- проблема минимизации порожнего пробега вагонов, особенно специализированных.

При массовой контейнеризации грузопотока основную часть вагонного парка будут составлять описанные выше универсальные контейнерные платформы, которые будут иметь минимальный порожний пробег в силу своей пригодности под погрузку любых контейнеров с любыми грузами либо порожних контейнеров. Существенная минимизация порожнего пробега вагонов непосредственно повлияет на размер потребного вагонного парка, а значит, и на необходимость в путях для отстоя вагонов на путях как общего, так и необщего пользования.

#### **Единые средства механизации погрузочно-разгрузочных работ**

Стандартная конструкция грузозахватных устройств контейнеров дает возможность использовать для широкой номенклатуры грузов одинаковые погрузочно-выгрузочные механизмы, причем каждый из этих механизмов (краны, контейнероперегрузжатели, ричстакеры) универсален для выполнения операций как погрузки, так и разгрузки подвижного состава. Грузовые операции с контейнерами занимают, как правило, значительно меньше времени, чем аналогичные операции с грузом такого же объема и транспортных характеристик при перевозке в вагонах. Существенно расширяются возможности для выполнения двояких операций. Использование унифицированных грузовых фронтов для различных грузов повышает эффективность их использования, сокращает объем маневровой работы и простой вагонов под грузовыми операциями, и, следовательно, сокращает потребное количество и длину таких путей. Все универсальные контейнеры и значительная часть специализированных контейнеров допускают многоярусное штабелирование, что также способствует сокращению потребной длины грузового фронта, и, соответственно, путей, используемых для простоя вагонов под грузовыми операциями.

#### **Оперирование отдельными грузовыми единицами**

При контейнеризации грузопотока перевозчик оперирует отдельными маркированными стандартизированными грузовыми единицами. Причем здесь эта «отдельность» выступает и как изоляция одной грузовой единицы от другой, и как изоляция кузова контейнера от подвижного состава. Отсутствуют операции с самим грузом, так как погрузка и выгрузка груза происходят на стороне грузовладельца. Подвижной состав при этом, как правило,

не задействован, поскольку операции с грузом происходят при снятом с вагона контейнере. Продолжительность подготовительных, грузовых, заключительных операций с грузом и контейнером (специальное оборудование контейнера для перевозки, размещение и крепление груза, снятие креплений, очистка, промывка после перевозки и т. п.) таким образом не влияет на простой подвижного состава и на занятие им путей. Более того, конструкция ряда контейнеров и технология выгрузки груза из них существенно минимизируют продолжительность очистки контейнера или даже полностью устраняют необходимость ее выполнения (выгрузка с переворотом или наклоном контейнеров открытого типа, выгрузка с удалением внутреннего резервуара флекси-танка, выгрузка под давлением или под действием силы тяжести из контейнеров закрытого типа с вкладышем).

Следует отметить и такой аспект, как ремонт подвижного состава. В случае с контейнерами ремонт кузова контейнера отделен от ремонта ходовой части в отличие от вагона. Ходовая часть (сама фитинговая платформа) и контейнер являются легко заменяемыми частями общего интегрированного средства перевозки. При выходе из строя одной из этих частей она может быть сразу же заменена на аналогичную исправную без простоя второй части. Таким образом, необходимое количество путей для простоя вагонов, находящихся в ремонте или ожидающих его, сведется к числу путей, задействованных под простой нуждающихся в ремонте фитинговых платформ – ходовой части интегрированного технического средства контейнерной перевозки. Ремонт самих контейнеров производится на земле и путей для простоя не требует.

Три описанных выше фактора, как по отдельности, так по сумме их действия, позволяют сделать однозначный вывод: массовая контейнеризация потока приведет к существенному сокращению потребности в путях, связанных с выполнением грузовых операций. Это сами грузовые фронты, пути для отстоя вагонов в ожидании выполнения грузовых операций или после них, пути для очистки, промывки, ремонта подвижного состава. Наиболее значительно изменение технологии перевозок может повлиять на конструкцию парков промывочно-пропарочных станций (ППС): от оборудования их перегрузочными механизмами для выполнения операций очистки танк-контейнеров на земле до полной замены железнодорожных платформ для доставки танк-контейнеров к месту очистки (и, соответственно, путей под ними) альтернативными устройствами для перемещения контейнеров (конвейерами, автоматически управляемыми тележками AGV [3], порталными контейнеровозами). В последнем случае потребность в путях для ППС сократится от целых парков до одного-двух путей, обеспечивающих поступление контейнеров на станцию и вывоз их после обработки. Более того, в отличие от железнодорожных цистерн завоз контейнеров для обработки и вывоз их с ППС может быть организован автотранспортом. Кроме того, все более широкое распро-

странение контейнеров типа флекси-танк с одноразовым внутренним резервуаром и постоянное совершенствование их прочностных характеристик, позволяющих использовать такой контейнер и для перевозки опасных грузов, устраняет необходимость в операции промывки цистерны как таковой, что еще больше снижает потенциальную нагрузку на ППС и потребность в путевом развитии для реализации технологии ее работы. Аналогичное влияние массовая контейнеризация перевозок может оказать и на путевое развитие других пунктов, связанных со специальной очисткой подвижного состава (пункты дезинфекции, ветеринарно-санитарной обработки вагонов, дезактивации).

Теперь рассмотрим, как эти три принципиальных отличия могут проявить себя в инфраструктуре сортировочных и участковых станций, задействованных в переработке вагонопотока. Как и в случае с ППС, здесь следует ожидать принципиального изменения технологии работы. Очевидно, что при массовой контейнеризации технология переработки вагонопотока трансформируется в технологию переработки контейнеропотока. Единый тип подвижного состава позволяет минимально переформировывать поезда (в пределах прицепки-отцепки отдельных групп, если необходимо увеличить или сократить длину состава). Изменение состава поезда в смысле состава грузопотока, который он транспортирует, происходит путем полной или частичной замены контейнеров в этом поезде на другие контейнеры. Это могут быть контейнеры из других транзитных поездов или местные контейнеры. Технология сортировочной работы по сути своей трансформируется в технологию перегрузочной станции со сменой ширины колеи, выполняющей перестановку контейнеров с вагона на вагон и между вагонами и промежуточными площадками. Линия переработки контейнеропотока на технических станциях становится интегрированным модулем, в котором сочетаются функции приема и отправления поездов, переработки транзитного грузопотока (сортировки контейнеров и расстановки их на вагоны в составы согласно плану формирования), переработки местного грузопотока (выгрузки контейнеров в зону прибытия, погрузки их на вагоны из зоны отправления). Из этой технологической линии практически исключены расформирование и окончание формирования поездов, подачи-уборки вагонов с контейнерами на места общего пользования. Технологическая линия массовой переработки контейнеропотока на линиях с тепловозной тягой не нуждается в отдельных парках прибытия, отправления, сортировки, сортировочных устройствах. Все эти элементы путевого развития могут быть заменены своеобразным перегрузочным парком с путями, площадками временного хранения местных контейнеров и промежуточными площадками передачи контейнеров между зонами работы отдельных кранов. На площад-

ках временного хранения и на промежуточных площадках могут быть реализованы технологии совместной синхронной работы AGV и кранов [4]. Для технических станций на электрифицированных направлениях парки прибытия и отправления останутся частью технологической линии переработки контейнеропотока, поскольку этап сортировочной работы может быть реализован только в парке без контактной сети. При наличии поездных электровозов, допускающих прохождение даже небольшого участка пути в автономном режиме тяги (без контактной сети), инфраструктурное обеспечение технологической линии переработки контейнеропотока также может быть реализовано в виде единого перегрузочного парка.

**Интеграция цифровых технологий в контейнерные перевозки и ее влияние на инфраструктуру станций.** Контейнерные перевозки являются лидерами в процессе интеграции цифровых технологий в перевозочный процесс. Учитывая потенциальный переход от сортировки вагонов к перегрузке контейнеров, наибольший интерес представляют собой технологии автоматизации перегрузки. На сегодняшний день в работе морских контейнерных терминалов уже хорошо зарекомендовали себя автоматизированные козловые краны на рельсовом ходу (Automated Rail-Mounted Gantry Crane – ARMG), обеспечивающие автоматическое перемещение и штабелирование контейнеров. Система позиционирования распознает четыре угла контейнера, а система подвижных зеркал и лазерных лучей выполняет объемное сканирование пространства и позволяет избежать столкновений даже при очень интенсивном темпе перегрузки [5]. Стандартная нумерация контейнеров создает отличные возможности для работы систем оптического распознавания и других технических средств контроля, которые позволят в значительной степени автоматизировать коммерческий осмотр, сбор, обработку и передачу данных о продвижении контейнеров в режиме реального времени, как показывает опыт работы портовых терминалов [6]. В интегрированном модуле переработки контейнеропотока – перегрузочном парке – может параллельно идти обработка сразу нескольких поездов. Благодаря комплексной обработке информации обо всех поступающих контейнерах в автоматическом режиме может быть задан оптимальный алгоритм их перестановки с учетом приоритета по отправлению, определен порядок штабелирования на промежуточных площадках и в зонах прибытия и отправления. Это не только ускоряет обработку транзитных поездов, и, соответственно, снижает потребность в путях перегрузочного парка на самой станции, но и позволяет выполнить подборку вагонов с контейнерами в поездах, обслуживающих местный вагонопоток (сборных, передаточных, вывозных) с заданным, сколь угодно высоким уровнем детализации (вплоть до отдельных грузовых фронтов). Таким образом, сортировочная работа про-

межучастковых и грузовых станций сводится к расцепке местных поездов на предварительно подобранные группы, что существенно снижает их потребности как в путях, так и в сортировочных устройствах.

Переход на электронный документооборот и широкое внедрение устройств бесконтактной идентификации и IoT на контейнерах [7] в перспективе может позволить осуществлять завоз/вывоз контейнеров непосредственно на технические станции, в зоны прибытия и отправления, минуя места общего пользования, что существенно сократит и территорию, и потребное путевое развитие грузовых терминалов.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований.**

1 Современные технические средства контейнерных перевозок позволяют охватить преобладающую часть грузопотока, отвечая требованиям транспортной характеристики очень широкой номенклатуры грузов. Тенденция к все большей специализации контейнеров еще более расширяет этот спектр. При благоприятной конъюнктуре транспортного рынка и соответствующем нормативном обеспечении контейнеризация грузопотока может стать ведущей технологией перевозки грузов с участием железнодорожного транспорта.

2 Изолированное и комплексное влияние трех принципиальных отличительных особенностей технологии контейнерной перевозки (возможность применения единого типа подвижного состава, единых средств механизации погрузочно-разгрузочных работ и оперирование отдельными стандартными грузовыми единицами) при массовом характере контейнерных перевозок потенциально приведет к существенному снижению потребности в путевом развитии станций всех типов. Это связано как с повышением скорости выполнения операций с контейнерами по сравнению с операциями с грузами в вагонах, так и с изменением самой технологии обработки грузопотока и вагонопотока.

3 Цифровые технологии, интегрируемые в процесс обработки контейнеропотока, являются дополнительным фактором, стимулирующим сокращение потребной инфраструктуры на всех этапах перевозочного процесса.

Дальнейшие исследования в области инфраструктурных изменений, связанных с потенциальным переходом на массовые контейнерные перевозки, предполагают работу по следующим направлениям:

- оценка темпов и масштабов контейнеризации в перевозках с участием железнодорожного транспорта;

- разработка комплексной технологии переработки массового контейнеропотока на всех этапах перевозочного процесса;

- разработка рациональных схем путевого развития станций в условиях переработки массового контейнеропотока с учетом необходимости выделения линий переработки неконтейнеризируемых вагонопотоков;

- интеграция цифровых технологий в контейнерные перевозки с участием железнодорожного транспорта;
- разработка и обоснование стратегических направлений развития инфраструктуры железнодорожного транспорта при массовой контейнеризации грузопотоков, определение инвестиционной стратегии.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Панасенко, Н. Н. Контейнеризация международной транспортной системы / Н. Н. Панасенко, П. В. Яковлев // Вестник АГТУ. Серия: Морская техника и технология. – 2016. – № 25. – С. 103–114.
- 2 Dynamic and Synchromodal Container Consolidation: The Cloud Computing Enabler / A. Tsertou, [et al.] // Transportation Research Procedia. – 2016. – No. 14. – P. 2805–2813.
- 3 Multi-AGV scheduling for conflict-free path planning in automated container terminals / M. Zhong [et al.] // Computers & Industrial Engineering. – 2020. – No. 142. – C. 248–257.
- 4 Yard crane and AGV scheduling in automated container terminal: A multi-robot task allocation framework / X. Chen [et al.] // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2020. – No. 114. – P. 241–271.
- 5 Kress, D. An exact solution approach for scheduling cooperative gantry cranes / D. Kress, J. Dornseifer, F. Jaehn // European Journal of Operational Research. – 2019. – Vol. 273, is. 1. – P. 82–101.
- 6 Improving the Security of Containers in Port Related Supply Chains / J. Scholliers, A. Permala, S. Toivonen, H. Salmela // Transportation Research Procedia. – 2016. – No. 14. – C. 1374–1383.
- 7 Improved security for commercial container transports using an innovative active RFID system / F. Rizzo [et al.] // Journal of Network and Computer Applications. – 2011. – Vol. 34, is. 3. – P. 846–852.

*N. A. KEKISH*

### **IMPACT OF PERSPECTIVE CONTAINERIZATION OF TRANSPORTATION ON PRINCIPLES OF RAILWAY STATION INFRASTRUCTURE DESIGN**

The article examines the influence of the prospective mass containerization of railway transportation on the principles of designing the track development of stations. It is shown that when using containers as the main technical means of transportation, due to their distinctive features, an inevitable transformation of the technology for performing cargo and marshalling operations will occur. The consequence of this will be a significant reduction in the need for track development of stations of all types. The performed analysis opens up new potentially possible strategic directions for the development of railway infrastructure.

Получено 09.11.2020

УДК 656.02

*О. В. КИЗИМ*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

*kyzim\_ov@mail.ru*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕГИОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Выполнен анализ фактического состояния инфраструктуры железнодорожного, автомобильного и водного транспорта Ямало-Ненецкого автономного округа. Выявлены особенности функционирования транспорта в регионе, общие тенденции. Сформулированы задачи развития транспортного комплекса ЯНАО. Проведен анализ существующих проектов развития транспортной инфраструктуры ЯНАО, отмечены их эффективность и недостатки. Сделан вывод, что наибольшее развитие должен получить железнодорожный транспорт как единственный регулярный бесперебойный круглогодичный вид транспорта. Этот вывод подтверждается проектом Северного широтного хода, который реализует ОАО «РЖД». Кроме того, развитие железнодорожной инфраструктуры региона повлечет за собой дополнительные проекты, позволяющие осваивать сырьевые районы Крайнего Севера круглогодично.

Одним из ключевых факторов экономического развития труднодоступных регионов является транспортное обеспечение. При развитии логистики в Сибири и Крайнем Севере можно столкнуться с проблемами климата, ограниченным режимом работы дорог, отсутствием транспортной инфраструктуры. При оптимизации доступности регионов учитываются следующие показатели:

- пиковый характер поставки материально-технических ресурсов в адрес нефтегазовых комплексов;
- большое число мест отгрузки в разных странах мира или регионах России;
- сезонные ограничения;
- высокая стоимость работ в регионах Крайнего Севера.

Современная транспортная система Ямало-Ненецкого автономного округа сформирована в результате осуществления крупномасштабной программы по развитию нефтегазовой промышленности в 1970–1990 годах. В результате того, что регион осваивался точно, вся транспортная сеть разобрана.

Принято выделять два региона: восточный и западный. Основная транспортная задача состоит в объединении двух регионов путем наземного транспорта – железнодорожного и автомобильного. В основе западного ре-

гиона лежит крупнейшая транспортная ось: река Обь, к которой в районе города Лабытнанги подходит Северная железная дорога [3]. Промышленно-транспортный узел Салехард – Лабытнанги является основой всей транспортной сети. Именно здесь происходит перевалка больших объёмов грузов с железнодорожного транспорта на водный и обратно. Железная дорога Обская–Бованенко–Карская предназначена для доставки грузов, с помощью чего осваивается полуостров Ямал.

Восточная часть региона имеет относительно развитую транспортную инфраструктуру. Основой транспортной сети является железнодорожный участок Новый Уренгой – Тюмень и средние по размерам реки: Надым, Пур, Газ. Первоначально основной грузопоток проходил по реке Обь в порты Надым и Коротчаево. В настоящий момент данные порты активно используются для организации северного завоза. Автомобильная сеть Восточного транспортного района ЯНАО относительно развита и имеет выход на единую автодорожную систему России.

Железнодорожным транспортом основной грузопоток идет с севера на юг в сторону Тюмени. Общая протяжённость железнодорожного сообщения региона составляет 1390 километров. Основной грузопоток железнодорожного транспорта по территории ЯНАО составляют нефть и нефтепродукты, минеральные удобрения, строительные материалы, сельскохозяйственные грузы, лес, продукцию машиностроения и др. Развитие железных дорог в ЯНАО в первую очередь связано с освоением нефтегазовых месторождений.

Железнодорожная сеть Ямала состоит из двух частей: Западной (железнодорожная ветка Чум – Лабытнанги) и Восточной (железнодорожная ветка Сургут – Новый Уренгой). Строительство участков Коротчаево – Надым и Новый Уренгой – Ямбург не завершено. Основной задачей функционирования построенных участков на сегодняшний момент является доставка материально-технических ресурсов для обеспечения потребностей нефтегазовых месторождений в северной части Надым-Пур-Тазовского региона и снабжение населения этого района всем необходимым.

Для освоения и эксплуатации Бованенковского, Харасавэйского и прилегающим к ним нефтегазовых месторождений потребовалось строительство нового участка железной дороги: Обская – Бованенково – Карская. Из-за сложности климатических, геологических, гидравлических и геокриологических условий данный проект является уникальным, не имеющим аналогов в мире.

На сегодняшний день железные дороги региона принадлежат различным собственникам: ОАО «РЖД», ОАО «Ямальская железнодорожная компания» (ОАО «ЯЖДК») и ПАО «Газпром». Станция Коротчаево является границей между ОАО «РЖД» и ОАО «ЯЖДК». Общая характеристика участка приведена в таблице 1.



Таблица 1 – Протяженность железнодорожной сети ЯНАО

Участки пути	Протяженность, км
Газпром: Новый Уренгой – Ямбург	235
Газпром: Надым – Пангоды	90
Газпром: Обская – Бованенково	525
ЯЖДК: Коротчаево – Пнгоды	229
РЖД: Коротчаево – Войновка	1259

Железнодорожный транспорт – это единственный вид транспорта, который способен работать круглогодично. Однако по своей протяженности, технической готовности, конфигурации он не способен обеспечить развитие региона даже в ближайшей перспективе [4].

Все дороги однопутные, неэлектрифицированные, имеют низкую пропускную способность. Также железнодорожная сеть региона характеризуется отсутствием больших административных центров, старением и критическим износом основных фондов.

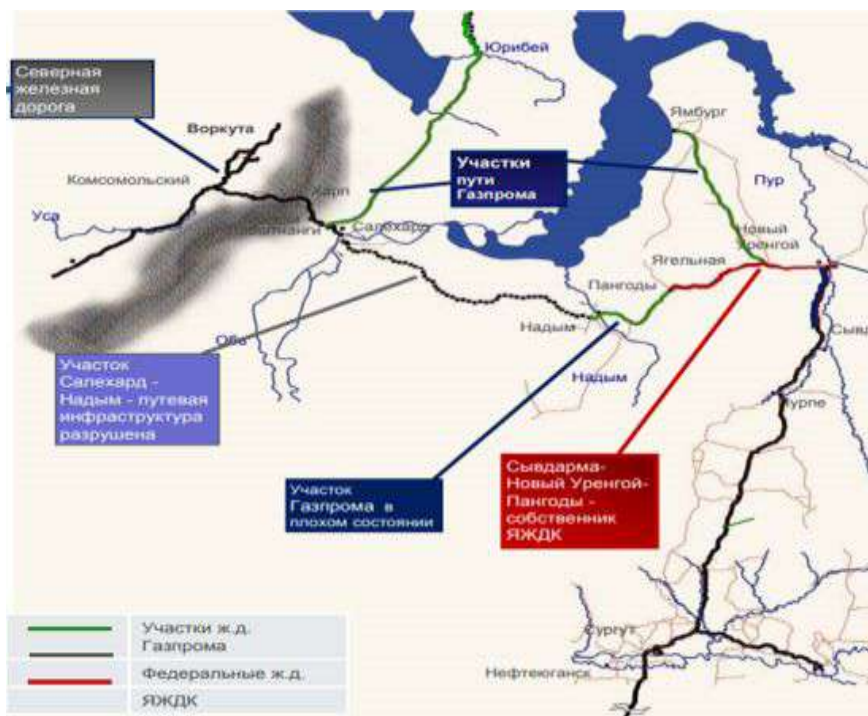


Рисунок 1 – Железнодорожная сеть ЯНАО

Перевозка автомобильным транспортом осуществляется на короткие расстояния, так как автомобильная сеть дорог не развита. Автомобильный транспорт широко используют для внутрирегиональных перевозок. Протяженность автодорог составляет 6 тыс. км, из них порядка 60 % являются ведомственными и 23 % функционируют только в зимний период («зимники»). Автотранспортная сеть региона характеризуется большим количеством низкой технической категории, высокой аварийностью и недостаточным сервисным обслуживанием.

Анализ транспортного обеспечения Ямало-Ненецкого автономного округа в настоящий момент дает следующую картину:

1 Железнодорожная сеть региона, основная деятельность которой направлена на обеспечение освоения и эксплуатации нефтегазовых месторождений, состоит из двух несмыкающихся участков с выходами в Республику Коми и ХМАО – Югра и не образует единой системы на территории региона.

2 Автомобильная сеть дорог с твердым покрытием не имеет достаточно-го уровня развития, сильно зависима от погодных условий и обеспечивает связь с общероссийской автотранспортной системой только по направлению Надым – Сургут.

3 Речные транспортные пути незаменимы в обеспечении районов, где практически отсутствуют сухопутные транспортные магистрали. На данный момент все речные порты имеют соединение с железнодорожными магистралями региона. Внутренние водные пути проходят по меридиональному направлению, хотя основной грузопоток в основном ориентирован широтно и имеют сильно выраженную сезонность.

4 Использование морских транспортных путей имеет ярко выраженную сезонность.

Основными задачами развития транспортного комплекса ЯНАО являются:

1) формирование единого транспортного пространства на территории округа;

2) гарантированное обеспечение необходимых объемов грузопотоков вывоза и ввоза с учетом прогнозируемого развития региона;

3) обеспечение необходимого уровня транспортной доступности регионов и населенных пунктов, обеспечение безопасного функционирования транспорта;

4) интеграция транспортного комплекса ЯНАО в составе транспортного комплекса России в мировую транспортную систему.

Учитывая, что железнодорожный транспорт – это единственный вид транспорта круглогодичного действия, проекты развития транспортной системы региона основываются в основном на этом виде транспорта. Разработаны несколько проектов развития транспортного комплекса региона.

Первый вариант предполагает преимущественное развитие Северного широтного хода и строительство (частичное восстановление) железнодо-

рожной ветки Салехард – Надым. От станции Лабитнанги до Салехарда запроектирован железнодорожный мост через реку Обь, длина которого с подходами составляет 39 км. С другой стороны железнодорожной ветки – станции Надым – также предусмотрена мостовая переправа, через реку Надым, протяженностью 2 км. Эта мостовая переправа соединит проектируемую станцию Надым со станцией Хорей железнодорожной ветки принадлежности ПАО «Газпром». Железнодорожный участок Надым – Хорей существует, однако для открытия магистрального движения требуется выполнить реконструкцию. По предварительному плану затрат на строительство Северного широтного хода по такому варианту необходимо порядка 236,7 млрд рублей.

Такой вариант развития железнодорожного транспортного комплекса позволяет соединить несмыкающиеся участки западного и восточного транспортных районов ЯНАО и открыть сквозной ход между Северной и Свердловской железными дорогами, что сократит дальность перевозки грузов до 500 км.

Однако, при таком варианте по-прежнему остаются открытыми вопросы выхода на морское побережье: на полуострове Ямал транспортом круглогодичного действия остается только участок железной дороги ПАО «Газпром» от станции Обская до станции Карская. Отсутствует соединение с портами Саббета и Харасавей. Этим проектом не предусматривается транспортное обеспечение Гыданского полуострова, что в дальнейшем вызовет затруднения в освоении полуострова.

Другой вариант предполагает сохранить существующую ситуацию и не соединять несмыкающиеся участки западного и восточного транспортного районов. Вместо этого направить вектор развития на транспортное обеспечение морских портов и соединить порты Саббета и Харасавей с участком железной дороги принадлежности ПАО «Газпром»: строительство подъездного пути длиной 110 км от разъезда «400 км» до поселка Сеяха и дальше от Сеяхи до Сабетты 130 км вдоль линии берега; организация регулярного (железнодорожного или автомобильного – по обоснованию) движения от станции Карская до порта Харасавей. Кроме того, от Сеяхи до Тадебяхи (63 км) можно организовать речное сообщение летом посредством железнодорожного паромы, зимой – паромы с ледокольной поддержкой. Это позволит соединить западный транспортный район ЯНАО с Гыданским полуостровом. Альтернативным решением в этом варианте развития транспортной инфраструктуры ЯНАО для соединения полуостровов Ямал и Гыданский является строительство подъездного пути длиной 146 км от Бованенково до поселка Сабетта и организация от Сабетты до Гыданского полуострова паромно-баржевой переправы с ледокольной поддержкой зимой.

Недостатком этого варианта развития инфраструктуры, в первую очередь, является то, что железнодорожная инфраструктура по-прежнему оста-

ется разрозненной, западная и восточная ветви железной дороги не смыкаются в единую сеть, и теряется возможность соединения Северной и Свердловской железных дорог, что позволило бы ускорить продвижение грузов Северного морского пути в Уральский регион Российской Федерации.

Варианты 3 и 4 также не предполагают развитие железнодорожной инфраструктуры путем соединения западной и восточной железных дорог ЯНАО, основное направление в этих вариантах – локальное повышение уровня транспортного обеспечения Гыданского полуострова и полуострова Ямал.

В соответствии с вариантом 3 предполагается разобщенное развитие восточного и западного транспортных районов ЯНАО. В восточном районе предполагается соединение наземным транспортном станции Карская и порта Харасавей. Причем строительство железнодорожной линии в этом случае не представляется целесообразным. Соединение порта Саббета с железнодорожной линией Обская – Бованенково не предусматривается, транспортировка грузов через порт Саббету на полуостров рассматривается существующими способами. Такой вариант не является рациональным, так как порт Саббета получил существенное техническое развитие, которое позволяет включить его в трассу Северного Морского Пути.

В западном транспортном районе региона согласно этому варианту развития транспортной инфраструктуры предполагается восстановление железнодорожного участка Новый Уренгой – Ямбург. В настоящее время отмечается низкое техническое состояние железнодорожного пути Новый Уренгой – Ямбург. Усилия ЯЖДК – оператора этой линии – были направлены на поддержание в рабочем состоянии железнодорожного хода Новый Уренгой – Надым. ПАО «Газпромтранс» не взял эту дорогу в эксплуатацию по причине плохого состояния и неперспективности. При этом по подсчетам специалистов текущая пропускная способность железнодорожной линии одна пара поездов в сутки обеспечивает перевозку около 1 млн т/год. После восстановления инфраструктуры линии пропускная способность повысится до трех пар поездов в сутки и соответственно 3 млн т/год. Развоз грузов по точкам выгрузки Гыданского полуострова, согласно проекту, осуществляется речными судами с ледокольной поддержкой зимой.

Еще один вариант развития транспортной инфраструктуры рассматриваемого региона предусматривает соединение железнодорожной линией станции Карская и порт Харасавей. Железнодорожная линия должна быть также построена от линии Обская – Бованенково до поселка Новый Порт. В дальнейшем от Нового Порты до Ямбура предполагается организация паромно-баржевой переправы с ледокольной поддержкой зимой.

Учитывая важность для территории развития железнодорожной транспортной составляющей, задачами являются не только обеспечение движения грузопотоков в пределах региона и транспортное обеспечение нефтегазовых

месторождений, но и полноценное включение региона в транспортную сеть страны, сокращение протяженности транспортных маршрутов от месторождений в северных районах Западной Сибири до портов Балтийского, Белого, Баренцева морей, а также развитие Арктической зоны Российской Федерации. Поэтому наиболее перспективным является первый вариант, который предполагает соединение западной и восточной железнодорожных линий. Именно этот вариант принят ОАО «РЖД» в Транспортную стратегию Российской Федерации на период до 2030 года.

Между ОАО «РЖД» и ПАО «Газпром» заключено соглашение, в соответствии с которым в рамках строительства магистрали ПАО «Газпром» построит и введёт в эксплуатацию железную дорогу Надым – Пангоды протяжённостью 112 километров. ОАО «РЖД» в рамках своей инвестиционной программы выполнит реконструкцию примыкающих участков Коноша – Котлас – Чум – Лабитнанги Северной железной дороги, включая станцию Обская, а также железнодорожной линии Пангоды – Новый Уренгой – Кортчаево Свердловской железной дороги.

ЯНАО обеспечит возведение автомобильной части моста через Обь, а также предоставит в федеральную собственность земельные участки, необходимые для строительства магистрали, обеспечит доступ строителей к водным объектам и лесным участкам, предоставит налоговые льготы.

СПК-концессионер по концессионному соглашению обеспечит финансирование, строительство и эксплуатацию линии Обская – Салехард – Надым. В частности, будет построена железнодорожная часть моста через реку Обь и подходы к ней, новый железнодорожный участок Салехард – Надым (353 км), а также железнодорожная часть моста через реку Надым и подходы к ней.

При этом планы разработчиков продолжают корректироваться, правда, на сей раз в сторону увеличения. Так, в феврале 2019 года стало известно о решении удлинить Северный широтный ход. Продолжение магистрали ещё одним плечом обеспечит возможность наземных подходов к портам Дудинка и Игарка на трассе Северного морского пути и создание железнодорожного сообщения с Норильском. В свою очередь, это позволит осваивать сырьевые районы Крайнего Севера круглогодично.

Проект строительства железной дороги Бованенково – порт Сабетта (так называемый Северный широтный ход-2) предлагается реализовать как дополнительный. Этот проект тесно смыкается с Северным широтным ходом-1. Он предполагал строительство и эксплуатацию железнодорожной линии – продолжения Северного широтного хода. Реализация проекта позволит сделать Северный широтный ход-2 самой северной железной дорогой в России, а Сабетту – самым восточным портом Северного морского пути с подведённой железной дорогой.

При таком подходе к развитию транспортной инфраструктуры Ямало-Ненецкого автономного округа региональная транспортно-логистическая

система может быть рассмотрена в качестве элемента глобальной макрологистической системы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Каткова, С. Транспортная система ЯНАО: видовая конкуренция или синергия? / С. Каткова, О. Гопкало // Морские порты. – 2013. – № 9(120). – С. 54–59.

2 Пак, М. В. Северный широтный ход как основа транспортной обеспеченности России. / М. В. Пак // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2019. – № 4, ч. 2. – С. 69–74.

3 Инвестпроекты. Северный широтный ход / ОАО «РЖД» [Электронный ресурс] : офиц. сайт. Режим доступа: <https://company.rzd.ru/ru/9382/page/103290?redirected&id=16988>. – Дата доступа 11.08.2020.

*О. В. KIZIM*

#### RESEARCH OF OPTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN THE FAR NORTH REGIONS

The analysis of the actual state of the railway, road and water transport infrastructure of the Yamalo-Nenets Autonomous region is performed. The features of transport functioning in the region and General trends are revealed. The tasks of development of the transport complex of the Yamal-Nenets Autonomous district are formulated. The analysis of existing projects for the development of transport infrastructure in the Yamal-Nenets Autonomous district, their effectiveness and disadvantages are noted. It is concluded that the greatest development should be given to railway transport as the only regular uninterrupted year-round mode of transport. This conclusion is confirmed by the Northern latitudinal route project implemented by Russian Railways. In addition, the development of the railway infrastructure in the region will entail additional projects that allow developing the raw materials areas of the Far North all year round.

Получено 26.10.2020

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2020**

---

УДК 621.796.5

*Е. В. КИЗИМ, Е. А. ОВЧИННИКОВА, Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ*  
*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*  
*kizimevgeny@gmail.com, bogdanelena@yandex.ru, pazoyskiy@mail.ru*

#### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАЛЛЕТНОГО ХРАНЕНИЯ В СКЛАДАХ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ СТЕЛЛАЖЕЙ

Рассмотрены широкопроходные, узкопроходные, набивные и шатловые, гравитационные складские системы хранения. Для каждой системы обозначены отличии-

тельные особенности и условия применения. Для систем хранения с гравитационными стеллажами определена эффективность использования полезной площади склада. Обозначены направления дальнейших исследований вопросов стеллажного хранения.

Современная система логистики, а также прибыль предприятий во многом зависит от того, насколько качественно и продуманно устроены склады, какое технологическое оборудование используется и каковы его функциональные возможности. В цепочке поставок издержки на складское хранение могут составлять до 50 % стоимости товаров. Поэтому минимизация этих издержек становится важным конкурентным фактором для торговых компаний. Помочь в сокращении расходов может знание того, какие складские системы хранения товаров наиболее приемлемы для конкретного ассортимента продукции, объемов хранения и оборачиваемости склада. Правильный выбор стеллажей может значительно сократить затраты на персонал, электроэнергию, эксплуатационные расходы и увеличить эффективную площадь склада.

Хранение на складских площадях в ячейках происходит следующими способами: миксованных товаров, моноартикулов.

При системе хранения, которая использует моноартикульные ячейки, в каждую ячейку помещается только товар одного артикула. Для складов, которые занимаются отгрузкой товара по небольшим заказам, предусматривается система хранения со штучным отбором товара из ячеек для мелких заказов и паллетным отбором из зоны паллетного хранения для оптовых заказов. Для складов, деятельность которых связана исключительно с оптовыми заказами предусматривается только зона паллетного хранения.

Зоны паллетного хранения оборудуются паллетными стеллажами. Они классифицируются по способу размещения в них грузов: широкопроходные, узкопроходные, набивные и шатловые, гравитационные.

Перечисленные складские системы хранения далее будут рассмотрены подробно.

Широкопроходное хранение – система хранения, при которой используют ширину рабочего коридора до 3,5 метров. Благодаря вместительному проходу техника совершает поворот на 90 градусов с грузом. Расстояние между металлическими стеллажами должно быть порядка 2,2–3,5 м. В зависимости от разновидности погрузочно-разгрузочной техники и ее габаритов проектируют высоту стеллажной системы, но не более 12 м.

Системы позволяют эффективно складировать значительный объем продукции на площадь помещения. Строительство склада не предусматривает сложное проектирование технологии складских работ. Отличительные особенности широкопроходной технологии – оптимальное расстояние между

стеллажными конструкциями для проезда маневра и проезда погрузчиков, вместительный проход, простота проектирования и строительства склада, низкая стоимость техники и складского оборудования.

Узкопроходные стеллажи являются лучшим решением среди многоместных систем хранения. Они хорошо подходят для хранения больших количеств отдельных товаров, преимущественно на поддонах. Преимущества этой системы особенно хорошо проявляются при необходимости повышения эффективности в условия ограниченной площади склада. Они обладают всеми преимуществами многоместных стеллажей, например, возможностью прямого доступа к товару и свободного расположения консолей. При этом они занимают меньше места и позволяют поднимать груз на очень большие высоты. Основное отличие этих систем – малая ширина рабочих проходов. Простота регулировки положения балок и использование в качестве опции двойной глубины загрузки гарантирует еще более эффективное использование пространства склада. Для управления используются автоматические или полуавтоматические узкопроходные штабелеры на рельсовой или индуктивной навигации, а также краны-штабелеры. Однако значительным минусом данной системы является дороговизна узкопроходных подъемно-транспортных механизмов (погрузчиков).

Набивные стеллажи обеспечивают возможность неограниченного формирования систем из стеллажей как в длину, так и в глубину, позволяя рационально использовать объем помещения склада. Относительный коэффициент использования пространства помещения может достигать 70 %, что на 25 % эффективнее в сравнении с проектами, предусматривающими оснащение фронтальными стеллажами. Глубинные стеллажи способствуют эффективному управлению большими объемами товара на стеллажах, в том числе в условиях минусового хранения.

Набивные стеллажи (глубинные) могут иметь также сквозную конструкцию, в этом случае загрузка производится с одной стороны стеллажной системы, а выгрузка – с другой. Такие стеллажи называют «проходными». Они позволяют осуществлять работу одновременно с двух сторон, повышая тем самым скорость обработки груза. Глубинные (набивные) системы предназначены для паллетного хранения и отлично экономят место в помещении.

Гравитационные стеллажи представляют собой рамные конструкции, на которых установлены дорожки с роликами. По этим дорожкам, смонтированным под наклоном, пакетированный груз или паллеты легко продвигаются из зоны загрузки к нужным точкам выгрузки. При этом паллеты (поддоны) или коробки движутся под действием собственной силы тяжести, (т. е. гравитации, откуда и название подобных стеллажей), не требуя усилий со стороны человека или расхода электроэнергии. Движение осуществляется за счет того, что роликовые дорожки расположены под углом в 3–4 градуса к горизонтали (рисунки 1).



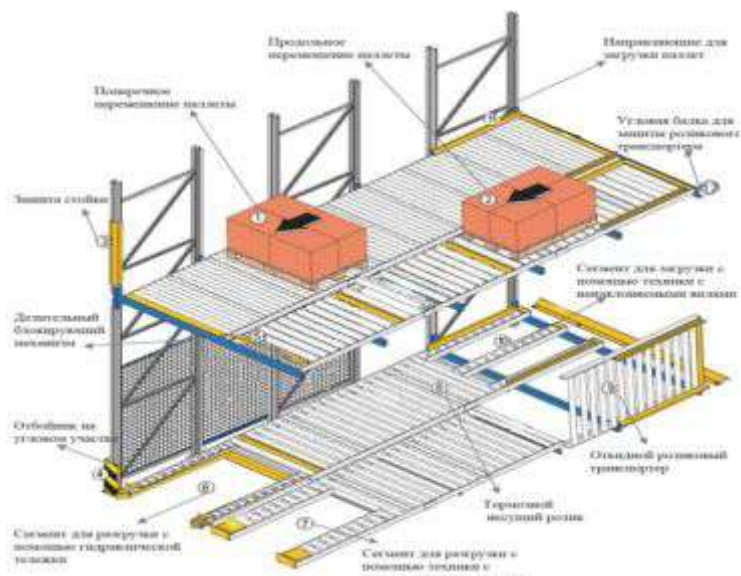


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы гравитационных стеллажей

Гравитационные стеллажи – это следующий шаг в работе с набивными стеллажами. Если при работе с глубинными (набивными) стеллажами принципа FIFO (First In – First Out) придерживаться невозможно, то принцип работы гравитационных стеллажей основывается на том, что первый груз, поступивший на роликовую дорожку, будет и выгружен первым, что дает возможность контролировать товар по срокам реализации, годности и потребительскому спросу, то есть сохраняется принцип FIFO.

Для расчета эффективности системы хранения используется коэффициент использования полезной площади склада

где  $S_{\text{п.п}}$  – полезная площадь склада;  $S_{\text{о.п}}$  – общая площадь склада.

Так как гравитационные стеллажи увеличивают полезную длину склада, то преобразуем предыдущую формулу

где  $S_{\text{п.п}}$  – полезная площадь склада;  $S_{\text{о.п}}$  – общая площадь склада.

Для определения полезной длины склада введем переменные:  $n$  – количество паллет в стеллаже (сдвоенные стеллажи),  $L$  – длина европаллет,  $b$  – ширина проезда для погрузчиков.

Конструкция гравитационных стеллажей предусматривает загрузку паллет с одной стороны и их отбор с другой стороны. Таким образом при расчете количества секций склада требуется учесть дополнительный проезд.

Следовательно, формула полезной длины склада выглядит следующим образом:

---

Следует учитывать, что количество секций хранения следует округлять до целого в меньшую сторону.

Таким образом коэффициент использования полезной площади склада

---

Динамика изменения коэффициента полезной площади склада после внедрения системы хранения при использовании гравитационных стеллажей представлена на рисунке 2.

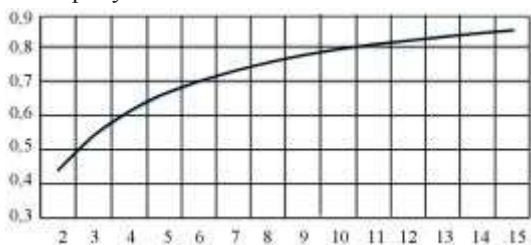


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента полезной площади склада от количества паллет в ячейке хранения

Таким образом, внедрение системы хранения при использовании гравитационных стеллажей оказывается целесообразным. Однако вопрос определения рационального количества паллет в гравитационной ячейке, а также максимальной высоты гравитационных стеллажей требует дальнейшего изучения. Нелинейная зависимость параметров указывает на сложную связь с целым рядом других характеристик.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Автоматизированные склады России: настоящее и будущее // Склад и Техника. – 2019. – № 7.

2 Складская автоматизация в России: рынок оборудования, актуальные технические решения, реализация проектов (ч. 2) // Склад и Техника. – 2019. – № 4.

*E. V. KIZIM, E. A. OVCHINNIKOVA, Y. O. PAZOYSKY*

### **INCREASING THE EFFICIENCY OF PALLET STORAGE IN WAREHOUSES BY USING GRAVITY RACKS**

The article deals with wide-aisle, narrow-aisle, rammed and shuttle, gravity warehouse storage systems. For each system, distinctive features and conditions of use are indicated. For storage systems with gravity racks, the efficiency of using the usable warehouse area has been determined. Directions for further research on the issues of rack storage are indicated.

Получено 12.09.2020

УДК 656.212.5

*К. И. КОРНИЕНКО*

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

## **ПОСТРОЕНИЕ КРИВОЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СУММАРНОГО УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ВАГОНОВ В СОРТИРОВОЧНОМ ПАРКЕ С УЧЕТОМ ПЕРЕРАБАТЫВАЕМОГО ВАГОНПОТОКА И ОТЦЕПОПОТОКА**

Рассматривается влияние распределения температуры наружного воздуха, направления, силы и порывистости ветра, скорости движения отцепа на различных участках сортировочной горки на кривую распределения суммарного удельного сопротивления движению вагонов в сортировочном парке. Для исследования использовалась разработанная имитационная модель заполнения пути сортировочного парка. В результате исследований была построена кривая распределения суммарного удельного сопротивления с учетом перерабатываемого вагонопотока и отцепопотока и с учетом распределения скорости движения отцепа на пути сортировочного парка.

**Введение.** В данной статье рассматриваются сопротивления от снега и инея, сопротивление от воздушной среды и суммарное удельное сопротивление [1]. Цель данной статьи заключается в построении кривой распределения суммарного удельного сопротивления с учетом перерабатываемого вагонопотока и отцепопотока, а также распределения скорости движения отцепа на пути сортировочного парка.

**Описание эксперимента.** Для построения кривых распределения использовалась имитационная модель заполнения путей сортировочного парка [2–4]. Для этого производился прогон модели со случайным распределением параметров. Количество прогонов было равно  $10^5$ , в результате чего была достигнута высокая точность полученных результатов. Профиль парка приведен на рисунке 1 [5].

Вагонопоток задавался как случайное распределение согласно [1, таблица 4]. В качестве допущения было принято условие, что все вагоны являются крытыми 4-осными с площадью поперечного сечения равной  $9,7 \text{ м}^2$ . Максимальное количество вагонов в отцепе равно 6.

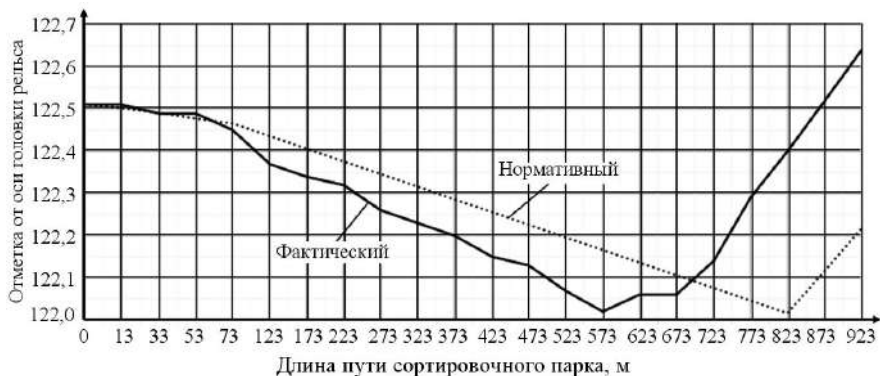


Рисунок 1 – Профиль пути сортировочного парка

Распределение температуры наружного воздуха задавалось по следующей формуле [6–13]:

$$f(t) = \frac{1}{12\sqrt{2\pi}} \sum_{T=1}^{12} \frac{\exp\left[-\frac{(t - m_{iT})^2}{2\sigma_{iT}^2}\right]}{\sigma_{iT}} \quad (1)$$

где  $T$  – порядковый номер месяца в году;  $m_{iT}$  – средняя температура воздуха в  $T$ -й месяц, °С;  $\sigma_{iT}$  – среднеквадратичное отклонение температуры наружного воздуха в  $T$ -й месяц, °С;  $t$  – температура окружающего воздуха, °С.

Экспериментальные данные для среднего значения и среднеквадратичное отклонение наружного воздуха были получены из справочника климата для Новосибирска [14].

Направление и скорость ветра задавались также по справочнику [14] с учетом поправки между направлением оси пути и северным направлением ветра. Каждое моделирование выполнялось при случайных условиях. Вероятность появления скорости и направления ветра задавалось табличным способом. Распределение в указанных интервалах подчинялось равномерному закону распределения.

Особые условия моделирования:

- расчетная скорость подхода отцепа к стоящим вагонам равна 0,75 м/с;
- интервал между отцепами равен 10 минутам;
- при моделировании движения отцепа принимается во внимание пульсация ветра, которая вносит дополнительный случайный разброс параметров [18–19]. Однако в данном исследовании пульсация ветра принималась равной нулю;
- моделирование производилось с помощью шарнирно-осевой модели движения с шагом 1 м;

– после каждого шага моделирования в таблицы заносилась информация о сопротивлении от среды и ветра и суммарном удельном сопротивлении. Кривые строились на основании данных таблиц.

**Сопротивление от снега и инея** учитывается при расчете высоты сортировочной горки при неблагоприятных условиях. Расчет ведется для проверки возможности докатывания плохого бегуна для расчетной точки. Данное сопротивление учитывается только в пределах стрелочной зоны и сортировочного парка. Сопротивление от снега и инея задается дискретными значениями, определяемыми по весовой категории отцепа и температуре окружающего воздуха [24–25]. Значения, применяемые для расчета, представлены в [25, таблица 4.5].

В [26] указано, что данное сопротивление является дополнительным трением между колесом-рельсом, из-за появления на рельсах тонкой пленки снега. В данном труде также указано: «В эксплуатационных условиях выпуска составов с горки, когда скатывание отцепов с горки происходит с интервалами всего в несколько секунд, плёнка снега на рельсах в подгорочной горловине не успевает образоваться, но на подгорных путях, куда отцепы часто попадают через довольно значительные интервалы, доходящие нередко до нескольких минут, дополнительное сопротивление вагонов движению даже при слабом снегопаде фактически имеет место».

Из этого следует вывод, что формулу для определения сопротивления от снега и инея для многовагонного отцепа можно представить в следующем виде:

$$w_{\text{си}}^{\text{отцеп}} = \frac{w_{\text{СИ}}^{\text{Iваг}}(t, m_{\text{Iваг}})m_{\text{Iваг}}}{m_{\text{отцеп}}}, \quad (2)$$

где  $w_{\text{СИ}}^{\text{Iваг}}$  и  $m_{\text{Iваг}}$  – сопротивление от снега и инея и масса первого вагона в отцепе, Н/кН, т;  $m_{\text{отцеп}}$  – масса отцепа, т.

На основании анализа распределения температуры наружного воздуха, можно сделать вывод о том, что влияние сопротивления от снега и инея при построении кривой распределения суммарного удельного сопротивления движению отцепа будет незначительным. Данное сопротивление учитывается только при температурах воздуха меньше 0 °С. В таблице 1 представлено распределение температуры наружного воздуха.

На основании формул (1) и (2) и [25] были построены кривые распределения сопротивления от снега и инея с учетом перерабатываемого вагонопотока и отцепопотока. Данные кривые представлены на рисунке 2. Кривая «Легкий» показывает распределение только для легкой весовой категории, «Одновагонные» – распределение с учетом вагонопотока, «Многовагонные» распределение с учетом отцепопотока и вагонопотока.

Таблица 1 – Распределение температуры наружного воздуха

Диапазон температур, °С	Больше 0	0...-15	-15...-25	Менее -25
Вероятность	0,6471	0,3517	0,0012	0

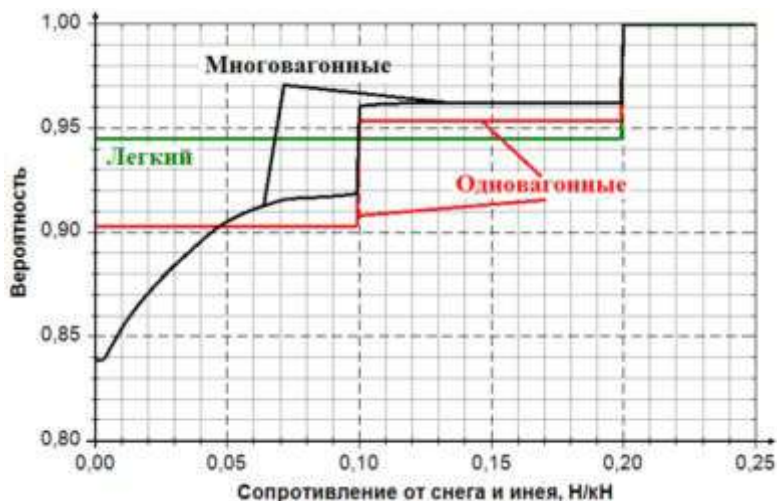


Рисунок 2 – Кривые распределения сопротивления от снега и инея с учетом многовагонных отцепов

Исходя из рисунка 2 можно сделать следующие выводы:

- на распределение сопротивления от снега и инея большое влияние будет оказывать распределение температуры наружного воздуха;
- при учете многовагонных отцепов кривая распределения сглаживается, так же вероятность появления значения более 0,1 Н/кН будет меньше, чем при учете только одновагонных или только легких отцепов.

**Сопротивление от среды и ветра.** Еще одним важным элементом в определении суммарного удельного сопротивления является сопротивление от среды и ветра. В статьях [20–21] уже поднимался вопрос о влиянии климатических условий на сопротивление движению отцепов. Но в данных статьях авторы делали акцент на определение расчетных месяцев, по которым необходимо рассчитывать благоприятные и неблагоприятные условия [22–23]. Данный подход также не лишен недостатка в плане того, что расчет ведется по сути для постоянных величин и с погрешностью. Для расчета сопротивления от среды и ветра необходимо задавать все значения распределениями, определяемыми для конкретного участка пути сортировочного парка.

Сопротивление от среды и ветра находится по известной формуле [24–25]:

$$w_{св} = cv^2_{отцеп}, \quad (3)$$

где  $c$  – приведенный коэффициент воздушного сопротивления;  $v_{отцеп}$  – относительная результирующая скорость вагона (отцепа) с учетом направления ветра, м/с.

Приведенный коэффициент воздушного сопротивления в данной статье не приводится. Необходимо отметить, что данный коэффициент зависит от температуры окружающей среды, типа вагонов, количества вагонов в отцепе, угла между направлением ветра и осью участка пути, веса вагонов в отцепе. На данный коэффициент большое влияние будет оказывать отцепопоток и вагонопоток. Распределение температуры окружающего воздуха будет оказывать не значительное влияние.

Относительная скорость отцепа находится по следующей формуле [25]:

$$v^2_{отцеп} = v^2 + v^2_{ветра} \pm 2vv_{ветра}\cos\beta, \quad (4)$$

где  $v$  – скорость скатывания отцепа на участке пути, м/с.

По нормативу для расчета кривой распределения сопротивления от среды и ветра используется средняя скорость движения отцепа. Для сортировочного парка данная скорость равна 2 м/с. При этом, как показывают последние исследования, средняя скорость движения отцепа может отличаться для разных типов сортировочных путей из-за изменения профиля пути [27]. Плотность распределения скорости, полученная на основании эксперимента, представлена на рисунке 3.

По рисунку 3 можно сделать вывод, что средняя скорость движения отцепа в сортировочном парке для данного профиля будет отличаться от нормативной. Проведенные эксперименты на других профилях показывают, что разброс средней скорости может достигать до 1 м/с. Вторым важным выводом является то, что данное распределение имеет форму нормального распределения с асимметрией. Среднеквадратичное отклонение распределения равно 0,7 м/с.

Поэтому при расчете кривой распределения сопротивления от среды и ветра скорость движения отцепа необходимо задавать не постоянной величиной, заданной для всех сортировочных горок, а либо средней скоростью, вычисленной для этого участка пути, либо распределением. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что построение кривой распределения от среды и ветра с помощью аналитического выражения будет связано с большим количеством допущений, вследствие чего уменьшится точность полученных результатов. Для достижения требуемой точности расчетов необходимо использовать имитационное моделирование и проектировать горку с использованием имитационных моделей разной степени сложности. Подобные системы применялись при проектировании станции «Лужская» фирмой ОАО «Сименс» [28]. Кривые распределения сопротивления от среды и ветра, полученные с использованием имитационной модели, представлены на рисунках 4 и 5.

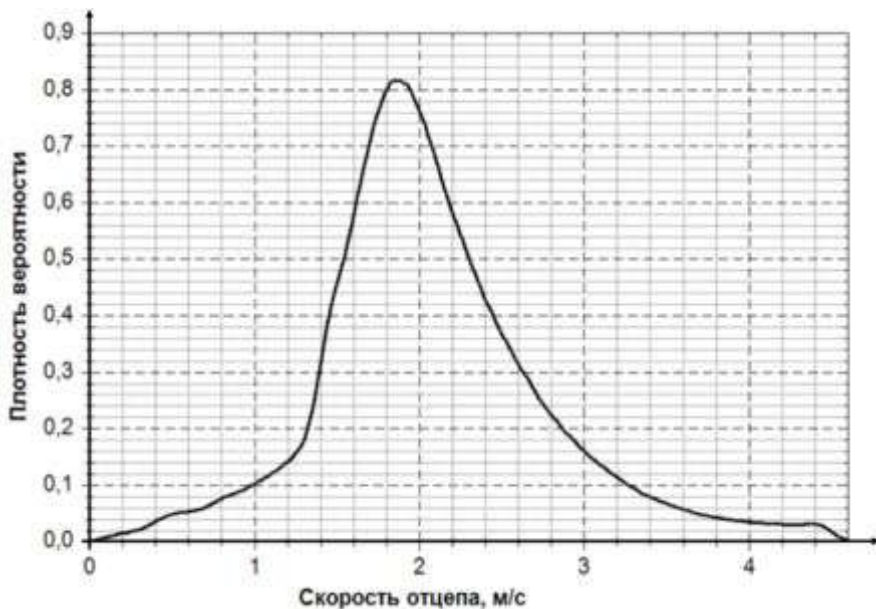


Рисунок 3 – Плотность распределения скорости движения отцепа в сортировочном парке

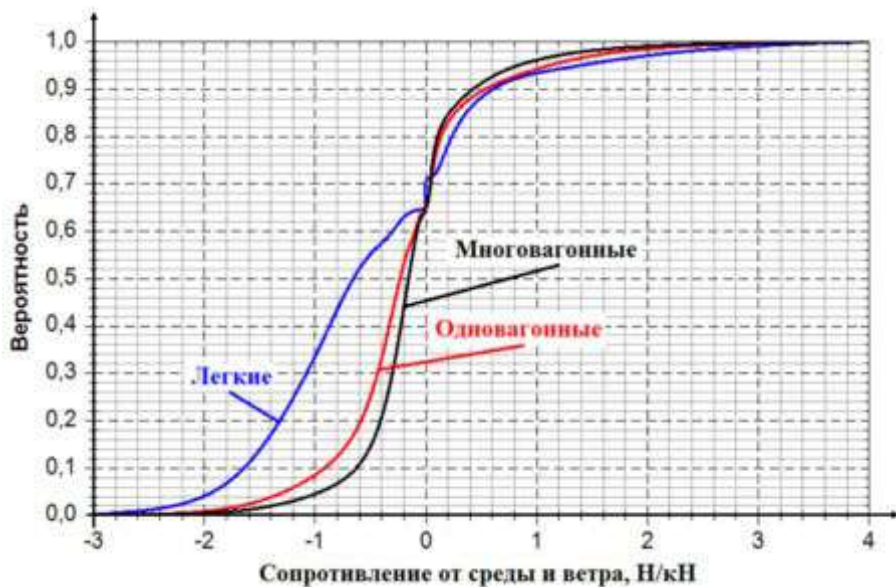


Рисунок 4 – Кривые распределения сопротивления от среды и ветра



Кривая «Экспериментальная» показывает распределение сопротивления от среды и ветра с учетом перерабатываемого отцепопотока и вагонопотока, «Постоянная скорость» – распределение сопротивления от среды и ветра для легких отцепов, рассчитанная для средней скорости 2 м/с.

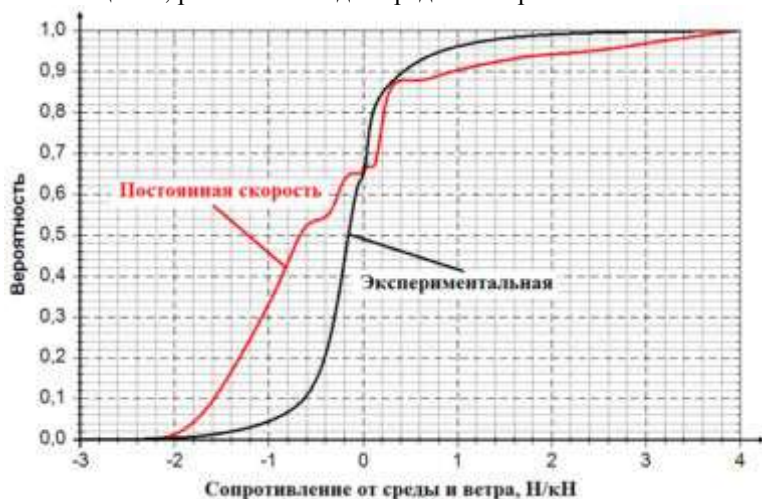


Рисунок 5 – Кривые распределения сопротивления от среды и ветра

По рисунку 4 и 5 можно сделать следующие выводы:

- распределение сопротивления от среды и ветра очень сильно зависит от перерабатываемого вагонопотока и отцепопотока;
- распределение сопротивления только для легких отцепов имеет очень сильный разброс и смещено ближе к отрицательным значениям сопротивления. Это объясняется тем, что на приведенный коэффициент воздушного сопротивления влияет масса отцепа. При прочих равных условиях разница в данном коэффициенте для вагонов легкой и тяжелой весовой категории будет отличаться в 3–4 раза в большую сторону. При увеличении массы коэффициент снижается и влияние ветра на отцеп также снижается;
- распределение от среды и ветра, полученное аналитическим путем, сильно отличается от экспериментального распределения. Это означает, что без учета факторов случайного характера параметров распределение будет построено недостаточно точно и проектирование сортировочной горки будет выполнено для более жестких условий.

**Суммарное удельное сопротивление** можно найти по формуле [25]:

$$W = w_0 + w_{св} + w_n + w_{ск}, \quad (5)$$

где  $w_0$  – основное удельное сопротивление движению вагонов, Н/кН;  $w_{ск}$  – сопротивление отцепа от стрелок и кривых, Н/кН.

В данном исследовании сопротивление отцепа от стрелок и кривых принято за нулевое значение.

Полученная на основе эксперимента кривая распределения представлена на рисунке 6.

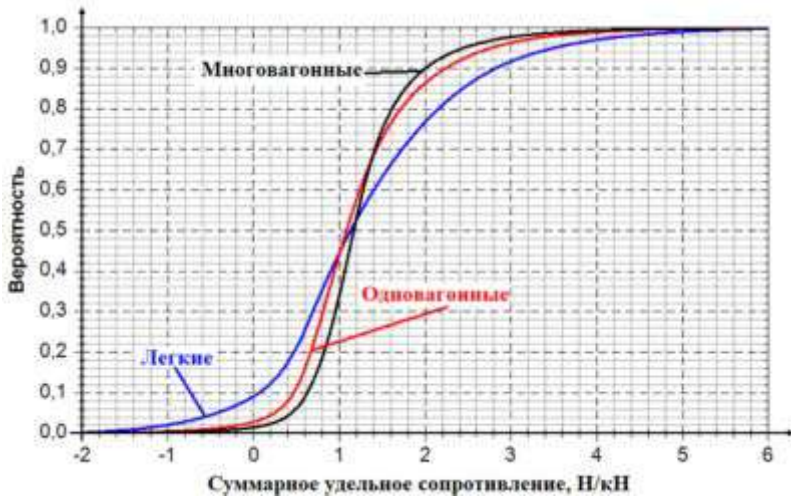


Рисунок 6 – Кривые распределения суммарного удельного сопротивления

Согласно рисунку 6 можно сделать вывод о том, что учет вагонопотока и отцепопотока очень сильно влияет на кривую распределения суммарного удельного сопротивления. На рисунках 7 и 8 представлены кривые распределения и плотности распределения суммарного удельного сопротивления построенные на основе эксперимента и аналитическим путем.

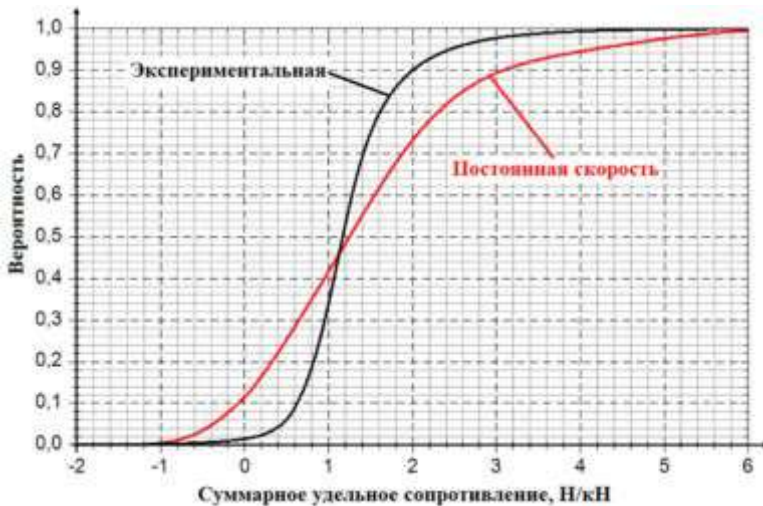


Рисунок 7 – Кривые распределения суммарного удельного сопротивления

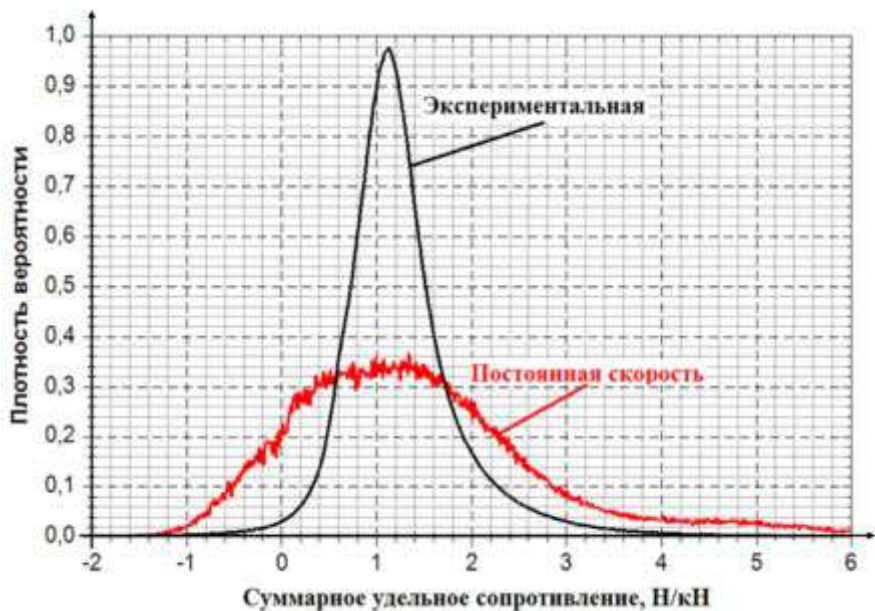


Рисунок 8 – Кривые плотности распределения суммарного удельного сопротивления

По рисункам 7 и 8 можно сделать вывод, что при проектировании сортировочных горок и выборе бегунов необходимо рассчитывать кривые распределения с учетом вагонопотока и отцепопотока и распределения скорости движения отцепов.

В таблице 2 представлены средние значения параметров сопротивлений от среды и ветра, суммарного удельного сопротивления, средняя скорость движения отцепа в сортировочном парке.

Таблица 2 – Средние значения параметров распределения сопротивлений

Параметр	Значение	Легкие	Одновагонные	Все
Средняя скорость движения отцепа, м/с	2	–	–	2,0804
Среднее сопротивление от среды и ветра, Н/кН	-0,3719	-0,4875	-0,1758	-0,1138
Среднее суммарное удельное сопротивление движению отцепов, Н/кН	1,4268	1,3113	1,2319	1,2627

### Выводы.

1 В данном исследовании было проанализировано влияние отцепопотока на удельные сопротивления движению отцепов. При повышении количества вагонов в отцепе дисперсия и асимметрия почти всех распределений уменьшается. В результате чего вероятность появления бегунов с повышен-

ным или пониженным суммарным удельным сопротивлением очень сильно уменьшается от вероятностей только для легкой или тяжелой весовой категории.

2 При учете отцепопотока и вагонопотока при построении распределения основного удельного сопротивления было выявлено, что вероятность появления очень плохого бегуна в 10 раз меньше, чем только для легких отцепов и в 2 раза меньше, чем при учете только одновагонных отцепов.

3 Еще одним важным выводом является то, что в статье была представлена невозможность построения кривых распределения сопротивления от среды и ветра и, следовательно, кривой распределения суммарного удельного сопротивления с помощью аналитических и других методов, кроме непосредственно имитационного моделирования. Это следует из того, что сопротивление от среды и ветра зависит от скорости движения отцепа и скорости движения ветра. При этом на разных участках сортировочного комплекса будет разная скорость движения отцепа, которая обуславливается изменением профиля пути или тормозных воздействий шин замедлителя. Следовательно, скорость движения необходимо представлять, как распределение скорости на данном участке. И даже полученная по данному распределению средняя скорость может сильно отличаться от нормативной.

4 Полученные выводы свидетельствуют о невозможности расчета сортировочного комплекса только с помощью математических формул. Для проектирования сортировочных комплексов необходимо применять методику имитационного моделирования, которая будет учитывать большое количество переменных факторов и будет обладать более высокой точностью по сравнению с математическим расчетом. Кроме этого на подобных моделях можно ставить эксперименты, что является несомненным плюсом при расчете экономического эффекта от планируемой модернизации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Корниенко, К. И.* Построение кривой распределения основного удельного сопротивления движению вагонов в сортировочном парке с учетом перерабатываемого вагонопотока и отцепопотока / К. И. Корниенко // Вестник СГУПС. 2019. № 1 (48). – С. 20–28.

2 *Корниенко, К. И.* Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 23610. Программа для имитационного моделирования заполнения пути сортировочного парка «СортПарк 2» / К. И. Корниенко. Дата регистрации 15.05.2018.

3 *Корниенко, К. И.* Совершенствование методики имитационного моделирования заполнения пути сортировочного парка / К. И. Корниенко // Транспорт Урала. – 2018. – № 2 (57). – С. 35–42.

4 *Kornienko, K.* Effect of the sorting track profile change on the it's occupancy quality at train humping: / K. Kornienko, S. Bessonenko // MATEC Web of Conferences 216, 02012. – 2018. – Mode of access: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201821602012>. – Date of access: 17.10.2020.

5 *Bessonenko, S.* Influence of opposite elevation on the occupancy level of the tracks of sorting park / *S. Bessonenko, K. Kornienko, I. Tanaino* // MATEC Web of Conferences 239, 03002. – 2018. Mode of access <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823903002>. Date of access: 17.10.2020.

6 *Kornienko K., Tanaino I., Bessonenko S.* Using the Coefficient of Concavity in the Analysis of the Quality of Filling the Tracks of the Hump Yard / *K. Kornienko, I. Tanaino, S. Bessonenko* // Advances in Intelligent Systems and Computing 1115, 655–662, 2020. Mode of access: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-37916-2\\_63](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37916-2_63). Date of access: 17.10.202.

7 Соппротивление движению грузовых вагонов при скатывании с горок / под ред. Е. А. Сотникова. – М. : Транспорт, 1975. – 104 с.

8 *Бессоненко, С. А.* Принципы оптимизации параметров сортировочных горок / *С. А. Бессоненко* // Транспорт: наука, техника, управление. – 2010. – № 5. – С. 17–20.

9 *Правдин, Н. В.* Определение уклонов скоростных участков и тормозных позиций на спускной части сортировочной горки / *Н. В. Правдин, С.А. Бессоненко* // Транспорт: наука, техника, управление. – 2008. – № 9. – С. 6–10.

10 *Бессоненко, С. А.* Вероятностный подход к расчету сортировочных горок / *С. А. Бессоненко* // Транспорт: наука, техника, управление. – 2010. – № 3. – С. 23–25.

11 *Правдин, Н. В.* Анализ существующих методов расчёта сортировочных горок / *Н. В. Правдин, С. А. Бессоненко* // Транспорт: наука, техника, управление. – 2004. – № 5. – С. 22–27.

12 *Бессоненко, С. А.* Математическая модель расчета параметров интервального торможения отцепов и переменных скоростей роспуска составов / *С. А. Бессоненко, В. Н. Иванченко, А. М. Лященко* // Вестник РГУПС. – 2013. – № 1. – С. 55–65.

13 *Правдин, Н. В., Бессоненко, С. А.* Расчет закона распределения вероятностей удельного сопротивления движению отцепов на сортировочной горке / *Н. В. Правдин, С. А. Бессоненко* // Транспорт: наука, техника, управление. – 2006. – № 3. – С. 3–10.

14 Справочник по климату СССР. Вып. 20. Томская, Новосибирская, Кемеровская области и Алтайский край. Ч. 2. Температура воздуха и почвы / отв. ред. С. Я. Пахневич. – Л. : Гидрометеиздат, 1965. – 396 с.

15 *Pokrovskaya, O.* Evolutionary-functional approach to transport hubs classification / *O. Pokrovskaya, R. Fedorenko* // 2020 Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2019. – P. 356–365. – DOI: 10.1007/978-3-030-19756-8\_33.

16 *Pokrovskaya, O.* Terminalistics as the methodology of integrated assessment of transportation and warehousing systems / *O. Pokrovskaya* // Web of Conferences 10. Ser. "10th International Scientific and Technical Conference "Polytransport Systems", PTS 2018". – 2018. P. 02-14. – DOI: 10.1051/mateconf/201821602014.

17 *Pokrovskaya, O., Fedorenko, R.* Assessment of Transport and Storage Systems / *O. Pokrovskaya, R. Fedorenko* // Advances in Intelligent Systems and Computing: 8th International Scientific Siberian Transport Forum, TransSiberia 2019; Novosibirsk; Russian Federation; 22 May 2019. 1115 AISC. 2020. – P. 570-577. – DOI: 10.1007/978-3-030-37916-2\_55.

18 *Осипов, Д. В.* Влияние метеорологических условий на отрыв отцепов от состава на перевальной части сортировочной горки / *Д. В. Осипов* // Модернизация процессов перевозок, систем автоматизации и телекоммуникаций на транспорте : материалы Межрегиональной науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2010. – Том 1. – С. 93–98.

19 *Осипов, Д. В.* Совершенствование методов расчета параметров перевальной части сортировочных горок: дис. канд. техн. наук: 05.22.08 / Д. В. Осипов. – Новосибирск, 2017. – 191 с.

20 *Ситников, С. А.* Влияние климатических условий на сопротивление движению вагона при скатывании с сортировочной горки / С. А. Ситников, Л. А. Рыкова // Транспорт: наука, техника, управление. – 2011. – № 11. – С. 22–24.

21 *Ситников С. А., Рыкова, Л. А., Конев, А. Ф.* Проблемы определения расчётных метеорологических условий при проектировании новых и реконструкции существующих сортировочных горок / С. А. Ситников, Л. А. Рыкова, А. Ф. Конев // Транспорт: Наука, техника и управление. – 2011. – № 5. – С. 19–22.

22 Железнодорожные станции и узлы / В. Г. Шубко [и др.]; под ред. В. Г. Шубко и Н. В. Правдина. – М. : УМК, МПС России, 2002. – 368 с.

23 Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчёты) : учеб. пособие для вузов ж. д. транспорта / Н. В. Правдин [и др.]; под ред. Н. В. Правдина и В. Г. Шубко. – М. : Маршрут, 2005. – 502 с.

24 Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств / Ю. А. Муха [и др.]. М. : Транспорт, 1994. – 220 с.

25 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм. – М. : Техинформ, 2003. – 168 с.

26 *Страковский, И. И.* Сопротивление вагонов при скатывании с горки в зимнее время / И. И. Страковский // Труды ВНИИЖТ. – Вып. 63. – М. : 1952. – 122 с.

27 Исследование влияния профиля горки на скорость движения отцепов в сортировочном парке при попутном ветре / Е. А. Ахмаев [и др.] // Вестник СГУПС. – 2017. – № 1 (40). – С. 13–18.

28 *Смагин, Ю. С.* Система MSR32 на станции Лужская-Сортировочная / Ю. С. Смагин, О. В. Подсосонная // Железные дороги мира. – 2017. – № 8. – С. 63–71.

*K. KORNIENKO*

## **PLOTTING OF THE PROBABILITY CURVE OF THE SPECIFIC MOTION RESISTANCE IN THE CLASSIFICATION TRACKS TAKING INTO ACCOUNT THE CAR AND CUT TRAFFIC VOLUME**

To date, the design of gravity hump is carried out in accordance with the “Rules and regulations for design of sorting devices on 1520 mm railways tracks”. Runners with specified characteristics by mass and specific motion resistance are used for calculation. When the car moves in gravity hump, it is affected by other types of specific motion resistance, which are also specified by the normative values. It can distinguish such as the temperature distribution of the outside air, the distribution of direction and force of the wind, the turbulence of the wind, the processed car and traffic volume, the speed of the car at various sections of the gravity hump. All these parameters are taken into account with a low accuracy, because of which there is an overestimation of the specifications of the gravity hump. In this article, the influence of these factors on the distribution of the specific motion resistance in the classification track is considered. For the study, it used the developed simulation model for filling the classification track. As a result of the research, a distribution curve of the total resistivity was constructed.

Получено 17.10.2020

УДК 625.1

*Г. М. ЛЫСОВ, К. А. ЧЕРНЫШЕВ*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

*lysov.george@yandex.ru, k.chernishev91@gmail.com*

## **РАЗВИТИЕ БЕЗЛЮДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЧАСТИ КОНТРОЛЯ ВЕДЕНИЯ РЕГЛАМЕНТА ПЕРЕГОВОРОВ**

Рассмотрены проблемы контроля за ведением переговоров на станциях. Предложен программно-аппаратный комплекс, основанный на технологиях отечественной компании Яндекс, представлены выводы о положительных эффектах при внедрении.

Регламент переговоров представляет собой четкие инструкции по производству операций на станции между непосредственно исполнителями. Несоблюдение регламента провоцирует ошибки при выполнении технологических операций и угрозу безопасности движения. Так, на сети железных дорог Российской Федерации только за 2020 год произошло 34 события, связанных с нарушениями безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта. По итогам разбора в каждом случае были зафиксированы нарушения установленного порядка ведения регламента переговоров. Последствиями нарушений регламента переговоров могут являться различные ситуации. Так, в результате подобного нарушения на одной из станций Куйбышевской железной дороги произошло столкновение маневрового локомотива с последним вагоном пассажирского поезда. Эта ситуация повлекла за собой травмирование пассажиров. Другим случаем несоблюдения регламента явился сход подвижного состава на крупной станции Северо-Кавказской железной дороги. Согласно плану маневровой работы необходимо было с пути № 9 (приемоотправочного парка) переставить пассажирский вагон на путь № 10 (приемоотправочного парка). На пути № 9 находилось 2 вагона, закрепленных двумя тормозными башмаками, с нечетной и четной стороны. При заезде на путь № 9 и прицепке маневрового локомотива к вагонам составитель поездов оставшийся вагон закрепил с нечетной стороны другим тормозным башмаком, при этом старый тормозной башмак из-под забираемого вагона не был снят. После отцепки вагона и приведения маневрового состава в движение произошло заклинивание необузданного тормозного башмака в рельсовом стыке, в результате допущен сход пассажирского вагона через тормозной башмак. Причиной схода явилось несоблюдение регламента служебных переговоров, поскольку соста-

витель поездов не доложил о количестве снятых из-под состава тормозных башмаков, а дежурный по станции не убедился в правильности переданной информации.

Регламент ведения переговоров является важной составляющей частью системы обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте, как видно из практики, несоблюдение которого приводит к авариям. Для повышения эффективности работы и безопасности движения на железнодорожном транспорте в части соблюдения регламента служебных переговоров были предложены различные решения. К ним относятся регулярные изменения в Правилах технической эксплуатации, введение регистраторов контроля за служебными переговорами, которые позволяют как в режиме реального времени, так и за определенный период фиксировать переговоры для их последующего контроля.

Одним из возможных решений, которое могло бы повысить безопасность на сети железных дорог и вывести контроль за соблюдением регламента ведения служебных переговоров на станциях на новый уровень, является внедрение цифровых систем. Такой подход рассмотрен в проекте «Цифровая железная дорога», в котором выделяются следующие главные задачи:

- повышение надежности и безопасности движения;
- сокращение влияния «человеческого фактора»;
- повышение производительности труда за счет создания информационных систем управления технологическими процессами.

Проецируя выделенные задачи проекта на процесс контроля за регламентом переговоров, стоит отметить, что проверка соблюдения регламента на сегодняшний день не совершенна. Регистратор служебных переговоров (рисунок 1) обеспечивает автоматическую запись служебных переговоров, производимых по железнодорожной технологической электросвязи.



Рисунок 1 – Регистратор служебных переговоров на станции

Запись производится посредством персонального компьютера и цифрового регистратора «Градиент-12СН», который позволяет производить запись на «жесткий диск». Запись переговоров производится по нескольким каналам и начинается с момента включения рации любого из сотрудников,



а заканчивается при выключении раций всех участников переговоров. Записанный материал представляет собой аудиофайл средней продолжительностью от 10 секунд до 2 минут с указанием даты и времени начала и окончания переговоров. Начальник станции или ревизор движения должны либо постоянно слушать рацию и в режиме реального времени контролировать соблюдение регламента ведения переговоров, либо прослушивать большое количество аудиофайлов, которые сохраняют все эфирные переговоры. При этом файлов за определенный период работы сохраняется достаточно много, что делает малоэффективным процедуру проверки соблюдения регламента переговоров.

Располагая таким оборудованием, достаточно трудно предупредить нарушения и их последствия ввиду ограниченности технических средств и способов контроля. Решением проблемы может стать внедрение программно-аппаратного комплекса, который в режиме реального времени анализирует ведение переговоров, сравнивая при этом полученную информацию с эталонным регламентом (приложение № 20 к Правилам технической эксплуатации). Сама система может представлять собой программу, разработанную на основе адаптированного программного обеспечения ведущих российских IT-компаний.

Так, у компании Яндекс существует свой голосовой помощник «Алиса», который способен анализировать сказанное человеком в реальном времени и преобразовать информацию в текст на экране смартфона или компьютера. Одним из главных достоинств этого голосового помощника является его фонетический алфавит, который насчитывает 4000 элементарных единиц, включающих фонемы, их части и сочетания. Это позволяет системе подбирать варианты слов, части речи и возможные статистические связи между ними. В первой части программы предполагается использовать фонетический алфавит Яндекса, поскольку другие аналоги (такие как Google Assistant и отечественные конкуренты в виде голосового помощника «Маруся» от Mail.Ru Group) значительно уступают по распознаванию русской речи.

Первым шагом будет получение информации (аудиофайлов) с регистратора служебных переговоров. Получив аудиофайлы, программа начнет переводить сигнал из аналогового в цифровой. Далее для перевода сигнала потребуется провести каждую запись через акустическую и языковую процедуры, а на выходе предполагается получить наиболее вероятную последовательность слов, произнесенную сотрудником.

Второй шаг заключается в машинном обучении программы. На вход программе подается расшифрованный текст, являющийся эталоном в виде регламента переговоров и перечня сотрудников станции по фамилиям. Программа по ключевым тегам определяет, что было сказано сотрудником и кто сказал ту или иную реплику. Также программа по ключевым фразам определит тип осуществляемой операции.

В результате после завершения операции сравнения, в случае если была зафиксирована ошибка в регламенте переговоров, система автоматически

помечает файл с ошибкой определенным маркером (установленной цифрой или буквой). Ревизор движения или руководители станций, увидев этот маркер на файле, с легкостью смогут найти нарушение, экономя время на проверку остальных аудиозаписей или даже предотвратить возможные транспортные происшествия.

Таким образом, внедрение предложенного программно-аппаратного комплекса позволит решить ряд задач. Во-первых, представленная система позволит сократить загруженность руководителей станций и ревизоров движения на проверку записей служебных переговоров. Переговоры, требующие проверки, будут уже собраны в отдельной папке. Это решение позволит сократить время на контроль за сотрудниками и высвободить рабочее время на выполнение других задач, что положительно повлияет на производительность труда. Во-вторых, переход к предупредительной системе безопасности позволит не разбирать ошибки после каждого транспортного происшествия, а предотвращать их. И, в-третьих, появится возможность реализации адресного, индивидуального формирования перечня вопросов для рассмотрения при проведении технической учебы и повышения квалификации оперативных работников.

*G. M. LYSOV, K. A. CHERNYSHYOV*

#### **DEVELOPMENT OF UNPOPULATED TECHNOLOGIES IN TERMS OF CONTROL OF NEGOTIATING RULES**

The article deals with the problems of controlling negotiations at stations. A software and hardware complex based on the technologies of the domestic company Yandex is proposed. The work of the software and hardware complex is considered. Conclusions are made about the positive effects of implementation.

Получено 22.10.2020

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2020**

---

УДК 621.3 + 06

*Е. Е. МИЗГИРЕВА*

*Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону*

*BrutalD@yandex.ru*

#### **НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ УЗЛОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОДАРСКОГО ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА**

Рассмотрена концепция трансформации ОАО «РЖД», проанализированы проекты «Цифровая железная дорога» и «Цифровой железнодорожный узел», выявлены

их цели, задачи и основные примеры. На примере Краснодарского узла проведены SWOT- и PEST-анализ цифровой трансформации.

Цифровая трансформация – необходимая ступень в развитии деятельности ОАО «РЖД». Современные условия цифровой экономики побуждают к развитию в данной сфере посредством внедрения различных инноваций, разработке новых бизнес-процессов, формировании новой корпоративной культуры. Одной из задач реализации программы цифровизации является создание не менее десяти национальных компаний-лидеров – высокотехнологичных предприятий, развивающих «сквозные» технологии и управляющих цифровыми платформами.

Проект «Цифровая железная дорога» ставит целью более эффективную деятельность Компании за счет применения передовых технологий [1]. Задачи проекта включают: повышение качества транспортно-логистических услуг, увеличение надежности, а также безопасности движения, повышение пропускной и провозной способности железных дорог за счет внедрения и развития интеллектуальных систем, уменьшение стоимости жизненного цикла инфраструктуры и подвижного состава, обеспечение необходимого уровня информационной безопасности, сокращение влияния «человеческого фактора», повышение производительности труда, которое достигается созданием информационных и микропроцессорных систем управления технологическими процессами.

На данный момент разработаны следующие цифровые сервисы:

- в сфере грузовых перевозок: цифровые сервисы взаимодействия с клиентами (Электронная торговая площадка, Личный кабинет), малолюдные технологии, цифровая станция, цифровой транзит, автоматическая выдача предупреждений, услуги территориально-складского комплекса ОАО «РЖД»;

- в сфере пассажирских перевозок: персональные сервисы для пассажиров, электронные билеты и их оформление, а также прочие услуги с помощью приложения, «Инновационная мобильность», оформление мультимодальных перевозок.

В соответствии с [2] целевые показатели проекта «Цифровая железная дорога» к 2024 году следующие:

- в поездах дальнего следования продажа электронных билетов достигнет 70 %;

- доля услуг грузовых перевозок и сопутствующих сервисов, доступных к оформлению в электронном виде, – 75 %;

- доля электронных документов при взаимодействии с участниками перевозочного процесса, в том числе международные транзитные перевозки – 90 %;

- доля операций в бизнес-процессах обслуживания клиентов, выполненных без участия человека – 55 %.

Цифровой железнодорожный узел представляет собой киберфизическую систему трансформации объектов Компании в соответствии с принципами и трендами четвертой промышленной революции. По определению цифровой железнодорожный узел – это комплекс взаимосвязанных сквозных информационных технологий с максимальной автоматизацией технологических процессов и цифровизацией технологических операций.

Можно выделить следующие цели проекта «Цифровой железнодорожный узел»:

- переход к автоматизации управления работы железнодорожного узла;
- работы по оптимизации технологических процессов;
- увеличение эффективности использования пропускной способности станции и тяговых ресурсов.

Основными задачами проекта «Цифровой железнодорожный узел» являются:

- реализация комплексных интеллектуальных систем планирования и прогнозирования;
- непрерывный мониторинг состояния технических средств, подвижных единиц и работников, использование технического зрения;
- внедрение малолюдных технологий, переход на электронный документооборот и безбумажные технологии;
- повышение уровня безопасности движения и производства работ в опасных зонах за счет снижения влияния человеческого фактора в технологических процессах;
- оснащение персонала средствами контроля местоположения и ведение единой модели расположения работников, находящихся в опасных зонах и создание сквозных информационных технологий.

Информационные технологии могут ощутимо помочь в выборе решений и воздействовать на интеллектуализацию транспортных процессов. К сожалению, сейчас такие технологии недостаточно развиты. Ресурс развития данных технологий лежит в использовании следующих инструментов:

- OLAP-технологии;
- Robotic Process Automation, обеспечивающий роботизацию бизнес-процессов;
- Data Mining и Machine Learning (машинное обучение);
- Big Data;
- нейронные сети;
- механизм мониторинга полигона [3].

Для оценки текущего состояния цифровой трансформации ОАО «РЖД» был произведен анализ сильных и слабых сторон, возможностей и угроз, а также анализ внешней среды методом PEST-анализа применительно к железнодорожным узлам для оценки их готовности к процессу цифровой трансформации на примере Краснодарского узла.

Транспортная система Краснодарского узла включает все виды транспорта, являясь инфраструктурной основой обеспечения внешнеэкономических связей России и способствуя интеграции ее в мировую экономическую систему. Следовательно, влияние факторов внешней и внутренней среды на функционирование и развитие данной транспортной системы является существенным в формировании ее стратегии.

Краснодарский транспортный узел включает четыре железнодорожных направления, одну магистральную автодорогу федерального значения, три дороги федерального значения и две – регионального, аэропорт, речной грузовой порт.

**Автомобильный транспорт.** Протяженность автодорог узла – более 26 тыс. км. Автопарк Краснодарского узла насчитывает около 31 тыс. автобусов, 170 тыс. грузовых автомобилей, более 1,1 млн легковых автомобилей. Пассажирооборот – 475,6 млн пас., грузооборот – 3,5 млрд т-км в год. Автовокзалы Краснодар-1, Краснодар-2 и Южный обеспечивают автобусные перевозки пассажиров в международном и пригородном сообщении.

**Железнодорожный транспорт.** В городе Краснодар расположен крупный железнодорожный узел. Три железнодорожные станции (Краснодар I, Краснодар II и Краснодар-Сортировочный) находятся в черте города.

Железные дороги Краснодарского узла простираются более чем на 2,7 тыс. км. Краснодарский регион включает 154 железнодорожные станции, 5 локомотивных депо, 6 вагоноремонтных депо, 8 восстановительных поездов, 11 дистанций пути, 6 дистанций сигнализации и связи, 3 дистанции электроснабжения. Грузооборот и пассажирооборот узла составляет 31,3 млрд т-км и 5,4 млрд пас-км соответственно.

**Воздушный транспорт.** В пределах Краснодарского узла располагается аэропорт Пашковский, специализированный для работы с различными самолетами и всеми видами вертолетов.

Также в городе на реке действует паром, соединяющий Краснодар и посёлок Новый. По водным путям осуществляются перевозки грузов как по России, так и за границу.

В Краснодарском крае активно развиваются нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая отрасли, а также энергетическая (Краснодарская ГРЭС), цементная, деревообрабатывающая, химическая, станкостроительная и пищевая промышленности. Большое развитие получают машиностроение, производство фосфорных удобрений и прочие промышленности.

Рассмотрим методы оценки транспортных процессов.

SWOT-анализ определяет и выделяет факторы для всех групп по схеме:

1 Определение шкалы оценок факторов  $|a_j, b_j|$ , где  $a_j$  – минимальное (наихудшее) значение фактора;  $b_j$  – максимальное (лучшее) значение фактора.

Для всех факторов обычно используется одинаковая шкала, например, по степени важности (3 – высокая, 2 – средняя, 1 – низкая). Это помогает экспертам в удобстве и однозначности восприятия.

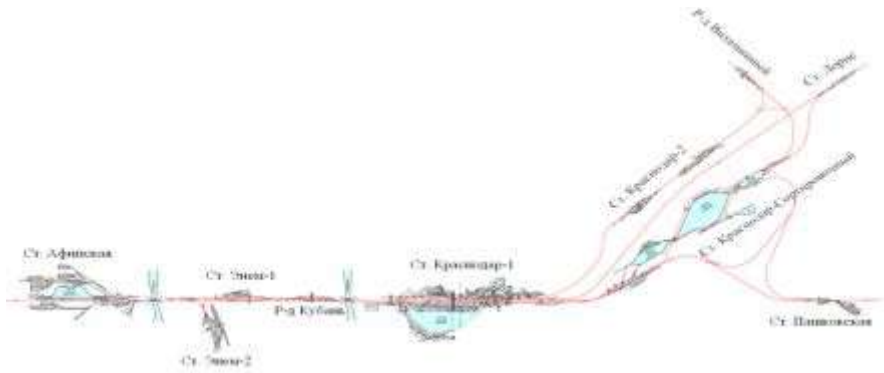


Рисунок 1 – Схема Краснодарского железнодорожного узла

2 Формирование допустимого количества факторов способом опроса экспертов без их отсеивания: пусть  $F$  – множество факторов.

$$F = \{F_1, F_2, \dots, F_k\}.$$

3 Расчет оценок факторов  $c_{jm}$ ,  $a_j \leq a_{jm} \leq b_j$  – вес  $m$ -го фактора, определенный  $j$ -м экспертом,  $j = 1, l$ ;  $m = 1, k$ .

4 Вычисление суммарного веса фактора  $C_m = \sum_{j=1}^l c_{jm}$ .

5 Выбор метода отбора значимых факторов: по распределению величин; по правилу Парето; в процентном соотношении от количества.

6 Отбор значимых факторов: в соответствии с выбранным методом [4].

Для расчета весов экспертов можно использовать оценку компетентности, которая заключается в фиксации и сравнении частных мнений экспертов с общим мнением экспертной группы, стимулировании повышения компетентности, ответственности экспертов за принятые решения, практической эффективности решений.

Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ внедрения цифровизации в Краснодарский транспортный узел методом SWOT-анализа

Преимущества	Недостатки
<p>Заинтересованность высшего руководства Компании.</p> <p>Возможности использования цифровых технологий</p> <p>Наличие «агентов изменений», технологических компетенций и экспертизы.</p> <p>Опыт успешной реализации цифровых решений в рамках Холдинга РЖД.</p> <p>Значительный опыт в области нормативного регулирования.</p> <p>Наличие собственной развитой инфраструктуры Краснодарского узла</p>	<p>Необходимость усилий по видоизменению текущей культуры в «цифровую корпоративную культуру РЖД»</p> <p>Создания и адаптация специфичных программных продуктов.</p> <p>Значительный объем первичных данных, получаемых вручную.</p> <p>Ограничения при использовании клиентских данных (GDPR и пр.).</p> <p>Необходимость развития корпоративных процедур для реализации «быстрых» проектов на принципах Agile</p>

Окончание таблицы 1

Преимущества	Недостатки
<p>Потребность клиентов в цифровых и безбумажных технологиях.</p> <p>РЖД — центральный элемент международных транспортных коридоров.</p> <p>Наличие нормативных условий для совместной реализации проектов с внешними партнерами.</p> <p>Поддержка цифровой трансформации на высшем уровне руководства Российской Федерации</p>	<p>Значительное конкурентное давление.</p> <p>Зависимость от технологий и решений поставщиков.</p> <p>Нехватка квалифицированных специалистов по цифровизации.</p> <p>Увеличение потенциальной стоимости проектов для защиты от киберугроз.</p> <p>Пробелы в нормативном регулировании в области цифровизации.</p> <p>Санкционное давление</p>

На «проблемном поле» создается стратегия развития. Она вырабатывается на экспертном методе, который, в свою очередь, подразумевает независимые друг от друга мероприятия. Оценка взаимовлияния сильных и слабых сторон, возможностей и угроз помогает обеспечить выявление «проблемного поля». Данная количественная оценка задает приоритеты в развитии узла.

Чтобы на стратегическом уровне анализировать внешнюю среду, разумно пользоваться методом PEST-анализа, который предполагает анализ экономических, социокультурных, политических и технологических факторов. PEST-анализ представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ внешней среды Краснодарского транспортного узла с помощью PEST-анализа

Политические	Экономические
<p>Введение ограничений на экспорт/ импорт определенных категорий товаров.</p> <p>Тенденции к урегулированию или дерегулированию в сфере транспорта.</p> <p>Налоговая политика (снижение НДС, увеличение налога на недвижимое имущество).</p> <p>Межнациональная политика в области транспорта.</p> <p>Нестабильность взаимоотношений с основными торговыми партнерами</p>	<p>Изменение курса рубля.</p> <p>Экономическое развитие Южного региона, субъектов РФ, Российской Федерации.</p> <p>Экономическое положение транспортного комплекса.</p> <p>Структура и динамика ВВП, ВРП.</p> <p>Национальная тарифная политика.</p> <p>Мировая экономика, динамика ее роста.</p> <p>Снижение уровня инфляции и процентных ставок</p>
Социокультурные	Технологические
<p>Низкие темпы прироста населения.</p> <p>Изменение уровня и образа жизни населения.</p> <p>Падение числа экономически активного населения.</p> <p>Развитие туризма.</p> <p>Развитие курортных и санаторных зон</p>	<p>Себестоимость транспортных услуг.</p> <p>Состояние предприятий транспортной инфраструктуры транспортных предприятий</p> <p>Использование инновационного подвижного состава.</p> <p>Развитие информационных технологий.</p> <p>Организационно-правовая форма</p>

При этом решение имеющихся или возможных противоречий и проблем Краснодарского узла – самостоятельная задача. Вектор проектных решений

обращен на разработку мероприятий, которые снизят риски, и реализуют сильные стороны и возможности цифровизации Краснодарского узла.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, утв. распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 года № 1734-р.

2 Концепция реализации комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога» / ОАО «РЖД». – М. 2017. – 92 с.

3 *Розенберг, Е. Н.* Цифровая экономика и цифровая железная дорога / Е. Н. Розенберг, В. И. Уманский, Ю. В. Дзюба // Транспорт Российской Федерации. 2017. – № 5 (72). – С. 45–49.

4 *Бакалов, М. В.* Ресурсоориентированное развитие транспортной системы южного региона: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / М. В. Бакалов. – Ростов н/Д. : Рост. гос. ун-т путей сообщ., 2020. – 24 с.

5 *Бродецкий, Г. Л.* Системный анализ в логистике: выбор в условиях неопределенности : учеб. / Г. Л. Бродецкий. – М. : Изд. центр «Академия», 2010. – 336 с.

6 *Скорченко, М. Ю.* Состояние и перспективы контейнерных перевозок в Российской Федерации / М. Ю. Скорченко // Инженерный вестник Дона. – 2017, № 4. – Режим доступа: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4573](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4573). – Дата доступа 19.10.2020.

*E. E. MIZGIREVA*

## DIRECTIONS OF DIGITALIZATION OF NODE TRANSPORTATION PROCESSES ON THE EXAMPLE OF KRASNODARSKY TRANSPORT HUB

The article discusses the concept of transformation of JSC "Russian Railways", analyzes the projects "Digital Railway" and "Digital Railway Junction", identifies their goals, objectives and main examples. Using the example of the Krasnodar node, a SWOT and PEST analysis of digital transformation was carried out.

Получено 19.10.2020

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2020**

---

УДК 656.21.001.2:004

*Е. М. ПЕРЕПЛАВЧЕНКО*

*Белоруссий государственный университет транспорта, г. Гомель  
evgeniy.pereplavchenko@yandex.by*

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ ЕДИНОГО ТОПОЛОГИЧЕСКОГО ШАБЛОНА

В статье изучается вариант унифицированной структуры функциональных схем из-за отсутствия унификации и четких нормативных требований к схемам станции,



что является препятствием для их эффективного использования. Излагаются способы дополнения исходных топологических шаблонов до узкоспециализированных технологических схем железнодорожных станций.

Железнодорожные станции выполняют сложную многооперационную работу по обслуживанию поездо-, вагоно- и грузопотоков при перевозках железнодорожным транспортом. Более 80 % мощности инфраструктуры обслуживающего путевого развития и технического оснащения сосредоточено на станциях. Различное взаимное расположение станционных путей, отличное от типовых конструктивных схем, обусловлено топографическими ограничениями и другими требованиями. Эти особенности приводят к формированию технологически работоспособных и одновременно топологически сложных путевых структур с расположением станционных парков в кривых, укладкой стрелочных переводов в горловинах по нестандартным схемам взаимного расположения, размещением отдельных устройств станции на удаленных площадках. Из 368 отдельных пунктов, эксплуатируемых на Белорусской железной дороге, нет ни одного запроектированного по классическим канонам.

Масштабные планы станции занимают территорию, достаточно узкую по ширине (в пределах 50–100 метров) и значительно протяженную вдоль направления основных технологических линий обслуживаемых вагонопотоков (до 3000 метров и более). В мелком масштабе изображаемых объектов железнодорожная станция занимает узкую площадку с искривленной геометрией контурной области. Масштабный план крупной участковой или сортировочной станции охватывает площадь более свободной конфигурации благодаря большому количеству устройств и необходимости проведения интенсивной маневровой работы с занятием многочисленных запроектированных станционных и соединительных путей. Масштабный план станции разрабатывается при сооружении новых отдельных пунктов и реконструкции существующих. После подготовки проектной документации и сооружения запланированных станционных объектов масштабный план прилагается к технико-распорядительному акту станции как необходимый документ, к которому обращаются в достаточно редких случаях. В процессе текущей эксплуатационной работы используется его стилизованный вариант в виде немасштабной схемы, которая определяется как топологический эквивалент масштабного плана. Практикой установлено упрощенное изображение инфраструктуры станции, приближенное к классическим формам прямоугольно-контурного внешнего вида объектов. На немасштабных схемах сохраняются структурные связи элементов, а геометрия кривых исправляется на прямоугольные образы путей и горловин.

Однако стандартной, регламентированной процедуры трансформации масштабного плана станции в эквивалентный немасштабный аналог в на-

стоящее время не разработано. Немасштабные схемы достаточно широко используются в практике работы технических отделов станций и отделений железных дорог и являются основным элементом различных табло на пультах дежурных по станции и диспетчерского аппарата, иллюстративным и демонстрационным материалом в отчетных документах, информационных панелях с графическими репродукциями путевого развития. На территории станции наглядно представляются схемы безопасного и разрешенного прохода работников станции и пассажиров и др. Для различных технических и оперативных, хозяйственных целей используется более десяти различных видов немасштабных схем одной станции, которые отличаются друг от друга объемом информационного наполнения, внешним видом условных графических элементов, размерами занимаемой площади листа из-за различной компоновки станционных объектов.

Отсутствие единого образа немасштабной схемы, порождаемого одним единственным масштабным планом станции, приводит к дополнительным проблемам. Например, схемы станции, используемые в практике оперативной работы, отличаются от аналогичных схем станций отделов СЦБ и связи. Принципиальные отличия связываются с изображением центров стрелочных переводов, характером привязки стрелок (к центрам переводов или началам остряков). Тесное взаимодействие отдельных служб железной дороги часто не подкрепляется, а затрудняется несогласованными информационными базами эксплуатируемой инфраструктуры, являющейся общей для всех обслуживающих подразделений. Дополнительные расходы связываются с непроизводительными потерями времени и необходимостью привлечения специалистов проектных организаций при решении задач, возникающих в штатных режимах текущего обслуживания путевой инфраструктуры железнодорожной станции.

Методической основой решения данных проблем является разработка единой немасштабной схемы на основе исходного масштабного плана станции. Шаблонная форма схемы в дальнейшем дополняется профильными данными, формирующими полный образ для специального назначения.

Теоретический аспект связывается с разработкой топологического эквивалента масштабного плана, имеющего единую структуру максимального стилизованного информационного образа, используемого в качестве шаблона для получения узкопрофильных немасштабных схем. Унификация структурных схем железнодорожных станций оказывается невозможна без формирования единого шаблона представления путевого развития и технического оснащения раздельного пункта по параметрическим данным цифрового масштабного плана. Выделяемая инфраструктурная основа является базовой конструкцией для формирования любой схемы данной станции широкого или узкопрофильного назначения.

Инвариантом всех схем некоторой станции является синтез геометрически связной структуры путевого развития с максимально допустимым 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 станции 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. Исключение криволинейных участков путей основано на определении допустимых областей трансформации. Все кривые в горловинах парков относятся к нетрансформируемым или слабо трансформируемым. Исследуются только трансформируемые кривые, которые располагаются на внутростанционных путях. 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 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 вектора) направлениям. При этом в границах композиционного листа рассчитывается величина междупутья, условно соразмеримого с реальными, масштабированными по плану станции. Схемное междупутье зависит от емкости 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.

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. По сути, шаблон, являясь инвариантом всех схем данной станции, определяет внешний вид любой порождаемой им узкопрофильной схемы. Изучается возможность конструирования двух групп функциональных цифровых схем:

1) определяющих разграничение территории станции по эксплуатирующим подразделениям (ФС-1);

2) формирующих технологическую структуру с отражением парков в рыбаках (ФС-2).

ФС-1 и ФС-2 исполняются в выбранной цветиметрической гамме некоторого ряда спектра с использованием основных цветов: красного, зеленого, голубого, желтого и серого. Для ФС-1 эти цвета соотносятся с наименованиями подразделений, ответственных за состояние выделенных станционных объектов: ДС, ПЧ, ТЧ, ЭЧ, ВОД. В ФС-2 эти цвета указывают на категории обслуживаемых потоков (соответственно, пассажирские, транзит без переработки, транзит с переработкой, местные и одиночные локомотивы).

Функциональные схемы являются более насыщенными по плотности объектов в сравнении со структурными схемами станций. На единицу площади композиционного листа функциональная схема, в частности, технологическая схема станции, включает в 2,1–2,5 раза больше элементов. Поэтому возникают сложности для визуального восприятия подобных схем с плотным и мелким графическим контентом.

При высокой плотности объектов и малой площади композиционного листа (формат А5) ряд графических конструкций оказывается неразличимым и исключается из технологической схемы. Удаляемый набор называется *топологическим деструктом*, который выносится на *трансляционную панель*. Трансляционная панель представляет собой отграниченную область дополнительного композиционного листа, на котором в увеличенном масштабе представляется зона станции с исключенными объектами технологической схемы. Трансляционная панель может располагаться в свободной области базового листа или за его пределами.

Топологический деструкт может быть оформлен как полноценная схема горочной горловины или парка, дополненная соответствующими компонентами. При переносе объектов технологической схемы на форматы композиционных листов А3 и более топологический деструкт исключается, так как в полном объеме и увеличенном масштабе размещается на возросшей площади листа.

Элементами исполнения технологической схемы станции являются *ретушные компоненты*, представляемые в виде сложного набора графических инструментов, соответствующих некоторым объектам путевого развития (*объектное дополнение*) и условных обозначений, связанных с объектами технического оснащения станций (*абрисное дополнение*). Абрисное дополнение ретушного компонента выражается в формировании особых графических объектов, не имеющих аналогов среди физических прототипов станций (границы зон ответственности, маневровые районы, парки «рыбка»).

Технологическая схема станции включает несколько различных позиций абрисных дополнений (АД) представленных в таблице 1.

**Таблица 1 – Абрисные дополнения технологических схем станций**

Группа абрисного дополнения	Абрисное дополнение	Краткая характеристика
АД-1	АД-11	Отображение парков в виде штрихованных образов
	АД-12	Отображение технологических линий обслуживания вагонопотоков
АД-2	АД-21	Характеристики объектов технического оснащения
	АД-22	Объекты технического оснащения в горловинах парков

Таким образом, АД-11 включает графические конструкции, очерчивающие границы станционных парков, закрывающих все пути штрихованной структурой трапецидальной формы, повторяющей контуры парка. Схемный вариант АД-12 определяет технологические линии обслуживания вагонопотоков различных категорий. Эти линии накладываются на станционные пути и горловины схемы станции. Такой вид абрисных дополнений тяготеет к путевой инфраструктуре и наружной границей проходит по крайним путям парка и горловины. АД-2 не связаны с геометрией пути, а указывают на характеристики объектов (АД-21), а также на объекты технического оснащения, располагаемые в горловинах парков (АД-22).

Существенным признаком технологических схем являются абрисные дополнения АД-11 и АД-12. АД-11 позволяет формировать парки-рыбки в виде замкнутых штрихованных графических образов, полностью закрывающих площадь станционного парка. Суммарная площадь абрисных дополнений АД-11 не должна превышать некоторой фиксированной площади композиционного листа данного формата. Такое условие накладывает ограничения на размеры парковых структур, позиционированных в конкретных формах композиционных листов. Особенностью абрисного дополнения АД-12 является возможность его наложения на структуру АД-11, в результате чего формируется *простая* или *сложная аппликативные структуры* (рисунок 1).

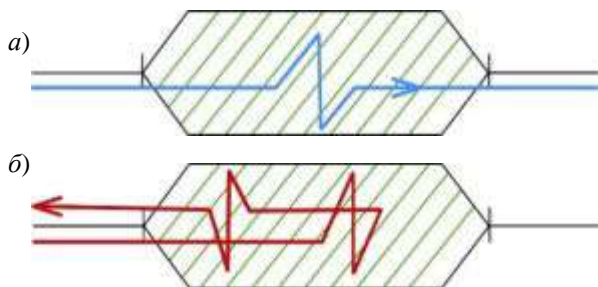


Рисунок 1 – Примеры аппликативных конструкций абрисных дополнений:  
а – простая; б – сложная

Данные аппликативные конструкции возникают как результат взаимодействия статичной структуры АД-11 (изображения парка станции) и динамической структуры АД-12 (технологической линии обслуживания вагонопотока одной или нескольких категорий). Абрисное дополнение АД-12 взаимодействует с компонентами АД-21, также приводя к образованию аппликативных конструкций (рисунок 2).

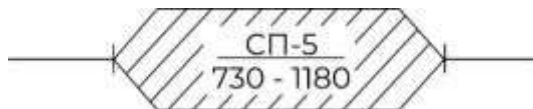


Рисунок 2 – Аппликативная конструкция АД-12 + АД-21 технологической схемы

Приведенная аппликативная конструкция технологической схемы соединяет две статичные структуры изображения парка (АД-12) и его характеристик (АД-21). Данная связь относится к *жестким* по сравнению с предыдущим вариантом (АД-12 + АД-11), относящимся к категории *мягких* связей.

Жесткие связи абрисных дополнений более устойчивы и изменяются только после выполнения переустройства путевого развития. Мягкие связи изменяются при изменении технологии работы парков.

Таким образом, унификация структурных и функциональных схем железнодорожных станций обеспечивается благодаря формированию единого шаблона раздельного пункта по параметрическим данным цифрового масштабного плана, который состоит из топологического и семантического компонентов, отвечающих за связность структуры путевого развития и графическое оформление чертежа соответственно. Формирование полного информационного образа функциональной схемы реализуется за счет определенных объектных и абрисных дополнений, которые могут быть использованы в виде аппликативных конструкций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Правдин, Н. В.* Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций : Монография / Н. В. Правдин, А. К. Головнич, С. П. Вакуленко; под общ. ред. Н. В. Правдина. – 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.* Разработка схем железнодорожных станций в системе единой топологической структуры масштабно-немаштабного изображения путевого развития и технического оснащения / Е. М. Переplавченко // Транспорт и логистика: стратегические приоритеты, технологические платформы и решения в глобализованной цифровой экономике : тезисы докладов III Междунар. науч.-практ. конф. / Ростовский гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2019. – С. 313–315.

*Е. М. PEREPLAVCHENKO*

### COMPOSING OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL SCHEMES OF RAILWAY STATIONS ON THE BASIS OF UNIQUE TOPOLOGICAL PATTERN

The article draws attention to the lack of unification and clear regulatory requirements for station layouts, which prevents their effective use. Here is a variant of structure unified functional schemes. The ways of supplementing the initial topological templates to highly specialized technological schemes of railway stations are described.

Получено 06.11.2020

---

ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2020

---

УДК 656.223.28

*Е. Н. ПОТЫЛКИН*

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

### ОБОРОТ ВАГОНА В УСЛОВИЯХ МНОЖЕСТВЕННОСТИ ОПЕРАТОРОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Выполнен анализ оборота вагонов, его структуры для оценки перспектив работы железнодорожного транспорта Республики Беларусь в современных условиях. Актуализирован вопрос целесообразности предоставления собственного подвижного состава в пользование для грузовладельцев. Результаты исследования могут быть использованы при совершенствовании взаимодействия железнодорожных станций и мест необщего пользования.

Для оценки перспектив работы железнодорожного транспорта Республики Беларусь в условиях роста количества операторов подвижного состава, а также самого парка собственных вагонов в качестве примера рассмотрен опыт Российских железных дорог. Рост числа операторов подвижного состава, сопровождавшийся закупкой новых собственных вагонов, которые пополняли и обновляли общий парк вагонов, в соответствии с рисунком 1, наблюдался на Российских железных дорогах [1], начиная с 2010 года.

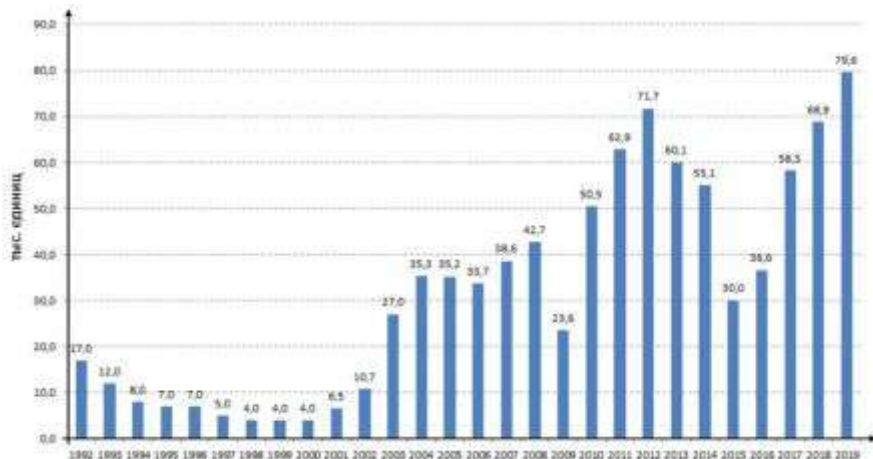


Рисунок 1 – Динамика производства грузовых вагонов в России

Представленному увеличению парка вагонов за счет роста парка собственного подвижного состава способствовало проведение реформы железнодорожного транспорта в Российской Федерации. Рост парка вагонов сопровождался изменением оборота вагона и его структуры [2] (рисунок 2).

Оборот вагона определяется как время цикла операций от начала одной погрузки вагона до начала другой

$$T_{\text{об}} = t_{\text{п}} + T_{\text{д}}^{\text{гр}} + t_{\text{отс}}^{\text{пвыг}} + t_{\text{в}} + t_{\text{отс}}^{\text{повыг}} + T_{\text{д}}^{\text{пор}} + t_{\text{отс}}^{\text{ппог}}, \text{ сут}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{п}}$  – продолжительность погрузки вагона, сут;  $T_{\text{д}}^{\text{гр}}$  – продолжительность груженого рейса, сут;  $t_{\text{отс}}^{\text{пвыг}}$  – продолжительность отстоя вагона перед выгрузкой, сут;  $t_{\text{в}}$  – продолжительность выгрузки вагона, сут;  $t_{\text{отс}}^{\text{повыг}}$  – продолжительность отстоя вагона после выгрузки, сут;  $T_{\text{д}}^{\text{пор}}$  – продолжительность порожнего рейса, сут;  $t_{\text{отс}}^{\text{ппог}}$  – продолжительность отстоя вагона перед погрузкой, сут.



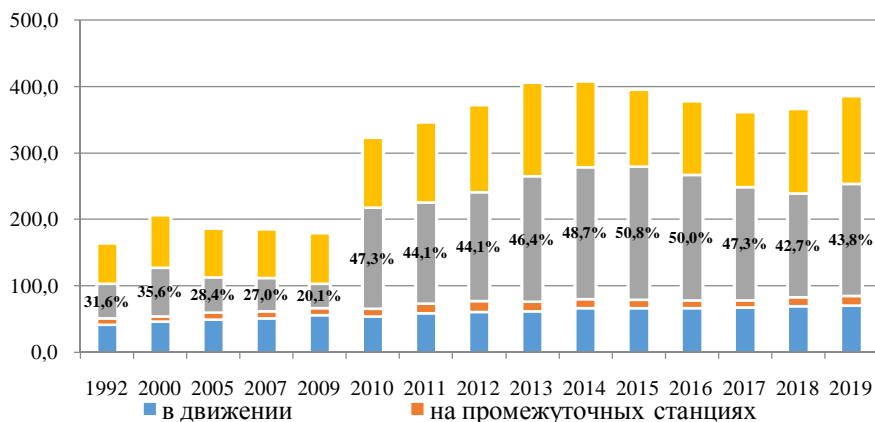


Рисунок 2 – Динамика оборота вагона на Российских железных дорогах

Продолжительность грузового рейса определяется по формуле

$$T_{д}^{гр} = \frac{L_{гр}}{v_{м}}, \text{ сут}, \quad (2)$$

где  $L_{гр}$  – грузный рейс вагона, км;  $v_{м}$  – маршрутная скорость движения, км/сут.

Отстой вагонов перед выгрузкой  $t_{отс}^{пвыг}$  практически не встречается на Белорусской железной дороге, хотя он возможен в случае использования подвижного состава в качестве «склада на колесах», а также при доставке продукции «точно в срок». В то же время направление в отстой собственных вагонов после выгрузки  $t_{отс}^{пвыг}$  производится достаточно часто ввиду отсутствия окончательного согласования тарифов на перевозку либо заключения договора между владельцем железнодорожного пути необщего пользования и собственником подвижного состава на временное размещение вагонов.

Движение подвижного состава в порожнем состоянии характеризуется коэффициентом порожнего пробега

$$\alpha_{пор} = L_{пор} / L_{гр}, \quad (3)$$

где  $L_{пор}$  – порожний рейс вагона, км.

Как правило,  $\alpha_{пор}$  для инвентарных вагонов меньше, чем для собственных, поскольку инвентарные вагоны, регулируемые диспетчерским аппаратом, оперативно подаются под погрузку по регулировочному заданию. В то же время оператор собственного вагонного парка во избежание возникновения простоя подвижного состава во время грузового рейса находит груз для следующей перевозки, пытаясь при этом минимизировать порожний пробег вагона. Продолжительность движения вагона в порожнем состоянии, сут,

$$T_{\text{д}}^{\text{пор}} = \frac{L_{\text{пор}}}{v_{\text{м}}} = \frac{L_{\text{гр}} \alpha_{\text{пор}}}{v_{\text{м}}}. \quad (4)$$

Отстой подвижного состава перед погрузкой  $t_{\text{отс}}^{\text{ппог}}$ , как правило, характерен для собственных перевозочных средств по причинам отсутствия окончательного согласования тарифов перевозки.

Пусть  $t_{\text{п}} + t_{\text{р}} = t_{\text{п-р}}$ , тогда оборот, сут, составит:

– инвентарного вагона

$$T_{\text{об}}^{\text{ин}} = t_{\text{п-в}} + (1 + \alpha_{\text{пор}}) \frac{L_{\text{гр}}}{v_{\text{м}}}, \quad (5)$$

– собственного вагона

$$T_{\text{об}}^{\text{соб}} = t_{\text{п-в}} + (1 + \alpha_{\text{пор}}) \frac{L_{\text{гр}}}{v_{\text{м}}} + t_{\text{отс}}^{\text{пвыг}} + t_{\text{отс}}^{\text{повыг}} + t_{\text{отс}}^{\text{ппог}}. \quad (6)$$

Составляющими элементами оборота собственного вагона являются различные виды отстоя подвижного состава, которые осуществляются в пунктах зарождения, погашения грузопотоков. Они, в отличие от продолжительности рейса и времени на погрузку, выгрузку вагона, не относятся к технологическим операциям, то есть не могут быть нормированы и заранее определены. Данное обстоятельство увеличивает степень влияния фактора случайности на оборот подвижного состава, продолжительность его нахождения на железнодорожных путях и, как следствие, на взаимодействие железнодорожного транспорта общего и необщего пользования.

При этом с начала активных закупок собственного подвижного состава до настоящего времени увеличение парка вагонов продолжается, несмотря на значительное увеличение оборота вагона. Это свидетельствует о том, что данный показатель потерял ключевую роль в оценке эффективности использования подвижного состава. Как отмечают сами собственники перевозочных средств, на передний план вышла доходность вагона в единицу времени.

Развитие данного положения нашло отражение в работах ученых и практиков в области оперирования собственным подвижным составом [3–6]. Они отмечают, что простой собственного вагона в ожидании доходного груза или интенсивная работа, даже не приносящая дохода, – это выбор оператора вагонного парка, зависящий от задач, которые стоят перед ним.

Для сравнительного анализа в таблице 1 приведены значения оборота грузового вагона на железных дорогах США и СССР в 1950–1985 годах [2]. За анализируемый период работа железнодорожного транспорта США характеризовалась развитием конкурентной среды в сфере оперирования подвижным составом, а СССР – централизованным управлением парком вагонов.

Таблица 1 – Оборот вагона в СССР и США в 1950–1985 годах

В сутках

Железные дороги	Годы						
	1950	1960	1965	1970	1975	1980	1985
СССР	7,5	5,6	5,2	5,6	5,8	6,7	6,7
США	17,8	18,2	18,5	18,5	22,3	21	21,2

Анализ таблицы 1 подтверждает положение о том, что в условиях децентрализованного управления подвижного состава оборот вагона не является ключевым показателем, характеризующим работу вагонного парка.

Белорусская железная дорога унаследовала принципы и основные положения управления подвижным составом от СССР. Тенденции последних лет на железнодорожном транспорте в части динамики вагонного парка и его структуры свидетельствуют об увеличении парка собственных вагонов и повышении его доли в общем парке. Поэтому при дальнейшем прослеживании указанной тенденции оценивать работу подвижного состава по показателям, унаследованным от плановой системы экономики, может быть не целесообразным, поскольку в настоящее время на первый план выходит доходность вагона в единицу времени.

В такой ситуации владелец перевозочного средства, находящегося в отстое, заинтересован в его предоставлении в пользование для различных целей. Например, использовать вагон для погашения среднесуточной неравномерности на железнодорожном пути необщего пользования. Поэтому актуальным в настоящее время является вопрос целесообразности предоставления собственных вагонов в пользование для грузовладельцев, поскольку у них появляется возможность содержать меньше складских емкостей, а собственник в таком случае получит доход за предоставление подвижного состава.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Производство грузовых вагонов в РФ в 2019 году [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа : <https://f-husainov.livejournal.com/718765.html>. – Дата доступа : 15.04.2020.

2 Оборот вагона в 2019 г. и изменение его структуры в долгосрочной перспективе [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа : <https://f-husainov.livejournal.com/716284.html>. – Дата доступа : 15.04.2020.

3 *Терешина, Н. П.* Экономическое регулирование работы и развития железнодорожного транспорта в условиях рыночных отношений : дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05 / Н. П. Терешина. – М. 1995. – 297 л.

4 Для ускорения оборота вагона важна ответственность сторон [Электронный ресурс] // Гудок – 2016. – Режим доступа : <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1345167&archive=2016.07.28>. – Дата доступа : 15.04.2020.

5 *Мачерет, Д. А.* Оценка эффективности использования грузовых вагонов / Д. А. Мачерет, А. А. Мачерет // Экономика железных дорог. – 2019. – № 11. – С. 25–31.

6 Методы анализа индекса качества транспортного обслуживания грузовладельцев / Ю. И. Соколов [и др.] // Экономика железных дорог. – 2019. – № 4. – С. 19–27.

*E. N. POTYLKIN*

#### **WAGON TURNOVER UNDER THE CONDITIONS OF MULTIPLE OPERATORS OF ROLLING STOCK**

The analysis of the turnover of cars, its structure to assess the prospects of the railway transport of the Republic of Belarus in modern conditions. The issue of the appropriateness of providing own rolling stock for use for cargo owners has been updated. The results of the study can be used to improve the interaction of railway stations and public places.

Получено 05.06.2020

УДК 330.8

*Н.А. РЕПЕШКО, И.А. КОЛОБОВ*

*Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)*

*Nar\_75@mail.ru*

## **ПРИНЦИПЫ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Основой «бережливого производства» является процесс исключения всех видов потерь, а именно любой деятельности, которая нуждается в ресурсах, но не образует ценности. Сокращение потерь напрямую оказывает влияние на снижение затрат во всех главных производственных процессах. Бизнес-стратегия, направленная на устранение потерь, уменьшение времени между заказом потребителя и оказанием услуги, использующая принципы уважения к человеку, является бережливым производством на железнодорожном транспорте. Такая стратегия обеспечивает процесс оптимизации производства, трудовых ресурсов и материальных затрат всех сотрудников, а также направляется на потребителя услуг железнодорожного транспорта.

Бережливое производство – бизнес-стратегия, направленная на устранение потерь, уменьшение времени между заказом потребителя и оказанием услуги, использующая принципы уважения к человеку.

Основными принципами «бережливого производства» являются: определение ценности, то есть понимание того, что представляет ценность для конечного потребителя; выявление того, что действительно является главным для потребителя; непрерывный анализ существующей системы производства; поток создания ценности (англ. *valuestream*), а именно количество операций по проектированию, оформлению и изготовлению заказа; оказание потребителю услуги «вытягивания» готовых изделий из производственной системы вместо того, чтобы работать на склад; постоянное совершенствование, а именно постепенное исключение всех видов потерь из технологических процессов. Бережливое производство базируется на привлечении в процесс оптимизации производства трудовых ресурсов и материальных затрат всех сотрудников, а также направлено на конечного потребителя. Основой «бережливого производства» является процесс исключения всех видов потерь, а именно любой деятельности, которая нуждается в ресурсах, но не образует ценности. Сокращение потерь напрямую оказывает влияние на снижение затрат во всех главных производственных процессах.

Инструменты бережливого производства способствуют выявлению и устранению потерь семи видов, указанных на рисунке 1.



Рисунок 1 – Виды потерь при оценке производства

1 Перепроизводство. Под перепроизводством подразумевается изготовление продукции в объеме большем, чем требуется заказчику. Перепроизводство приводит к потерям, так как для производства излишней продукции затрачиваются лишние ресурсы, которые можно было задействовать в другом технологическом процессе или не задействовать вовсе, также всегда существует риск не реализовать излишнюю продукцию или же реализовать, но уже по заниженным ценам.

Причинами перепроизводства являются: недостаточное макровзаимодействие с заказчиками, некачественное составление плана и анализ спроса; существенное время переналадок; пиковая заявка материалов и ресурсов, вывод продукции крупными партиями; дублирование работы.

В перевозочном процессе перепроизводство нехарактерно, так как перевозки – это предоставление услуг, следовательно, процесс производства и потребления протекает одновременно. Ранее в период работы единым вагонным парком могли возникнуть потери из-за перепроизводства, по причине подачи грузоотправителю большего количества вагонов, чем было необходимо. На сегодняшний день все услуги, связанные с передвижением вагонов как в груженном, так и в порожнем состоянии, оплачиваются собственниками, отчего к перепроизводству не приводят. Убытки от перепроизводства возникают также в офисной работе, например, из-за копирования большого количества документов, отправке информации большему числу работников, чем нужно. Устранение этих потерь происходит путем упорядочивания определенных процессов.

2 Дефекты и переделка. Накладки при работе с изделием порождают дефекты и влекут за собой изменение изделия. На устранение дефектной про-

дукции расходуются дополнительные ресурсы, в то время как создание товара или услуги оплачивается заказчиком один раз.

Ущербом железнодорожной станции от переделок и дефектов является появление затрат:

- на осуществление дополнительных работ, по закреплению, отцепке, прицепке локомотива из-за несвоевременного отправления сформированного и готового к отправлению поезда, если из-за некачественного планирования установлено решение отправить другой поезд. При четком планировании отправления поездов со станции такие потери исключаются;

- на вторичную переработку вагонов, возникающую по причине несвоевременного выявления поврежденных вагонов в парке прибытия, что вызывает задержки поездов в парке отправления. Для исключения таких потерь нужно пересмотреть и внести изменения и дополнения в технологию выполнения работ.

Для того чтобы достигнуть высокого уровня качества, необходимой очередности проектов, производительности и оперативности, создаются типовые операционные процедуры. Результат разработанных технологических документов – документирование лучшего метода выполнения работ применяется ко всем технологическим процессам. Самой главной из причин дефектов и переделок является отсутствие системы устранения ошибок (Рока-Уоке).

Применение данного метода позволяет ликвидировать или свести к минимуму вероятность допустить ошибку и предотвратить переход ошибок на другие этапы процесса. Метод Рока-Уоке состоит в том, что персонал, инженеры и руководители совместно создают процедуры и устройства для устранения ошибок там, где они могут появиться. Устранение ошибок вместе и во время их появления – самый экономичный и эффективный способ избежать потерь.

3 Передвижения (нецелесообразные передвижения кадров, инструмента). Нечелесообразные передвижения кадров, продукции и оборудования увеличивает себестоимость процесса. За счёт сокращения данных перемещений можно ускорить процесс. Это один из самых больших источников затрат, которые внезапно возникают и увеличивают производственные затраты. Причинами появления этого вида потерь является отсутствие порядка на рабочих местах, неоптимальное размещение устройств, материалов и рабочих мест.

Потерями при передвижении считают время, когда сигналист проходит от поста к точке закрепления вагонов и обратно, в случае местонахождения поста на большом расстоянии от точки закрепления. Эти потери можно снизить путем расположения помещения для отдыха в непосредственной близости от точки закрепления вагонов. Данные затраты возникают из-за закрепления состава большим числом башмаков при плохом профиле пути.

В этом случае потери сигналиста от ненужных перемещений во время закрепления состава снижаются в случае улучшения профиля пути, а также при оптимальном расположении полок для тормозных башмаков.

Для исключения потерь нужно провести фотографии рабочего времени сотрудников железнодорожной станции, а также провести хронометражные наблюдения за определенными операциями, вычислить непроизводительные затраты, исключить не приносящие ценность передвижения. Также этот вид потерь появляется из-за нахождения в междупутьях испорченных тормозных колодок и иных частей вагонов, которые не убрали после ремонта, затрудняющих подходы работников станции для осмотра вагонов и выполнения других работ. Данные непроизводительные потери можно устранить использованием метода 5S на рабочих местах.

4 Транспортировка. Появление транспортных потерь происходит в том случае, когда объекты и субъекты исследования перемещаются на более длинные расстояния и с большей периодичностью, чем это необходимо. Вместо того, чтобы скомпоновать процессы поэтапно или рядом, их часто располагают на большом расстоянии, что требует лишних затрат труда и не добавляет покупательской ценности производимым продуктам. Например, на железнодорожной станции, для того чтобы отставить вагоны на пути текущего отцепочного ремонта, нужно распустить состав на нечетной сортировочной горке, переместить их угловым вагонопотоком на пути четной сортировочной системы, распустить на четной сортировочной горке и при накоплении выставить на пути четной сортировочной системы.

После ремонта весь алгоритм работы с вагонами происходит в обратном порядке. Рациональное распределение ресурсов среди ремонтных участков и последующая передача некоторых видов на пути текущего отцепочного ремонта нечетной сортировочной системы уменьшат излишние затраты труда на передвижение вагонов к производственным местам отцепочного ремонта вагонов. Кроме этого, к транспортным потерям приводит непарность поездов при движении, что и является причиной одиночного движения локомотивов. Такие потери возникают при несоблюдении плана формирования поездов, то есть поезд, который пришел в расформирование, пропускается транзитным, что ведет к большим затратам труда на движение по участку и в обратном направлении, при этом увеличивая затраты на ненужные перемещения вагонов. Для устранения потерь из-за излишней транспортировки проводятся логистические исследования, анализ карты существующих потоков создания ценности, разрабатываются мероприятия по перепланированию потока, составляется карта будущего потока создания ценности, определяется экономическая эффективность разработанных мероприятий.

5 Запасы. Ненужные запасы представляют собой потери, образующиеся из-за затрат на обслуживание и содержание дополнительных производст-

венных мощностей, ненужных площадок, железнодорожных путей, устройств, машин, запасов большого количества сырья. Такие потери из-за присутствия ненужных запасов заключаются в упущенной выгоде от вероятности применения этих ресурсов в другом месте.

Причинами потерь от ненужных запасов могут быть: плохая связь с поставщиками; проблема планирования; перепроизводство; большой срок переналадок; большое количество запасов сырья, незаконченного производства или готового товара; лишние производственные мощности; плохое качество оборудования. Например, неудовлетворительное планирование количества локомотивов, занятых на маневровой работе в парках станции, может вызывать потери от затрат на содержание лишних локомотивов, не обеспеченных объемами маневровой работы. Неудовлетворительная регулировка парка локомотивов может приводить к простоя локомотивов в ожидании работы на одной станции, в то время как на другой станции в пределах того же участка обслуживания может существовать дефицит тяги.

6 Излишняя обработка. Излишняя обработка – это изготовление продукции или услуг на более высоком уровне, чем это нужно клиенту и за которые он согласен платить, кроме того, осуществление процессов, которые не повышают качество, выгоду и быстроту производства. Увеличение функциональных достижений, не нужных клиенту, не увеличивает качество продукта или услуги, но ведет к затратам излишних ресурсов. Виной потерь от излишней обработки является нечеткое понимание того, что хочет заказчик и какой смысл ценности для него важен. Эти потери возникают из-за применения нескольких информационных систем, сбора и обработки ненужной информации, а также большого количества отчетов и совещаний.

Для исключения этих потерь нужно создать единую информационную систему, или соединить несколько информационных систем, которые уже существуют. Также этот вид потерь может возникать из-за лишних затрат на сверку номеров грузовых вагонов, прибывающих на станцию, вторичного технического и коммерческого обслуживания вагонов после преодоления незначительных расстояний и т. д. Все это приводит к лишним трудозатратам на реализацию «излишних» функций, операций обработки, контроля. Сократить потери от излишней обработки можно путем определения функциональных возможностей, реально нужных потребителю, ценность от создания которых превышает потребные на их реализацию затраты [1].

7 Ожидание. Такие потери, как ожидание, возникают, когда сотрудники или частично готовая продукция должны ожидать следующих действий, материалов или информации. Такие факторы, как плохое планирование и неумение управлять запасами, влекут за собой простои, которые требуют затрат времени и денег. Для железнодорожной станции основными причинами потерь от ожидания являются: несовершенство планирования; отсутствие информации; недостаточный уровень взаимодействия смежных подразделений, задействованными в одном технологическом процессе.



Потери в ожидании на железнодорожной станции могут быть простои в ожидании обработки состава в техническом и коммерческом отношении, в ожидании роспуска состава из-за нехватки информации о поезде, а также в ожидании локомотива из-за несвоевременного подхода локомотивов или производства технического обслуживания. Потери от ожидания случаются также из-за слабой согласованности действий подразделений при выполнении плановых и внеплановых «окон». Как пример можно привести простои из-за ожидания предоставления «окна», подъезда техники к участку проведения «окон», а также простои из-за позднего завершения «окна» или его предоставления вне расписания. Главным для уменьшения потерь в ожидании является концепция «точно вовремя», когда исполнение всякого действия как раньше, так и позже нужного времени считается как потери, потому что и в том и в другом случае одинаковый результат может быть достигнут либо быстрее, либо меньшим числом ресурсов.

Для уменьшения или устранения потерь от ожидания нужно создавать и вводить мероприятия по выравниванию загрузки персонала, совместных процессов проектирования работы с поездами на станции (сквозного проектирования технического коммерческого осмотра, роспуска и соединения, обеспечения локомотивами и бригадами), увеличить качество проектирования «окон». Факторы анализируются, выявляются риски (человеческий фактор, технические отказы, неподготовленность персонала и т. д.), определяются и документируются все потери, выявленные в ходе анализа потока создания ценности. Разрабатывается комплекс мер по их устранению.

Информация о ходе внедрения технологий бережливого производства, в том числе график, фактические и целевые показатели потоков создания ценности и другие данные, определенные руководителем рабочей группы, размещаются на информационных стендах производственных участков структурного подразделения, в которых осуществляется внедрение.

Уменьшить потери от ожидания предоставит переход на твердые нитки графика движения поездов. Так как одним из условий введения бережливого производства является прогноз параметров процесса, передвижение всех грузовых и пассажирских поездов по расписаниям позволяет заранее и вовремя вычислить потребность в ресурсах (количество персонала, локомотивов, материалов и т. д.) для выполнения изначального процесса и использовать именно это нужное количество – ни больше, ни меньше. Ранее известное число движений по каждому отрезку времени дают возможность вычислить требуемое время заключения каждой операции каждым связующим технологического процесса и устранить потери при ожидании и выполнении других работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Зубков, В. В. Методы определения критериев эффективности транспортно-производственного процесса / В. В. Зубков, Н. Ф. Сирина // Вестник РГУПС – № 3. – 2019.

*N. A. REPESHKO, I. A. KOLOBOV*

### **PRINCIPLES OF LEAN PRODUCTION ON RAILWAY TRANSPORT**

The basis of «lean production» is the process of eliminating all types of losses, namely any activity that needs resources but does not form value. Reducing losses has a direct impact on reducing costs in all major production processes.

A business strategy aimed at eliminating losses, reducing the time between the customer's order and the provision of services, using the principles of respect for the person is lean production in railway transport.

It is based on the involvement of all employees in the process of optimizing production, labor resources and material costs, and is also aimed at the consumer of railway transport services.

Получено 20.10.2020

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2020**

---

УДК 656.021.8, 656.222.4

*Д. Ю. РОМЕНСКИЙ, А. В. КОЛИН, А. М. НАСЫБУЛЛИН*  
*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*  
[romensky@miit.ru](mailto:romensky@miit.ru), [alex5959@yandex.ru](mailto:alex5959@yandex.ru), [nasybullin.airat@mail.ru](mailto:nasybullin.airat@mail.ru)

### **ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТЫ И ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЗОННЫХ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКАХ С ИНТЕНСИВНЫМ ПАССАЖИРСКИМ ДВИЖЕНИЕМ**

Рассмотрены предпосылки дальнейшего развития технологии работы пригородных железнодорожных участков с интенсивным движением поездов при развитии пригородно-городских перевозок в режиме работы метрополитена. Проанализированы проблемы, возникающие при интенсификации оборота поездов на зонных пассажирских станциях и предложены новые компоновочные схемы расположения зонных путей для обеспечения более интенсивного оборота электропоездов.

В настоящее время в отечественной науке и практике активно прорабатываются вопросы реализации проектов интенсивных пригородно-городских железнодорожных пассажирских перевозок. Накопленный опыт рабо-

ты железных дорог СССР и России [1, 2] указывает на активное применение технологии обращения поездов в смешанном режиме, то есть следование грузовых, дальних пассажирских и пригородных поездов в общем потоке. Инфраструктура и организация движения поездов были, главным образом, направлены на реализацию 4–8-минутных интервалов между поездами. Причём неравномерность пассажиропотоков по участкам диктовала необходимость обустройства зонных пассажирских станций, пропорционально падению густот пассажиропотоков при следовании от крупных городов. Отечественными учёными предлагались различные рекомендации по определению числа и ёмкости зонных станций [3–6], однако практика реализации проектов организации пригородно-городских перевозок в Москве и Санкт-Петербурге показывает, что на первый план выходит обеспечение комфортных для пассажиров интервалов между поездами по всей пригородной зоне агломераций. Это создаёт потребность в обустройстве высокопроизводительных зонных пассажирских станций на границе обращения пригородно-городских электропоездов. Всё это диктует необходимость проработки вопросов достаточности путевого развития и технологии обработки поездов на станциях оборота.

Существующие зонные станции, рассчитанные на относительно малые объёмы оборота поездов, могут обработать от 2 до 5 поездов в час, что является недостаточным для участков, на которых планируется организация интенсивного (до 12 пар в час) движения поездов. В связи с этим, существует потребность в совершенствовании и оптимизации схем путевого развития рассматриваемых зонных станций [7].

При этом оптимизация путевого схемы и технологии работы пунктов оборота пригородно-городских электропоездов должны основываться на перспективных объёмах работы зонных станций. С целью выявления технико-технологических ограничений пунктов оборота проведен анализ основных типовых схемных решений зонных станций крупных агломераций с интенсивными размерами движения. Основные системные недостатки существующих компоновочных схем пунктов оборота показаны на рисунке 1.

Эти схемы имеют следующие особенности:

- долгое занятие главных путей станций из-за увеличенной продолжительности приёма конечного пригородного поезда на станцию под запрещающий сигнал светофора из-за ограничения скорости при движении по прямо-отправочному пути на запрещающий сигнал светофора;
- увеличенную продолжительность операций по перестановке состава поезда с прямо-отправочного пути на пути оборота маневровым порядком;
- необходимость дополнительного опробования тормозов при переходе с поездного на маневровый режим, ограниченная скорость движения;
- враждебность маршрутов по заезду-выезду поездов на пути оборота составов по причине дополнительного времени занятия стрелочных горловин и главных путей хвостовой частью поезда, невозможность движения других поездов по враждебным маршрутам.

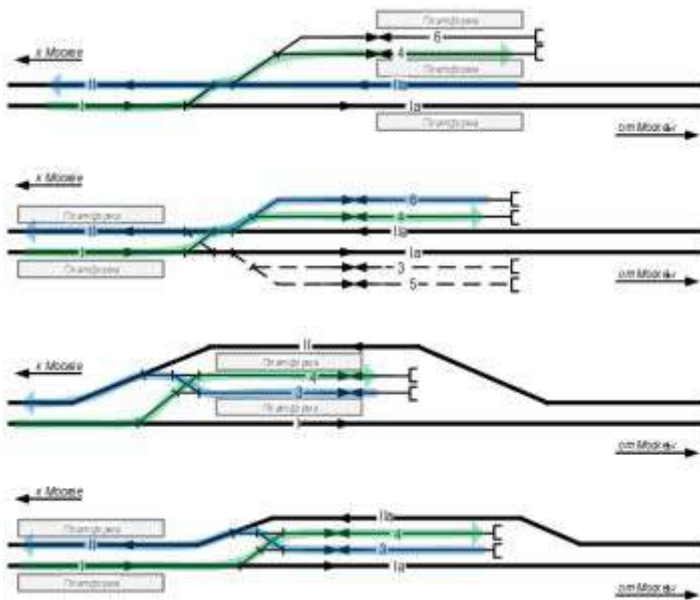


Рисунок 1 – Основные схемы пунктов оборота пригородно-городских электропоездов

Технология работы пунктов оборота составов пригородных поездов зависит от схемы расположения и соединения основных элементов технического оснащения, формирующих последовательность и продолжительность выполняемых операций (от момента прибытия до момента отправления). Пункты оборота можно разделить на три основных типа.

К первому типу (с последовательным расположением устройств) относятся пункты, на которых производится оборот моторвагонного подвижного состава (далее – МВПС) на зонных тупиках станции.

На рисунке 2 представлены примеры простых схем пунктов оборота составов пригородных поездов первого типа.

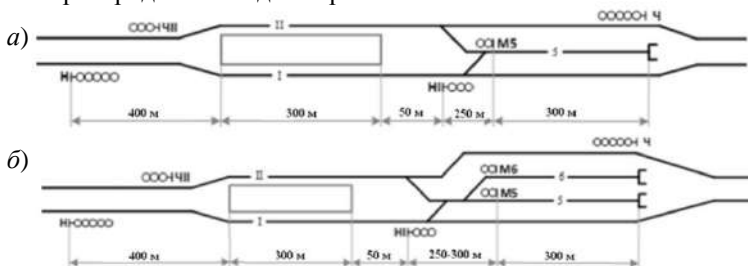


Рисунок 2 – Схемы пунктов с различным числом путей для оборота составов:  
а – одним; б - двумя

Особенностями работы данных схем зонных станций является ограничение скорости следования электропоезда к платформе, переход на маневровый режим и ограничение скорости при перестановке состава на зонный тупик.

Ко второму типу (с параллельным расположением устройств) относятся пункты оборота, имеющие специализированные зонные пути, оборудованные пассажирскими платформами для посадки-высадки пассажиров.

На рисунке 3 представлены примеры схем пунктов оборота параллельного типа, используемых для оборота пригородно-городских электропоездов. Особенностью схемы является выполнение всех операций не на главных путях, но перерабатывающая способность пункта оборота ограничивается перерабатывающей способностью путей.

К **третьему** типу (с последовательно-параллельным расположением устройств) относятся пункты оборота, имеющие специализированные зонные пути и пути, оборудованные пассажирскими платформами для посадки-высадки пассажиров. Возможны различные варианты комбинации количества и расположения зонных путей и оборотных тупиков (рисунок 4).

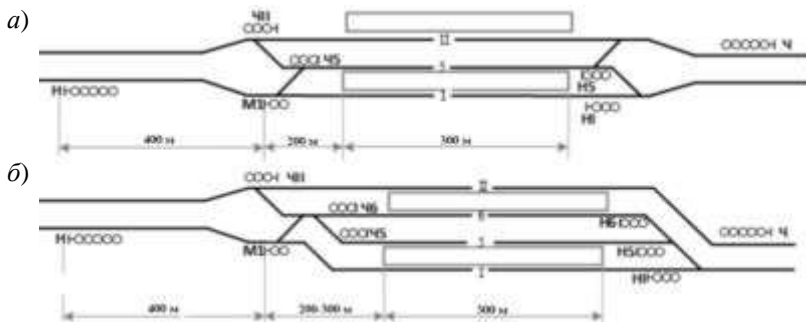


Рисунок 3 – Варианты расположения зонных путей: а – одного; б – двух

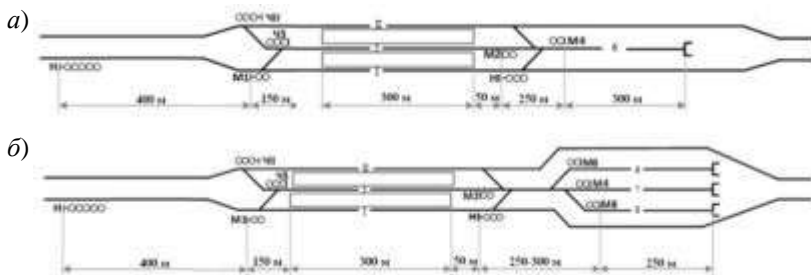


Рисунок 4 – Варианты расположения оборотных тупиков: а – одного; б - трех

В данных схемах может применяться параллельность операций в зависимости от местных условий.

Технологическая схема рассмотренных пунктов оборота обеспечивает следующие межпоездные интервалы:

– между двумя транзитными поездами – 5 мин в соответствии с пропускной способностью, обеспечиваемой средствами интервального регулирования (4-значной автоматической блокировкой);

– между оборачиваемым (конечным), принимаемым на 5-й зонный путь и транзитным поездом, пропускаемым по I главному пути – 5 мин;

– между оборачиваемым (конечным), принимаемым на I главный путь и транзитным поездом, пропускаемым по I главному пути – не менее 6 мин. Данное ограничение связано с продолжительной перестановкой конечного состава (3 мин) с I главного пути на оборотный тупик маневровым порядком, сопровождаемое опробованием автотормозов, низкой скоростью движения по съездам, а также пониженной скоростью подъезда к упору в конце тупикового пути.

Из полученных результатов расчетов можно сделать вывод о необходимости интенсификации процесса оборота электропоездов на зонных станциях, так как не могут быть выдержаны целевые параметры системы пригородно-городских перевозок, предусматривающие перспективное снижение межпоездных интервалов до 2–3 минут при соответствующей модернизации систем интервального регулирования и управления движением поездов. Одним из способов решения данной проблемы может быть внедрение новых технологических и схемных решений по смене направления движения электропоездов на зонных пассажирских станциях.

Ликвидация технологических ограничений межпоездного интервала в пунктах оборота возможна двумя способами: путем повышения скорости приёма поездов, скорости уборки их с главных и приемоотправочных путей и скорости выдачи их на главные и приемоотправочные пути, а также путём применения новых схемно-компоновочных решений зонных станций.

Высокую скорость освобождения главных путей обеспечивает удлинение и секционирование оборотного тупика, при его разделении на 2–3 последовательных пути с дополнительными выходами на главные пути с установкой маршрутных светофоров, укладка стрелочных переводов с пологими марками крестовины (не менее 1/11), а также проследование в тупик поездным порядком без применения опробования тормозов.

На рисунке 5 представлены два вида типовых перспективных схем пунктов оборота.

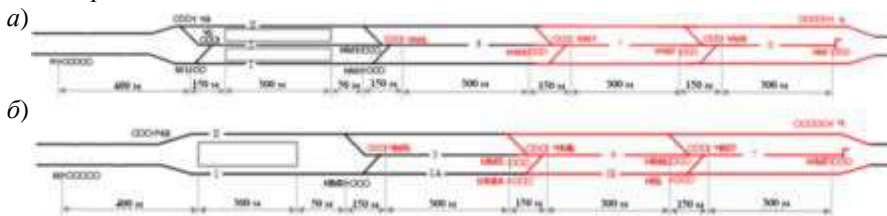


Рисунок 5 – Развитие схем пунктов оборота:  
а – с одним зонным путем; б – без зонного пути

Предлагаемые схемы станций и технология их работы предусматривают решение проблем существующих зонных станций, перечисленных выше. Для реализации целевых параметров, поезда на эти станции должны приниматься и отправляться в строго определённом порядке. На примере схемы с зонным перронным путём (см. рисунок 5, а) рассмотрим технологию обработки поездов:

Первый маршрутный вариант:

- прибывающие нечётные конечные пригородно-городские электропоезда, при свободности пути № 5, будут приниматься на него с построением маршрута приема как сквозного с открытым сигналом по пути № 5 в сторону пути № 6. Сквозной маршрут «приема» поезда на путь № 5 не будет ограничиваться запрещающими сигналами. Движение поезда по нему будет осуществляться как и на промежуточных остановках в пути следования с ограничением скорости при следовании по стрелочным переводам на боковой путь. Поэтому стрелочные переводы на маршрутах приёма по возможности должны быть оборудованы крестовинами пологих марок;

- после приема поезда производится искусственная разделка маршрута с пути № 5 на путь № 6. Продолжительность искусственной разделки на аппаратном уровне должна быть уменьшена до 1 минуты (вместо 3–5 минут в настоящее время);

- посадка-высадка пассажиров и операции по обороту состава производятся на пути № 5;

- отправление поезда в чётном направлении осуществляется с пути № 5.

Второй маршрутный вариант:

- при занятости путей № 5 и 8. Прием нечётного пригородного поезда осуществляется на главный путь № 1 с готовностью сквозного маршрута на линию путей № 6 и 7;

- после операций по высадке пассажиров на пути № 1 состав пригородного поезда отправляется поездным порядком (без операций по опробованию тормозов и ограничений по скорости движения) на путь № 7 через путь № 6. Снижение скорости движения будет происходить уже в процессе движения по 6-му пути;

- операции по обороту выполняются на пути № 6;

- отправление поезда с пути № 6 в чётном направлении производится по поездному маршруту отправления. Посадка пассажиров осуществляется на главном пути № 2. Его занятие составом поезда допустимо только в периоды разреженного движения поездов, когда производительность станционных устройств не требует обеспечения высокой интенсивности движения.

Третий маршрутный вариант:

- при занятости пути № 5 и пути № 6. Прибытие нечётного пригородного поезда осуществляется через главный путь № 1 с высадкой пассажиров по сквозному маршруту на линию путей № 7 и 8;

- после операций по высадке пассажиров на пути № 1 состав пригородного поезда отправляется поездным маршрутом (без операций по опробова-

нию тормозов и ограничений по скорости движения) на путь № 8 через путь № 7. Снижение скорости движения будет происходить уже в процессе движения по путям 7 и 8;

- операции по обороту выполняются на пути № 7;

- отправление поезда с пути № 7 в чётном направлении производится по поезвному маршруту отправления. Посадка пассажиров в сторону Москвы осуществляется на главном пути № 2.

Пропускная способность по обороту электропоездов предлагаемых пунктов оборота составила:

- для станции с одним оборотным путём и одним тупиковым – 6 поездов в час;
- для станции с одним оборотным путём и тремя тупиковыми – 4 поезда в час.

Сравнение технологических параметров рассмотренных компоновочных схем зонных станций представлено в таблице 1.

**Таблица 1 – Сравнение типовых компоновочных схем зонных станций**

Выполняемые операции	1-й тип Последовательное расположение устройств	2-й тип Параллельное расположение устройств	3-й тип Последовательно-параллельное расположение устройств	Секционированный зонный тупик
Пропуск с остановкой, мин	5	5	5	5
Приём конечного и перестановка с главного пути, мин	7	3	3–7	3 (занятие) + 6 маневровые передвижения
Подача под посадку, мин	5	3	3–6	4
Мощность станции с 1 путём (поездов/час)	3	3	6	6
Мощность станции с 2 путями (поездов/час)	6	6	9	6
Интервал между транзитными поездами, мин	5	5	5	5
Интервал между конечным (прибытие) и транзитным поездами, мин	6	5	5–6	5
Интервал между транзитным и конечным (отправление) поездами, мин	6	5	5	5

В результате предлагаемых мероприятий, даже при излишне строгих действующих инструкциях по безопасности движения, время прибытия приема конечного (оборачиваемого) пригородного поезда на зонную станцию сокращается на 33 % и составляет 2 минуты. Кроме того, за счет удлинения и секционирования зонного тупика появляется возможность в непи-



ковые периоды суток производить отстой резервных составов пригородно-городских электропоездов на пути № 8, который в пиковые периоды для оборота конечных поездов использоваться не будет.

Предлагаемое секционирование зонной станции имеет преимущество по отводимой территории, при наличии ограниченной ширины площадки (полосы отвода), в случаях сооружения и реконструкции зонных станций. Однако стоит заметить, в случаях принятия решений по сооружению предлагаемых станций необходимо принять во внимание: последовательное расположение зонных путей и/или зонных тупиков существенно увеличивают длину рассматриваемой станции (до 3–4 км), что может быть эквивалентно или превышать расстояние между остановочными пунктами. В данном случае может быть принято решение по размещению двух остановочных пунктов в разных частях одной станции. Поэтому выбор компоновочных решений станций должен быть взвешен и технико-экономически обоснован.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Бещева, Н. И.* Железнодорожные диаметры в больших городах / Н. И. Бещева. – М. : Трансжелдориздат, 1953 (тр. ВНИИЖТ, вып. 75).

2 *Веретенкова, Т. А.* Обоснование и выбор рациональных решений по числу и размещению зонных пунктов оборота составов : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.08 / Т. А. Веретенникова; Самарский институт инженеров транспорта. – М., 2000. – 164 с.

3 Организация пригородных железнодорожных перевозок / С. П. Вакуленко [и др.]. – М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015. – 272 с.

4 *Пазойский, Ю. О.* Организация пригородных перевозок на железнодорожном транспорте / Ю. О. Пазойский. – М. : МИИТ, 1999. – 193 с.

5 Железнодорожные станции и узлы : учеб. / В. И. Апатцев [и др.]; под ред. В. И. Апатцева и Ю. И. Ефименко. – М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2014. – 855 с.

6 Железнодорожные станции и узлы : учеб. для вузов ж.-д. транспорта / под ред. В. Г. Шубко и Н. В. Правдина. – М.: УМК МПС России, 2002. – 368 с.

7 Классификация железнодорожных раздельных пунктов : справочное пособие. – М.: МИИТ, 2000 – 14 с.

*D. YU. ROMENSKIY, A. V. KOLIN, A. M. NASYBULLIN*

### **TECHNOLOGY OF OPERATION AND TECHNICAL-TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR ZONE PASSENGER STATIONS IN RAILWAY SECTIONS WITH A HEAVY PASSENGER TRAFFIC**

The article discusses the prerequisites for the further development of the technology of operation of suburban railway sections with heavy train traffic during the development of suburban-urban traffic in the subway mode. The problems arising from the intensification of train traffic at passenger zone stations are analyzed and new layout schemes for the arrangement of zone tracks to provide more intensive train traffic are proposed.

Получено 19.06.2020

УДК 656 (035.3)

*Г. М. САДЫКОВА*

*Университет международного бизнеса (г. Алматы), Республика Казахстан*

*Д. М. ТЮЛЮБАЕВА*

*Казахстанско-немецкий университет (г. Алматы), Республика Казахстан*

*gulnara.muratpek@mail.ru*

## **АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ЛОГИСТИКИ АЛМАТИНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ С РАЗРАБОТКОЙ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА**

Предлагаются модели взаимодействия транспортных логистических процессов для эффективного развития агломерации. Предложенные в статье подходы и разработанная модель способствуют принятию обоснованных решений при формировании транспортных логистических процессов агломерации, что позволит снизить транспортные логистические затраты за счет оптимального движения внутренних и внешних материальных и иных потоков.

Работа выполнена в рамках проекта НИР по теме BR05236340 «Создание высокопроизводительных интеллектуальных технологий анализа и принятия решения для системы «логистика–агломерация» в рамках формирования цифровой экономики Республики Казахстан».

Процесс образования и развития агломерации приводит к интенсификации производственных, сервисных, транспортных, социальных и культурных связей между городами, формированию многокомпонентной динамической системы материальных, транспортных, информационных, финансовых потоков (рисунок 1).

Модель взаимодействия таких логистических процессов, как снабжение, распределение, погрузка, выгрузка, доставка напрямую зависит от развития процесса производства в Республике Казахстан и валового регионального продукта (ВРП), если речь идет о развитии логистики в агломерации. Доля ВРП в Алматинской агломерации за 2019 год составила 2,79 трлн тенге.

Алматинская агломерация характеризуется стратегическими направлениями развития железнодорожного транспорта, работой международных станции Достык и Алтынколь а также станции Алматы 1 и Алматы 2. С развитием железнодорожных станции Алтынколь в алматинской агломерации с целью балансировки вагонопотоков постепенно проводилась работа по переориентации контейнерных грузоперевозок в направлении Китай – Центральная Азия и Китай – Европа со станции Достык (рисунки 2, 3).



Рисунок 1 – Цели и стратегические направления Межрегионального плана мероприятий по развитию Алматинской агломерации

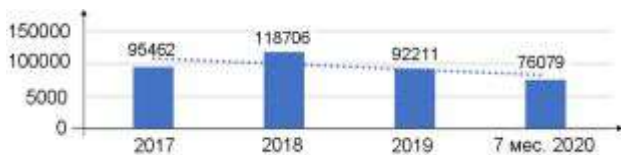


Рисунок 2 – Общий оборот вагонов по станции Алтынкөл

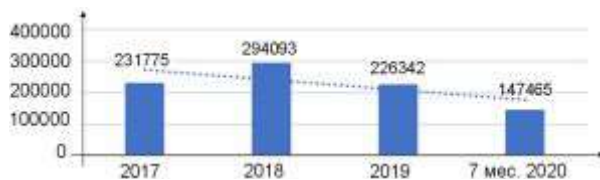


Рисунок 3 – Общий оборот вагонов по станции Достык

В целом объем перевозок через железнодорожную станцию Достык в Алматинской агломерации в разрезе вагонов стабильно растет. При этом фактические показатели оборота вагонов по станции Достык за последние 2 года значительно превышают плановые. Так, в 2019 году рост составил 11,3%, а по итогам 7 месяцев 2020-го – 23,5 %. Выполнение плана составило 141,7 % и 144,7 % соответственно.

Общая доля валового регионального продукта Алматинской области в масштабе РК составила 4,52 %. Данные получены авторами на основании материалов Комитета по статистике РК [3]) (рисунок 4).



Рисунок 4 – Средняя доля ВРП Алматинской агломерации за 2014–2019 гг. по отраслям экономики

В Алматинской области развито сельское хозяйство, лесное и рыбное хозяйство. Алматинская область занимает 5-е место по объему обрабатывающей промышленности (20 % от общего производства по стране), 7-е место по объему работы железнодорожного и автомобильного транспорта и складирования (12 %), 4-е место по объему строительства (9 %). Основное производство сосредоточено в Илийском, Карасайском и Талгарском районах.

Формирование агломерации требует решения ряда проблем, влияющих на динамичность процесса формирования логистических процессов. Одна из них – недостаточность методологического подхода к формированию агломерации, приводящая к таким проблемам урбанизации, как излишняя нагрузка на логистическую инфраструктуру, что сказывается негативно на экологической ситуации и на экономических показателях. Сравнительный анализ путем анкетирования респондентов Алматинской агломерации показывает, что существует проблема неэффективности функционирования логистических процессов, что приводит к увеличению затрат на транспортировку грузов и пассажиров, увеличению потерь рабочего времени, ухудшению экологической обстановки и в итоге – к появлению комплекса социальных и экономических проблем в Алматинской агломерации.

В статье исследуются зависимости роста ВРП как основного показателя развития Алматинской агломерации от вклада логистики агломерации как базовой сервисной составляющей региональной экономики. Как показал проведенный авторами анализ, значимым фактором этих связей является состояние экологии в регионе. Согласно статистическим данным из-за высокого уровня загрязнения воздуха (рисунки 5–7) болезни органов дыхания населения в Алматинской агломерации составляют 41,8 %.

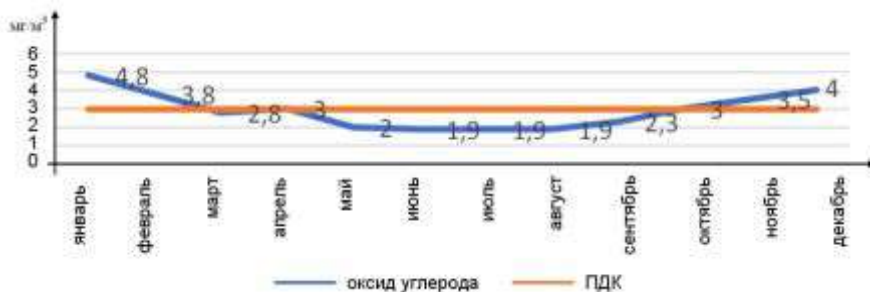


Рисунок 5 – Среднегодовое распределение концентрации оксида углерода в Алматинской агломерации, мг/м<sup>3</sup>



Рисунок 6 – Среднегодовое распределение концентрации диоксида азота



Рисунок 7 – Среднегодовое распределение концентрации формальдегида

Как видно, превышение значений ПДК происходит только в отопительный период, их значения достигают в январе 4,8 мг/м<sup>3</sup>, в декабре 4,0 мг/м<sup>3</sup> при предельно допустимых не более 3,0 мг/м<sup>3</sup>. Увеличение концентрации в зимнее время связано с работой предприятий теплокоммуэнергетики, а также слабым режимом ветра в зимнее время. В летнее время происходит более интенсивное перемешивание слоев воздуха в атмосфере.

Распределение формальдегида достаточно сильно отличается от распределения выше рассмотренных загрязняющих веществ. Превышение ПДК наблюдается в течение всего года, достигая своих максимальных значений в летний период (до 4,7 ПДК). Минимальные значения приходятся на декабрь (0,011 мг/м<sup>3</sup>). В целом по Алматинской агломерации средняя годовая концентрация диоксида азота составляла 2,1 ПДК, формальдегида – 1,3 ПДК, содержание взвешенных веществ – 1,2 ПДК, диоксида серы – 1,12 ПДК. Содержание других загрязняющих веществ не превышало предельно допустимых концентраций.

Устойчивая работа транспортного комплекса обеспечивает рост объемов перевозки груза и грузобагажа в Алматинской агломерации. Если в 2010 году объем перевозок составил 120 млн тонн, то в 2019 году 250 млн тонн, что свидетельствует о развитии автомобильных перевозок в Алматинской агломерации (рисунки 8, 9) [3].



Рисунок 8 – Объемы перевозок груза, багажа и грузобагажа автомобильным транспортом в Алматинской агломерации

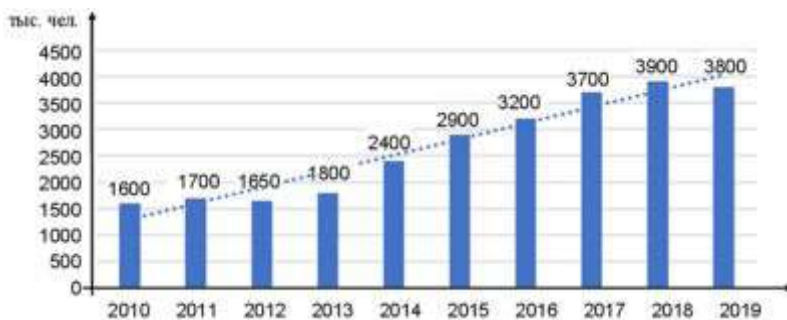


Рисунок 9 – Объемы перевозки пассажиров автомобильным транспортом

Рост объемов грузоперевозок и пассажиров автомобильным транспортом Алматинской агломерации указывает на необходимость увеличения пропускной и провозной способности дорожно-транспортной сети. Следствием недостаточной развитости транспортных коммуникации между районами

Алматинской агломерации стали повышенные нагрузки на дорожно-транспортную сеть, которые приводят к нарушению исполнения правил логистики («точно в срок», «оптимальный маршрут», «высокая скорость доставки») [15].

Таблица 1 – Анализ видов подвижности населения и их удельный вес Алматинской агломерации

Структура циклов	Последовательность целей передвижения в замкнутых циклах	Удельный вес циклов, %	Удельный вес передвижений, %
Линейная	Дом ↔ Работа	36,6	33
	Дом ↔ Культурно-бытовые объекты	31,1	28
	Дом ↔ Учеба	17,6	16,2
Треугольная	Дом ↔ Работа ↔ Культурно-бытовые объекты	6,4	8,6
	Дом ↔ Культурно-бытовые объекты ↔ Дом	2,6	3,8
	Дом ↔ Учеба ↔ Культурно-бытовые объекты	1,6	2,3
Четырехугольная	Дом ↔ Работа ↔ Культурно-бытовые объекты ↔ Дом	2,6	4,8
Прочие		1,3	3,3

Распределение поездок пассажиров по характеру и назначению приведено на рисунке 10.



Рисунок 10 – Анализ распределения общей подвижности по целям поездок

Результаты анализа основных целей поездок и подвижности жителей Алматинской агломерации приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ основных целей поездок и подвижности одного жителя Алматинской агломерации

Цель поездки	Подвижность одного жителя в сутки	Коэффициент использования транспорта
Трудовая	1,06	0,76
Учебная	0,28	0,50
Бытовая	0,83	0,48
Культурная	0,21	0,52
К месту отдыха	0,45	0,53
Итого по всем целям	2,83	0,60

Согласно данным рисунка 10 общее число работающих в г. Алматы составило 464664 человек. Данное количество проживающих передвигаются в направлении «Дом ↔ Работа». По результатам выполненного хронометража движения автомобильного транспорта основной поток концентрируется с 6 до 10 ч утра, что свидетельствует о движении населения по направлению «Дом ↔ Работа» и «Дом ↔ Учеба» (рисунок 11).

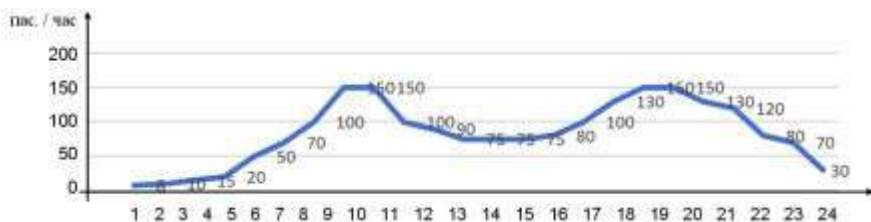


Рисунок 11 – Изменение интенсивности движения в течение суток в Алматинской агломерации

Согласно данным хронометражного исследования движения автомобильного транспорта в течение года (рисунок 12) основной поток концентрируется в марте-июне и октябре-декабре.

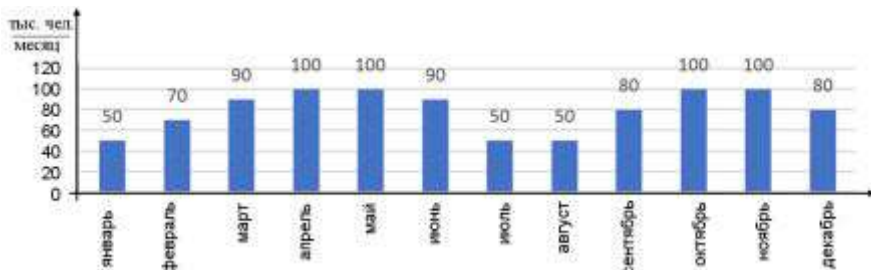


Рисунок 12 – Изменение интенсивности движения в течение года в Алматинской агломерации



Спад интенсивности движения в январе, июле, августе месяце свидетельствует об отпускном периоде работающего населения и каникулярного периода для обучающихся.

На основе изложенных данных была разработана модель взаимодействия логистических процессов агломерации (рисунок 13).



Рисунок 13 – Модель логистики в конкретной агломерации

При этом учтены такие виды логистики, как производственная, складская, информационная, экологическая, таможенная. Отдельно выделены логистические процессы перевозки, хранения, информационного обслуживания, обслуживания клиентов, организации производства, оформления таможенных документов. При исследовании данных проблем авторами предложен новый термин «Логистика агломерации», рассматривающий комплекс логистических решений процессов, нацеленных на оптимизацию организационных решений по движению материального потока, транспортных средств в рамках подсистем агломерации [8, 9].

Для принятия решения по качеству логистических услуг и процессов основными характеризующими параметрами в условиях Алматинской агломерации выступают такие критерии, как «нужное место», «нужное время» и «снижение выбросов». В условиях максимальной интенсивности движения автомобильного и городского транспорта сложно соблюсти эти условия. В связи с этим основными критериями оценивания предлагаются такие параметры, как «скорость движения транспорта», «качество услуг на транспорте», «цифровизация», «качество автомобильных дорог», «время доставки», «оптимальная цена услуги», «уровень загрязнения», «безопасность движения» [10, 11].

Реализация задач, предлагаемых в рамках данной модели, позволит сформировать интегрированную логистику агломерации, создав базис для дальнейшего устойчивого развития Алматинской агломерации [9, 12]. В логистике существует несколько подходов к определению устойчивости логистики. Методика индикативной оценки устойчивости логистики LSI, разработанная в рамках проекта SULPiTER, предполагает сравнительную оценку критериев, влияющих на комплексное развитие логистики исследуемой территории. Этапы расчета приведены на рисунке 14.

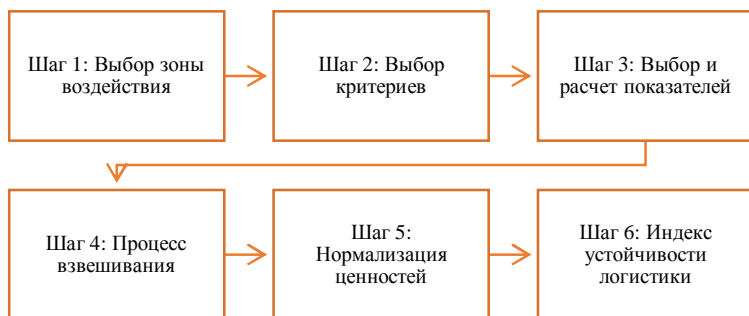


Рисунок 14 – Этапы расчёта LSI

**Выбор зоны воздействия.** Существует семь областей воздействия, и пользователь выбирает ту, для которой будет выполнена оценка. Согласно методике расчета LSI, основными областями, оказывающими влияние на устойчивость развития логистики на определенной территории являются: экономика и энергетика; окружающая среда; транспорт; мобильность и общество; зрелость политики; социальное признание; восприятие пользователей. В качестве фокусной территории в рамках данного исследования выбран город Алматы как крупнейший центр экономической активности в РК. Алматинская агломерация, наряду с агломерациями Нур-Султана и Шымкента, играет ключевую стратегическую роль в формировании казахстанской экономики по так называемому хабовому принципу согласно ряду стратегических программных документов («План нации – 100 конкретных

шагов по реализации пяти институциональных реформ» и Государственная программа «Казахстан 2050»).

**Выбор критериев** связан с учетом точки зрения заинтересованных сторон – бизнеса, населения и государства.

**Выбор и расчет показателей.** Для оценки устойчивости логистики г. Алматы были выбраны следующие показатели:

- экономические – по уровням развития промышленного производства и секторов малого и среднего бизнеса;

- окружающей среды – по объемам выбросов твёрдых загрязняющих веществ в атмосферный воздух, так как этот показатель является основным фактором влияния транспортно-логистической деятельности на окружающую среду. В казахстанской практике учет выбросов загрязняющих веществ ведется от стационарных источников, т. е. от предприятий, в то время как отдельная статистика по воздействию транспорта на состояние окружающей среды не ведется;

- транспортной работы. Данная группа критериев отражена в двух основных показателях – производительности транспорта (грузооборот) и безопасности дорожного движения (количество дорожно-транспортных происшествий в год);

- зрелости политики. Данный критерий отражается в показателе «инвестиции в основной капитал» (прямые инвестиции).

**Процесс взвешивания.** Согласно методике расчета LSI – это процесс сравнения двух или более элементов в соответствии с предпочтениями лица, принимающего решение. Существует несколько методов взвешивания, но все они следуют одному и тому же стандартному принципу: чем выше вес, тем важнее соответствующий элемент. В рамках проекта SULPiTER для расчета индекса устойчивости логистики предполагается применение метода анализа иерархий (МАИ) критериев, влияющих на итоговый рейтинг устойчивости.

МАИ считается наиболее широко используемым методом многокритериального анализа в области транспортной и городской логистик. Основной сильной стороной метода МАИ являются его использование в широком спектре областей применения. Он интуитивно понятен, гибок и прост в использовании, учитывает взаимозависимость различных критериев, может применяться как для денежных, так и для других шкал. Согласно этому методу производится субъективная сравнительная оценка приоритетности критериев устойчивого развития логистики относительно друг друга с последующим измерением удельного веса влияния на итоговый индекс каждого из критериев. Процесс установления удельного веса каждого критерия для расчета итогового рейтинга производится путем сбора общественного (экспертного) мнения респондентов различных групп. Фокусная группа составила 224 респондента из категории местного населения г. Алматы. Возрастная структура респондентов представлена на графике (рисунок 15).

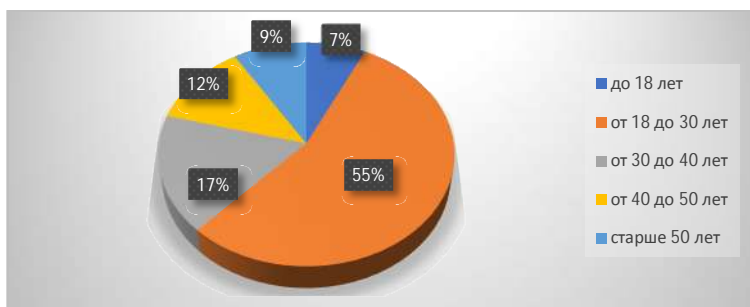


Рисунок 15 – Возрастная структура респондентов

Опрос был проведен в электронной форме. 54 % респондентов – из числа менеджеров среднего и высшего звена компаний, занимающихся логистической деятельностью на территории г. Алматы, и 46 % – население города, не занятых в сфере транспорта и логистики.

Территориальное рассредоточение респондентов по административным территориям города представлено на рисунке 16.



Рисунок 16 – Распределение респондентов по районам проживания

Перед респондентами была поставлена задача субъективно определить приоритетность в каждой паре критериев по шкале от 1 до 10. Чем ближе к левому или правому критерию в каждой паре респондент делает отметку, тем более важным считает данный критерий для развития города. Средний ответ «5» является промежуточным, свидетельствующим о равнозначности обоих критериев.

Таким образом, формируется матрица удельного веса критериев согласно оценке респондентов (таблица 3). Сравнение произведено попарно с определением приоритетности одного критерия над другим. Примечательно, что явное предпочтение имеет критерий «загрязнение воздуха», что отражает обеспокоенность опрошенных влиянием экологической обстановки в городе на его устойчивое развитие.

Таблица 3 – Матрицы оценки критериев для расчета LSI г. Алматы

Критерий	Развитие промышленного производства	Прямые инвестиции	Развитие МСБ	Частота ДТП	Загрязнение воздуха
Развития производства	1,00	5,00	5,00	5,0	10,0
Прямые инвестиции	0,20	1,00	5,00	5,00	5,00
Развитие МСБ	0,20	0,20	1,00	5,00	5,00
Частота ДТП	0,20	0,20	0,20	1,00	5,00
Качество воздуха	0,10	0,20	0,20	0,20	1,00
Сумма	1,70	6,60	11,40	16,20	26,00

Колебания приоритетности остальных критериев выражены не так ярко. Большинство респондентов поставило нейтральную оценку приоритетности между такими критериями, как развитие промышленного производства, объемы инвестиций, уровень развития МСБ, частота дорожно-транспортных происшествий.

**Нормализация ценностей.** Использование различных критериев требует установления соизмеримой шкалы. С этой целью осуществляется так называемая нормализация каждого критерия и его числового показателя. Нормализация данных заключается в масштабировании значений данных в один заданный диапазон. Существует несколько различных способов нормализации. В применяемой методологии LSI применяется нормализация по сравнению с лучшей альтернативой: все значения показателей делятся по приоритетности каждого критерия на сумму ценности данного критерия. Результаты обработки предыдущей таблицы приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Нормализация ценности критериев оценки

Критерии	Развитие производства	Прямые инвестиции	Развитие МСБ	Частота ДТП	Загрязнение воздуха
Развития производства	0,59	0,76	0,44	0,31	0,38
Прямые инвестиции	0,12	0,15	0,44	0,31	0,19
Развитие МСБ	0,12	0,03	0,09	0,31	0,19
Частота ДТП	0,12	0,03	0,02	0,06	0,19
Качество воздуха	0,06	0,03	0,02	0,01	0,04
Итого	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Воздействия преобразуются в однородные значения посредством различных методологий в зависимости от конкретного. Далее все значения нормализуются, умножаются на значение, отражающее их вес, и итоговый индекс оценивается для каждой области воздействия (таблицы 5 и 6).

**Таблица 5 – Нормализованный вектор приоритета**

Критерии	Нормализованный вектор приоритета
Развития промышленного производства	0,50
Прямые инвестиции	0,24
Развитие МСБ	0,15
Частота ДТП	0,08
Качество воздуха	0,03
Сумма	1,00

**Таблица 6 – Нормализация критериев**

Критерий	Вес (NPV)	Сумма	Итого
Развития промышленного производства	0,50	1,70	0,84
Прямые инвестиции	0,24	6,60	1,60
Развитие МСБ	0,15	11,40	1,68
Частота ДТП	0,08	16,20	1,36
Качество воздуха	0,03	26,00	0,82
Максимально значение критерия			6,30

**Расчет индекса устойчивости логистики.** Используемые критерии для оценки устойчивости логистики г. Алматы можно условно разделить на 2 категории:

- с положительной динамикой для устойчивого развития (промышленного производства, прямых инвестиций, малого и среднего бизнеса);
- с отрицательной динамикой (частота дорожно-транспортных происшествий, уровень загрязнения воздуха).

В таблицах 7–9 представлены значения этих показателей и оценена динамика LSI в 2015 и 2019 годах с определением их влияния на итоговый индекс устойчивости логистики.

Как видно из таблиц 8 и 9, оцениваемый показатель 2015 году равен 77, в 2019 – 83. Следовательно, индекс устойчивости логистики г. Алматы имеет положительную динамику с приростом в 6 %.

**Таблица 7 – Количественные значения критериев оценки LSI**

Критерий	Единица измерения	2015 г.	2019 г.	Значение (+/-)
Развитие промышленного производства	млн тг	662 981	957 131	+
Прямые инвестиции	млн тг	533 370	820 449	+
Развитие МСБ	10-млн тг	366 587	833 373	+
Частота ДТП	кол-во	5552	4489	-
Качество воздуха	тыс. т	5900	7900	-

Таблица 8 – Расчет LSI г. Алматы по показателям 2015 г.

Критерии	Ценность критерия	Удельный вес	Значение (+/-)	В структуре LSI
Развитие производства	1,00	0,50	+	0,495532981
Прямые инвестиции	0,80	0,24	+	0,194481828
Развитие МСБ	0,55	0,15	+	0,081460914
Частота ДТП	0,01	0,08	-	-0,000702654
Качество воздуха	0,01	0,03	-	-0,000280285
LSI, %				77

Таблица 9 – Расчет LSI г. Алматы по показателям 2019 г.

Критерии	Ценность критерия	Удельный вес	Значение (+/-)	В структуре LSI
Развитие производства	1,00	0,50	+	0,495532981
Прямые инвестиции	0,86	0,24	+	0,20722003
Развитие МСБ	0,87	0,15	+	0,12827474
Частота ДТП	0,00	0,08	-	-0,000393524
Качество воздуха	0,01	0,03	-	-0,000259959
LSI, %				83

Существенный прирост обусловлен положительной динамикой изменения по критериям прямых инвестиций и развития малого и среднего бизнеса. Согласно данным Комитета по статистике РК, темп прироста объемов прямых инвестиций за период с 2015 по 2019 г. составил 53,82 %, темп прироста объемов выпуска субъектов МСБ 127,33 %. Значимой областью дальнейшего развития показателя устойчивости городской логистики в Алматы является улучшение экологической обстановки и повышение степени безопасности на дорогах.

Основной целью применения концепции Sulpiter является создание информационного продукта, направленного на оказание поддержки в принятии управленческих решений при выборе варианта перевозки по определенной территории. Следовательно, это инструмент поддержки принятия решений, который может быть применен для оценки влияния того или иного решения (проекта) на устойчивое развитие города. Если по прогнозным результатам принятия управленческого решения (внедрения проекта) показатель индекса устойчивости логистики исследуемой территории возрастет, то проект следует принять, в противном случае – отклонить.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 BR05236340 «Создание высокопроизводительных интеллектуальных технологий анализа и принятия решения для системы «логистика-агломерация» в рамках формирования цифровой экономики РК».

2 Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 февраля 2020 года № 88 Об утверждении Межрегионального плана мероприятий по развитию Алма-

тинской агломерации до 2030 года: утв. постановлением Правительства Респ. Казахстан от 28 февраля 2020 года № 88.

3 Здоровье населения Республики Казахстан и деятельность организаций здравоохранения в 2019 году // Статистический сборник. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rcrz.kz/index.php/ru/statistika-zdravookhraneniya-2>. – Дата доступа 02.11.2020.

4 Статистический сборник «Транспорт». [Электронный ресурс]; офиц. сайт. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/>. – Дата доступа 01.11.2020.

5 Комитет по статистике МНЭ РК. [Электронный ресурс]; офиц. сайт. – Режим доступа: [stat.gov.kz](http://stat.gov.kz). – Дата доступа 20.10.2020.

6 Гранберг, А. Г. Основы региональной экономики : учеб. для вузов. – М. : Высш. шк. экономики. 2014. – 496 с.

7 Прокофьева, Т. А. Логистика транспортно-распределительных систем. Региональный аспект. / Т. А. Прокофьева, О. М. Лопаткин. М. : РКонсульт. 2013. – 400 с.

8 Сергеев, В. И. Логистика в бизнесе : учеб. для вузов / В. И. Сергеев. М. : Инфра-М. 2011. – 326 с.

9 Бауэрсокс, Д. Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / Д. Дж. Бауэрсокс, Д. Дж. Клос ; пер. с англ. Н. Н. Барышниковой, Б. С. Пинскера. – М. : Олимп-Бизнес, 2005. – 640 с.

10 Бураков, В. И. Международные логистические системы / В. И. Бураков. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2009. – 174 с.

11 Бураков, В. И. Теоретические аспекты формирования корпоративной логистической концепции управления / В. И. Бураков // Региональный рынок товаров и услуг: инновационный и логистический подходы (в рамках V Байкальского экономического форума) : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2008. – С. 62–64.

12 Гаджинский, А. М. Логистика : учеб. / А. М. Гаджинский. – 2-е изд. – М. : Маркетинг, 1999. – 228 с.

G. M. SADYKOVA, D. M. TYULYUBAYEVA

## **ANALYSIS OF LOGISTICS LOGISTICS OF ALMATY AGGLOMERATION WITH DEVELOPMENT MODELS INTERACTION OF LOGISTIC PROCESSES OF DIFFERENT TYPES OF TRANSPORT**

The purpose of the study is the development of theoretical positions and methodological tools for the formation of models of interaction of logistic processes in the development of agglomeration, taking into account the work of rail and road transport. The object of research are material flows in the transport spheres of the agglomeration. Theoretical and methodological significance of the study is reflected in the definition of models of interaction of transport logistics processes in the development of agglomeration. The practical significance of the study is that the proposed methodological approaches and the developed model contributes to the adoption of reasonable solutions in the formation of transport logistics processes agglomeration. The proposed methods and models will allow to reduce transport logistics costs at the expense of more optimal internal and external material and other flows in the agglomeration.

The work is carried out within the framework of the project NIR on the topic BR05236340 "Creation of high-performance intelligent technologies of analysis and adoption of solutions for the system" logistics-agglomeration "in the framework of the digital economy of the Republic of Kazakhstan".

Получено 02.11.2020



УДК 656.212.5

*Е. А. ТЕРЕЩЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*  
yahen1530@gmail.com

## **ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ И НЕЭКВИВАЛЕНТНЫЕ РАЗБИЕНИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ ПУТЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ НА СЕКЦИИ**

Рассматривается возможность секционирования сортировочных путей железнодорожных станций с выделением эквивалентных и неэквивалентных разбиений. Исследуются некоторые технические и технологические особенности таких разбиений с определением вместимости секционированных путей, величины покрытия числа назначений по плану формирования.

В современных условиях важное место в эффективном функционировании станций как элемента полигона сети железнодорожного транспорта занимает организация местной работы. Она направлена, прежде всего, на качественное обслуживание погрузо-выгрузочных пунктов общего и необщего использования. Анализ показывает, что ввиду наличия значительного числа местных назначений и их малой мощности возникает дополнительная маневровая работа, связанная с повторной сортировкой вагонов. Крупная грузовая станция может организовывать подачи в адрес более 20 местных назначений. При этом значительное число примыкающих подъездных путей имеют мощность до 3 вагонов в сутки, расформирование отцепов производится по 5–8 путям сортировочного парка. Средняя обеспеченность сортировочными путями местных назначений составляет от 30 до 50 %.

В связи с этим на станциях принято выделять относительно устойчивые назначения, за которыми закрепляют пути сортировочного парка. Общепринятая практика связана со специализацией одного или двух путей в качестве отсевных, на которые поступают вагоны маломощных назначений. Это приводит к необходимости проведения повторных сортировок, что в свою очередь влияет:

- 1) на дополнительную загрузку маневровых локомотивов и путей инфраструктуры;
- 2) дополнительный расход топлива;
- 3) несвоевременную подачу подвижного состава к пунктам проведения грузовых операций.

Так как значительное число местных назначений на станциях имеет небольшую мощность, то по существующей специализации путей сортировочного парка при расформировании вагоны поступают на отсевой путь. Однако многие сортировочные пути имеют достаточно большую полезную длину, которая не используется полностью при их закреплении за назначениями мощностью до 15–20 вагонов в сутки.

Секционирование путей сортировочного парка можно рассматривать в качестве достаточно эффективной меры повышения обеспеченности сортировочными путями местных назначений при значительном их количестве. Данный подход не является принципиально новым, поскольку еще в 80-х годах XX века на железных дорогах Японии нашла применение схема разбиения сортировочных путей съездами, получившая название «елочка» (рисунок 1) [3–4].

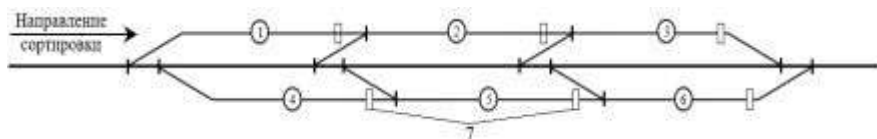


Рисунок 1 – Разделение путей парка на секции при использовании стопперов

Секционированные пути располагались последовательно с сортировочной горкой, что позволяло распускать вагоны определенных групп на выделенные секции 1–6 парка. Для того чтобы вагоны не могли проследовать с одной секции путей на другую, на конце каждой секции устанавливалось убирающееся устройство для остановки вагонов – стоппер. Данное устройство приводилось в нерабочее положение на последнем этапе формирования при соединении всех вагонов, находящихся на левом и правом путях, их вытягивании и объединении двух частей состава.

Следует отметить, что подобное инженерное решение требует выделения значительных средств на его сооружение и содержание. Кроме того, оно способно функционировать только при наличии сортировочной горки, что является ограничивающим условием для большинства грузовых станций Белорусской железной дороги (Центролит, Бобруйск, Рось и др.). Модернизация указанного переустройства для произвольной грузовой станции подразумевает разделение его на секции съездами, которые укладываются по схеме «ёлочка» от основного пути, называемого ходовым, без обязательного наличия сортировочной горки и установки стопперов (рисунок 2) [5]. Единственное условие, необходимое для секционирования, определяется обязательным расположением нескольких сортировочных путей (не менее 3–4).

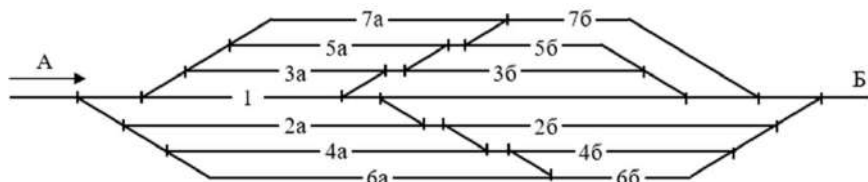


Рисунок 2 – Секционирование семи сортировочных путей произвольной грузовой станции

Однако указанное разбиение имеет ограничение, связанное с тем, что расформирование поездов на секции производится только со стороны А, обеспечивающей поступление вагонов по парковым съездам на основные секции независимо от назначения вагонов на соседних секциях. Каждая выделенная секция служит для накопления группы на подачу вагонов в адрес конкретного назначения. Полезная длина секции должна обеспечивать накопление количества вагонов, которое подаётся на погрузочно-выгрузочный пункт к назначенному времени суток согласно установленному графику. Положение ходового пути в парке всегда центральное, которое определяет относительно пропорциональное разбиение на секции.

Задача рационального секционирования сортировочного парка связывается с определением числа секций  $n_{\text{секц}}$  на  $N_{\text{сорт}}$  путях сортировочного парка, полезная длина которых  $l_{\text{пол}(i)}^{\text{секц}}$  обеспечивает регламентное накопление  $m_{\text{назн}(i)}$  числа вагонов. При этом число местных назначений  $n_{\text{назн}}$  оказывается больше количества выделенных секций  $n_{\text{секц}}$  по причине наличия маломощных назначений и недостаточной длины путей сортировочного парка. Целесообразное количество секций, на которые разбивается сортировочный парк, определяется соотношением мощности местных назначений поступающих вагонопотоков на станцию и вместимостью сортировочных путей. Потребная вместимость секций для обслуживания всех назначений

$$L_{\text{потр}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{назн}}} m_{\text{назн}(i)} l_{\text{ваг}}, \quad (1)$$

где  $l_{\text{ваг}}$  – расчетная длина вагона (с учетом поступающих длиннобазных), м.

Наличная вместимость путей сортировочного парка определится по формуле:

$$L_{\text{нал}} = \sum_{j=1}^{N_{\text{сорт}}} L_{\text{сорт}(j)} l_{\text{ваг}}. \quad (2)$$

Число формируемых назначений без учета секционирования определяется как  $(N_{\text{сорт}} - 1)$ , так как один сортировочный путь выделяется в виде отсечного.

В условиях различия мощностей местных назначений следует рассматривать возможности разделения путей на одинаковое и различающееся число секций. Соответствующие схемы секционированных парков определяются

как эквивалентные и неэквивалентные. Эквивалентное разбиение, подразумевающее секционирование сортировочных путей на одинаковое количество секций, проиллюстрировано на рисунке 2. Примеры неэквивалентных разбиений приведены на рисунке 3.

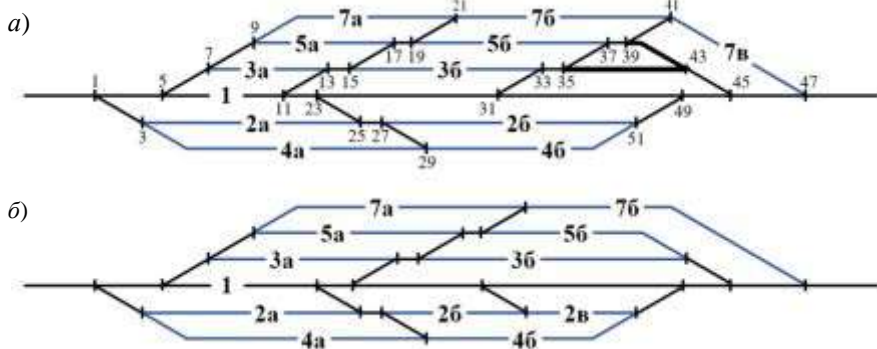


Рисунок 3 – Неэквивалентное разбиение шести путей сортировочного парка на секции с использованием вспомогательных съездов: а – восьми; б – шести

Различие приведенных вариантов заключается в том, что схема на рисунке 3, а формирует 11 секций с разделением на 2 или 3 секции по каждому участку, образуемому между съездами. Конструкция схемы рисунка 3, б приводит к появлению коротких нерабочих участков между стрелочными переводами 35 и 43, 39 и 43, которые не являются технологическими секциями, способными накапливать группы вагонов на подачу в адрес местного назначения. Таким образом определяются соответственно неэквивалентные разбиения первого и второго рода. Эквивалентные разбиения сортировочного парка первого и второго рода связываются с получением таких структур путевого развития, которые обеспечивают максимальное сокращение продолжительности расформирования поездов при безотказной работе парка по обслуживанию вагонопотоков. Отказ от обслуживания возникает при невозможности принятия отцепа расформировываемого поезда из-за полной занятости секции подвижным составом.

Из наличной вместимости путей сортировочного парка вычленяется длина, исключаемая укладкой съездов «ёлочки». Для схемы рисунка 2 общая суммарная полезная длина путей сокращается на  $\Delta l = 10a_{1/9} + 10b_{1/9} + 4d$ , где  $a_{1/9}$  – расстояние от переднего стыка рамного рельса до центра стрелочного перевода, м;  $b_{1/9}$  – расстояние от центра стрелочного перевода до торца крестовины, м;  $d$  – прямая вставка, м.

В общем случае суммарное сокращение определяется по формуле

$$\Delta l = (N_{\text{сорт}} - 1)(a_{1/9} + b_{1/9}) + (N_{\text{сорт}} - 2)d. \quad (3)$$

Таким образом, полезная длина путей эквивалентного разбиения, используемая для функционирования секций, определяется по формуле:

$$L_{\text{полн}}^{\text{сек}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{сорт}}-1} L_{\text{сорт}(i)} l_{\text{ваг}} - \Delta l. \quad (4)$$

Полученная расчетная длина  $L_{\text{полн}}^{\text{сум.сек}}$  распределяется между секциями таким образом, чтобы

$$L_{\text{полн}}^{\text{сек}} \rightarrow \sum_{i=1}^{n_{\text{секц}}} n_{\text{назн}(i)} l_{\text{ваг}}. \quad (5)$$

Если  $n_{\text{секц}} < n_{\text{назн}}$ , то из  $N_{\text{сорт}}$ , кроме ходового, выделяется ещё отсевой путь. Следовательно,

$$L_{\text{полн}}^{\text{сек}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{сорт}}-2} L_{\text{сорт}(i)} l_{\text{ваг}} - \Delta l. \quad (6)$$

Результаты сравнения эквивалентных и неэквивалентных разбиений первого и второго рода по техническим и технологическим факторам представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Сравнение эквивалентных и неэквивалентных разбиений по техническим и технологическим факторам**

Определяющий фактор	Эквивалентные разбиения	Неэквивалентные разбиения	
		Первого рода	Второго рода
Наличие нерабочих секций			+
Большая суммарная полезная длина секций	+		
Сложность переустройства парка			+
Минимальные капиталовложения	+		
Минимальные перепробеги подвижного состава	+		
Лучшая вариативность специализации секций под изменяющиеся вагонопотоки		+	
Простота организации технологического процесса	+		

Таким образом, эквивалентные и неэквивалентные разбиения сортировочных путей на секции имеют широкие перспективы применения на грузовых станциях. Они увеличивают число назначений для формирования подач на пункты местной работы при имеющемся путевом развитии, однако имеют различия в технических факторах переустройства и технологических факторах организации местной работы. Выбор конкретного разбиения необходимо производить на основе технико-экономического расчета для конкретной станции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Вун, Т. Т. Совершенствование местной работы с учетом возможности своевременной выгрузки : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.22.08 / Т. Т. Вун ; Мос. гос. ун-т путей сообщения. – М., 2013. – 24 с.

2 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.; редкол.: А. К. Головнич (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2019. – С. 107–112.

3 Рау, С. Полугорка с противоклоном для повторной сортировки – новое эффективное средство формирования многогруппных поездов / С. Рау // Железные дороги мира. – 1976. – № 12. – С. 64–68.

4 Сковрон, И. Я. Совершенствование технологии и технических средств формирования многогруппных составов : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / И. Я. Сковрон. – Днепропетровск, 2015. – 222 с.

5 Терещенко, Е. А. Особенности технологии работы станций по расформированию поездов при секционировании путей сортировочных парков / Е. А. Терещенко // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2018. – № 1(36). – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 98–102.

*E. A. TERESHCHENKO*

### **EQUIVALENT AND INEQUIVALENT PARTITIONS SORTING WAYS OF RAILWAY STATIONS IN SECTION**

The article discusses the division of the sorting tracks of railway stations, considering differentiation into equivalent and nonequivalent. The basic formulas for the capacity of sectioned tracks are given, technical and technological differences are highlighted.

Получено 08.11.2020

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2020**

---

УДК 656.2.07 + 06

*В. В. ТРАПЕНОВ, В. В. АЛАБИНА*

*Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону*

*vladimir.trapenov@mail.ru, veronika.zenkova@mail.ru*

### **ЛОГИСТИЧЕСКОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА СТАНЦИИ РОСТОВ-ТОВАРНЫЙ**

Рассмотрено влияние информационного обеспечения логистики склада и построения автоматизированного управления складским хозяйством на станции Рос-

тов-Товарный. В результате исследования установлено, что применение автоматизированной системы управления складом существенно повышает эффективность работы складского хозяйства станции, уменьшает запасы грузов и повышает товарооборот, минимизирует время выполнения складских операций и увеличивает их точность, а также позволяет оптимизировать затраты и увеличить прибыль. Рассмотрены методы компоновочных решений. Приведен перечень основных оценочных показателей норм проектирования вариантов размещения терминалов.

Грузовой двор представляет собой часть территории железнодорожной инфраструктуры, которая содержит комплекс сооружений и устройств, предназначенных для приёма, погрузки, выгрузки, сортировки грузов и их краткосрочного хранения. Склады, погрузочно-разгрузочные площадки и устройства специализируются по типу груза (тарно-упаковочные, навалочные тяжеловесные, опасные и др.) По типу отправок (повагонные и мелкие), по характеру грузовых операций (погрузка, выгрузка, сортировка). Специализация предусматривает наиболее рациональную технологию выполнения работ, эффективное использование средств механизации, поток автомобильного транспорта, обеспечение перевозки грузов по прямому варианту (вагон – автомобиль) и сдвоенные операции с вагонами (погрузка и выгрузка). Перерабатывающая способность каждого участка (фронта) обработки вагонов на грузовом дворе определяется технологическим процессом станции и зависит от длины участка, площадью прирельсовой площадки или склада, производительности средств механизации и пр.

По схемам путевого развития грузовые дворы подразделяются на тупиковые, сквозные и тупиково-сквозные (комбинированные).

Выбор схемы путевого развития (тупиковая, сквозная, комбинированная) в каждом отдельном случае выполняют на основе технико-экономического сравнения вариантов в увязке с условиями расположения железнодорожной станции, обслуживающей данный грузовой двор, ее путевым развитием, объемом и характером грузовой работы в местах общего и необщего пользования.

На многих крупных железнодорожных узлах, обслуживающих крупные города и промышленные центры, есть несколько грузовых станций, специализирующихся по родам грузов: сыпучие; тяжеловесные и пр.

Особенностью современных грузовых дворов является специализация устройств по типу грузов, что дает возможность использовать наиболее производительные механизмы на фронтах погрузки и разгрузки. Устройства на территории грузового двора располагаются таким образом, чтобы пылящие товары по возможности удалялись от штучных товаров и находились с наветренной стороны; вагонные весы размещаются рядом с устройствами, обслуживающими насыпные, навалочные и другие грузы, прибывающие

навалом, чтобы вагоны можно было взвешивать, используя вытяжной путь, и одновременно принимать и отправлять передачи. При этом вытяжной путь должен обеспечивать выполнение маневровых работ, расстановку и перестановку вагонов с одного фронта на другой для двоянных операций.

Расположение транспортно-складских комплексов исторически складывалось в сочетании с крупными промышленными центрами и селитебной зоной городов. Развитие промышленного производства, усиление торгово-экономических отношений способствовало развитию складской инфраструктуры, портовых и железнодорожных устройств, которые строились в условиях уже существующих жилых кварталов и старых предприятий.

Наиболее распространенным методом моделирования сложных систем является метод имитационного моделирования, в основе которого лежит моделирование случайных процессов с помощью математического аппарата. Имитации дают возможность получить статистические данные, по которым оценивается состояние системы.

Основным этапом является постановка задачи, результатом которого является набор показателей, способных дать полную характеристику процессу и качеству его управления. Критерием достижения наилучших результатов эксперимента является получение максимальных значений установленной целевой функции при допустимых значениях показателей качества работы системы. Целевая функция формируется при переходе от описательной модели к формальной. Искомой величиной является интенсивность ведения входящих процессов и степень потребления необходимых ресурсов, времени и средств, которые также имеют допустимые области изменения.

Все параметры, определяющие эффективность функционирования региональной ТСК, можно разделить на две группы: параметры, снижающие эффективность компоновки и повышающие общую эффективность, и параметры узла.

Для оценки разработанных вариантов размещения терминалов можно руководствоваться основными типовыми (расчетными) показателями норм проектирования (таблица 1).

Сравнивая результаты показателей генеральных планов, делается вывод об оптимальном варианте размещения объектов в транспортном узле. Расстояния внутриузловых перевозок грузов зависят от схем примыкания подъездных путей к основной станции (точек ввоза) и мест примыкания внутризаводских дорог к главной автомагистрали (пунктов вывоза). Однако результат, полученный в процессе моделирования, не может быть сразу применен, так как необходимо проверить модель на адекватность с полученными результатами. Оценка может проводиться на основе ранее полученных данных или практических испытаниях.



Таблица 1 – Показатели генеральных планов терминала

№ п/п	Наименование	Обозначение	Расчетные формулы	Показатели
1	Площадь в пределах ограждения, га	$S_{\text{общ}}$	По варианту плана	–
2	Площадь застройки складскими зданиями и сооружениями, м <sup>2</sup>	$S_{\text{скл}}$	$S_{\text{скл}} = \sum_1^n L_{\text{скл}}^n \cdot B_{\text{скл}}^n$	$L_{\text{скл}}^n$ – длина $n$ -го склада, м; $B_{\text{скл}}^n$ – ширина $n$ -го склада, м
3	Площадь застройки производственно-техническими зданиями и сооружениями, м <sup>2</sup>	$S_{\text{техн}}$	$S_{\text{техн}} = \sum_1^n L_{\text{техн}}^n \cdot B_{\text{техн}}^n$	$L_{\text{техн}}^n$ – длина $n$ -го здания, м; $B_{\text{техн}}^n$ – ширина $n$ -го здания, м
4	Площадь асфальтированных автопроездов, м <sup>2</sup>	$S_{\text{авт}}$	$S_{\text{авт}} = \sum_1^n L_{\text{авт}}^n \cdot B_{\text{авт}}^n$	$L_{\text{авт}}^n$ – длина автопроезда, м; $B_{\text{авт}}^n$ – ширина автопроезда, м
5	Протяженность (площадь) железнодорожных путей (устройств), м <sup>2</sup>	$\Sigma L_{\text{жд}} (S_{\text{жд}})$	–	–
6	Общая площадь застройки, м <sup>2</sup>	$S_3$	$S_3 = S_{\text{скл}} + S_{\text{техн}} + S_{\text{авт}} + \sum L_{\text{жд}} \cdot B_{\text{жд}}$	$B_{\text{жд}}$ – ширина полосы отвода ж.-д. пути, м
7	Протяженность ограждения (забора), км	$\Sigma L_{\text{отр}}$	По генплану	–
8	Коэффициент застройки	$k_3$	$k_3 = \frac{S_{\text{скл}}}{S_{\text{общ}}}$	–
9	Коэффициент использования территории	$k_{\text{тер}}$	$k_{\text{тер}} = \frac{S_3}{S_{\text{общ}}}$	–
10	Капитальные вложения на 1 т грузооборота, руб./т	$K_{1т}$	$K_{1т} = \frac{\sum K}{Q_{\text{год}}}$	$\Sigma K_{\text{тек}}$ – капитальные вложения в объект, тыс. руб.; $Q_{\text{год}} = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{отпр}}$ , тыс. т

Окончание таблицы 1

№ п/п	Наименование	Обозначение	Расчетные формулы	Показатели
11	Себестоимость переработки 1 т груза, руб./т	$e_{1т}$	$e_{1т} = \frac{\sum \mathcal{E}}{Q_{\text{год}}}$	$\Sigma \mathcal{E}_{\text{тек}}$ – эксплуатационные расходы по объекту, тыс. руб.
12	Приведенные затраты на 1 т грузооборота, руб./т	$\pi_{1т}$	$\pi_{1т} = \frac{\sum K \cdot E_n + \sum \mathcal{E}}{Q_{\text{год}}}$	$E_n$ – коэффициент приведения капитальных вложений к текущим затратам (0,10 – 0,125)
13	Снижение расходов на транспортировку грузов, тыс. руб.	$\Delta \mathcal{E}$	$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{сущ}} - \mathcal{E}_{\text{пр}}$	$\mathcal{E}_{\text{сущ}}$ , $\mathcal{E}_{\text{пр}}$ – расходы на транспортировку грузов при существующем и проектном положениях, тыс. руб.

При исследовании транспортно-складских систем наибольшее применение получили методы линейного программирования, теории игр, теория принятия решений, динамического программирования и др. Методы линейного программирования (задачи распределения) используются при распределении ограниченного количества оборудования или ресурсов на определённые виды работ с целью получения максимального эффекта.

Обобщая практический опыт, фактические данные и теоретические исследования отечественных и зарубежных авторов можно выделить основные факторы, влияющие на мощность и размещение устройств ТСК:

- технико-экономические;
- естественно-географические (местонахождение, топография и др.);
- метеорологические (периоды перевозок);
- транспортно-технологические (мощность струй, количество и весовая норма передач, уровень механизации погрузочно-разгрузочных работ и др.)
- планировочные (размеры площадки, существующая планировка районов и устройств, степень стеснённости территории и т. д.)
- плановые (гибкость планирования перевозок во взаимодействии с автомобильным, водным и железнодорожным транспортом).
- маркетинговые и коммерческие (условия поставки, коммерческие схемы реализации продукции).

Такие технико-экономические факторы как величина, структура и направление сказывается на потребности в территории для размещения транспортно-технологической инфраструктуры (складов, открытых площадок,

автопроездов). Несовместимость отдельных грузов по физико-химическим свойствам требует специализации отдельных районов терминала.

Корреспонденция грузопотоков с течением времени претерпевает некоторые изменения. Состояние мировой экономики, внешнеторговые связи, состояние собственных производительных сил страны формируют направление и структуру грузопотока. От мощности и структуры грузопотоков зависит мощность железнодорожных устройств грузовых станций и парков.

Естественно-географические условия определяются климатическими, топографическими, геологическими и другими особенностями, от которых в районе транспортного узла зависит возможность выбора мест расположения складских устройств. По топографическим условиям ввиду наличия высотных препятствий возможно осложнение выбора мест расположения транспортно-технологической инфраструктуры. Это удорожает стоимость строительства транспортных объектов и устройств и удорожает их эксплуатацию.

Направление ветров в данном районе определяют размещение специализированных транспортно-технологических объектов. Метеорологические факторы изменяются по сезонам и влияют на производство погрузочно-разгрузочных работ. При неблагоприятных погодных условиях погрузка-выгрузка падает, что в последующий период оказывает влияние на величину скопившихся вагонов и требуемую мощность транспортно-технологической инфраструктуры.

Мощность поступающих на терминал с различных направлений струй грузопотока определяют размеры грузооборота, мощность и размещение железнодорожных погрузочно-выгрузочных путей и парков отстоя подвижного состава.

В рыночных условиях перевозка рассматривается лишь как один из составляющих этапов процесса движения товароматериальных ценностей в глобальных логистических цепочках. Для логистических операторов и торговых компаний определяющими становятся собственные коммерческие интересы, исходя из которых, они формируют свои требования к транспортной системе. Однако принципы работы транспорта, сформированные при плановой экономике, часто не приспособлены к требованиям грузовладельца в технологическом либо в техническом отношении. Для грузовладельца целью является не сама перевозка, а наиболее выгодное заключение контракта и продажа своей продукции. Грузы по железной дороге отправляются на разных условиях контрактов поставки. Складские площади выполняют материальные функции электронных торговых площадок. Очевидно, что инфраструктура изначально проектировалась без учета длительного хранения и тем более без учета современных торговых факторов, поэтому даже при расчетном грузопотоке существующие портовые и железнодорожные объекты не будут соответствовать потребной мощности.

За последние 10–15 лет понятие о современном складе существенно изменилось. Логистические объекты имеют решающее значение для всех уча-

стников перевозочного процесса в части обработки грузовых единиц, которые перемещаются от места производства к клиентам. Правильная работа транспортно-складского комплекса позволяет реализовать логистические задачи на соответствующем и приемлемом для клиентов уровне качества.

Складское хозяйство как звено логистического процесса – это технически сложное сооружение, состоящее из связанных между собой элементов, имеющее структуру и выполняющее ряд определенных функций по преобразованию материальных потоков, а также накоплению, переработке и распределению грузов между потребителями, которое оказывает влияние на эффективность функционирования всех бизнес-процессов предприятия [1]. Склады следует рассматривать как посредников, которые связывают грузопотоки между производителями, дистрибьюторами, продавцами и потребителями. Развитие глобальных экономических сетей и характер возникающих взаимоотношений специфики логистических процессов вносят динамические изменения в систему транспортно-складского комплекса.

За последние годы использование информационных систем в различных отраслях промышленности способствовало разработке более сложных автоматизированных систем управления, которые способствовали более эффективному функционированию складов в системе логистики [2]. Роль логистических объектов имеет решающее значение для всех цепочек поставок, поскольку они вносят значительный вклад в работу с грузовыми операциями, которые перемещаются от мест производства до потребителей. Правильно выбранная система управления складским хозяйством позволит реализовать свои логистические задачи и поддержки принятия коммерческих решений в соответствии с требованиями клиентов к уровню качества товаров и услуг.

На станции Ростов-Товарный в парке «Б» при выполнении работ, сосредоточенных с погрузкой и выгрузкой грузов и для хранения прибывших и принятых к отправлению грузов, имеется транспортно-складской комплекс, который включает в себя: два крытых склада для погрузки и выгрузки мелких отправок, пять крытых складов для погрузки и выгрузки повагонных грузов, три контейнерные площадки для погрузки, выгрузки и сортировки вагонов со среднетоннажными контейнерами и две контейнерные площадки для переработки крупнотоннажных контейнеров.

С целью увеличения объема перевозок станцией, а также повышения скорости и ритмичности перевозок, делая управление и контроль складом более простым и эффективным, следует применять автоматизированное управление складским хозяйством [3].

Автоматизированное управление складом состоит из взаимосвязанных и согласованных методов и средств хранения товаров, перемещения их внутри и за пределы предприятия, технологических и производственных процессов, а также способов ведения учета товаров в зависимости от его свойств.

В рамках направления «АСУ Управление транспортно-складским комплексом (АСУ ТСК)» на станции Ростов-Товарный реализуется функционал по управлению производством (включая погрузку, разгрузку, хранение), управлению движимым и недвижимым имуществом, управлению складом и запасами с блоком АСУ РС, планированию производственной деятельности, мониторингу эффективности деятельности, управлению финансами. Для этого внедрена система АСУ ТСК в 16 региональных дирекциях и на 145 опорных грузовых дворах, произведена интеграция АСУ ТСК с CRM-системой управления взаимоотношениями с клиентами (ИС УВК).

Система автоматизации управления складом включает в себя следующие компоненты:

- клиентское приложение (так называемая «видимая» часть) – это прямой рабочий интерфейс, через который пользователь взаимодействует со всей системой. Доступ к нему можно получить на персональном компьютере или терминалах сбора данных;

- рабочий сервер («скрытая» часть), включающий в себя хранение данных и отображение запросов, полученных через клиентское приложение;

- бизнес-логика, обрабатывающая запросы, формирующая отчеты, а также изменяющая, добавляющая и удаляющая данные из общей базы данных. Она информирует пользователя о выполнении операции с помощью сообщения на экране клиентского приложения.

Задачи автоматизированной системы управления:

- 1) уменьшить расходы на хранение товара на складе;
- 2) снизить продолжительность всех складских операций;
- 3) минимизировать количество ошибок при выполнении складских операций;

- 4) улучшить показатели учета товара;

- 5) избежать потерь, определяемых ограниченным сроком реализации товара;

- 6) снизить зависимость от «человеческого фактора»;

- 7) добиться максимального использования площади склада.

Система автоматизации управления складом обеспечивает:

- оснащение склада техническими ресурсами;

- отслеживание товаров, хранящихся на территории склада;

- оперативность учёта товаров, оформление смет;

- сохранность товаров при хранении и транспортировке;

- эффективный процесс инвентаризации;

- использование рабочего помещения в соответствии с видами работ.

При строительстве склад делится на зоны разной площади в соответствии с характером выполняемых операций (прием товаров, их размещение,

хранение, обработка последующая отгрузка), что значительно упрощает автоматизацию всего производства и оптимизирует работу персонала [4]. На начальном этапе в базу данных заносится вся необходимая информация (характеристики склада, типы и количество погрузочного и рабочего оборудования, а также техническая документация на все виды используемого оборудования). Этот процесс упрощается за счет наличия на каждом товаре специального штрих-кода, который система считывает и сохраняет в базе данных.

Все рабочее оборудование оснащено встроенными терминалами, подключенными к базе данных, у персонала есть аналогичные переносные терминалы. Система может считывать штрих-код любого устройства, присутствующего в базе данных, и распечатывать соответствующую этикетку, что очень удобно для инвентаризации.

Система дополнительно учитывает особенности условий хранения каждого груза и сравнивает их с теми условиями, которые может предоставить склад. Такими условиями являются: уровень влажности, температура, срок службы и хранения и т. д. Система выбирает наиболее подходящие места для хранения и выдает соответствующие инструкции персоналу, которые отправляются на персональный терминал сотрудника.

При перемещении товаров по предприятию система формирует карту оптимальных маршрутов, что дает возможность максимально продуктивно использовать погрузочную технику, сокращая до минимума пробег. После выполнения каждой операции сканируется подтверждающий штрих-код, что исключает возможность ошибки обработки или упаковки груза, новый код оперативно добавляется в базу данных [5].

При установке камер наблюдения возможности автоматизированной системы значительно расширяются: она может не только определять текущее местонахождение того или иного груза или оборудования, но и отображать его изображение в реальном времени. По окончании работы (ежедневно или в выбранное время) система формирует полный отчет, который можно распечатать или сохранить в единой базе данных.

Функции автоматизированной системы управления складом включают:

- прием товаров;
- складирование (автоматическое и складирование с участием персонала с соблюдением правил безопасности и условий хранения товаров, построение оптимальных складских ячеек и стеллажных конструкций). Сыпучие товары заносятся в реестр и упаковываются;
- автоматизированный прием и отгрузка;
- управление заказами, а также группами заказов, в том числе создание партий товаров со схожими характеристиками, их последующее разделение и идентификация;
- выявление складских запасов, возможность своевременного пополнения;

- комплектация заказа (подготовка заданий для персонала по комплектации заказа в тару или без нее, упаковка, маркировка и т. д.);
- формирование задач для персонала;
- планирование и составление графиков;
- управление процессом хранения (определение оптимального места для ячеек, автоматическое пополнение, взаимодействие со вспомогательными рабочими зонами);
- расчет рабочего времени, формирование норм работы, определение и отслеживание выполнения плана.

Проведенный анализ влияния информационного обеспечения логистики склада и построения автоматизированного управления складским хозяйством на станции Ростов-Товарный показал, что применение автоматизированной системы управления складом заметно улучшает работу складского хозяйства, сводит к минимуму запасы грузов и способствует повышению товарооборота, при этом минимизирует время выполнения складских операций и повышает их точность, а также позволят оптимизировать затраты по численности персонала, времени на обработку заказа, производительности труда и увеличить выручку за счет роста объема грузопереработки при привлечении новых клиентов, расширения перечня дополнительных и комплексных услуг клиентам, упрощения процедуры доступа к железнодорожным перевозкам, повышения индекса удовлетворенности клиентов.

Система выбирает наиболее подходящие места для хранения и выдает соответствующие инструкции персоналу, которые отправляются на персональный терминал сотрудника. Система дополнительно учитывает особенности условий хранения каждого груза и сравнивает их с теми условиями, которые может предоставить склад.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Бойко, Н. И.* Погрузочно-разгрузочные работы и склады на железнодорожном транспорте : учеб. пособие для вузов / Н. И. Бойко, С. П. Чередниченко ; Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп. – М. : Пиар-Пресс, 2011. – 291 с.

2 *Верескун, В. Д.* Информатизация и компьютеризация производственных процессов на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / В. Д. Верескун ; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2015. – 166 с.

3 *Курганов, В. М.* Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок товаров / В. М. Курганов. – М. : Книжный мир, 2017. – 432 с.

4 *Муленко, О. В.* Инфраструктура транспортных и логистических систем : учеб. пособие. [Электронный ресурс] О. В. Муленко, К. А. Годованый ; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д : [б. и.], 2016. – 195 с.

5 *Краснова, И. И.* Логистика складирования : учеб.-метод. пособие / И. И. Краснова, Т. Р. Кисель. – Минск : БНТУ, 2016. – 80 с.

## **LOGISTICS INFORMATION OF WAREHOUSE MANAGEMENT AT ROSTOV-TOVARNY STATION**

The influence of information support of warehouse logistics and construction of automated warehouse management at Rostov-Tovarny station is considered. As a result of the study, it was found that the use of an automated warehouse management system significantly increases the efficiency of the station's warehouse, reduces stocks of goods and increases turnover, minimizes the time for performing warehouse operations and increases their accuracy, as well as will optimize costs and increase profits, methods of layout solutions are considered. A list of the main estimated indicators of the design standards for terminal placement options is provided.

Получено 16.10.2020

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2020**

---

УДК 656.22 + 06

*Е. А. ЧЕБОТАРЕВА*

*Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МОЩНОСТЕЙ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОЛИГОНА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К ПОЛИГОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ**

Анализируются изменения в использовании транспортной инфраструктуры при учете динамики увеличивающегося экспортного грузового потока к портам, обслуживаемым станциями Северо-Кавказской железной дороги. Основным позитивным фактором увеличения эффективности использования транспортных мощностей Юго-Западного железнодорожного полигона является переход к полигонным технологиям.

Переход к полигонным моделям управления перевозочным процессом заставляет по-новому взглянуть на проблему управления транспортным производством в границах нескольких железных дорог. Как известно, труднейшей задачей в смешанных перевозках является согласование планов работы большого числа участников цепи и организация пропуска поездопотоков условиях недостаточных пропускных и провозных способностей железнодорожных направлений. Многообразие клиентов в логистических



цепях, типологии потоков по форме, содержанию и схемам организации усложняют задачи эффективной организации процессов в транспортной логистике. И самым сложным вопросом при этом был и остается в последние десятилетия вопрос недостаточности мощностей транспортной инфраструктуры. Высокая ресурсоемкость устранения этой проблемы не позволяет сделать оптимистичный прогноз на ближайшие десятилетия – недостаток пропускных и провозных способностей транспортной системы сохранится в ближайшей перспективе [1, 2]. При изучении проблем организации транспортного производства на железных дорогах, например, Северо-Кавказской железной дороги (СКЖД), обслуживающей порты Азово-Черноморского бассейна (АЧБ) и включенной в Юго-Западный полигон управления, предлагается выделение подсистемы «Припортовая транспортно-технологическая система» для эффективного решения организационно-управленческой задачи и технологических аспектов организации железнодорожно-морских перевозок.

Припортовая транспортно-технологическая система – это совокупность субъектов морского, железнодорожного (других видов транспорта), в т. ч. порты, транспортные узлы, припортовые и накопительные станции, объединенные едиными информационными и технологическими формами взаимодействия (рисунок 1).



Рисунок 1 – Припортовая транспортно-технологическая система как составная часть транспортной системы

Отсутствие резервов пропускных способностей направлений сети приводит к оставлению от движения грузовых поездов, которые в свою очередь требуют дополнительного путевого развития станций для отстоя таких поездов.

На направлениях, где развитие портовых терминальных комплексов ограничено, востребованным становится дополнительное путевое развитие припортовых станций и станций припортовой железной дороги. В рамках Долгосрочной программы развития ОАО «РЖД» до 2025 года и основными параметрами «Генеральной схемы развития сети железных дорог на период до 2025 и на перспективу до 2030 года» для подготовки железнодорожной инфраструктуры на подходах к морским портам АЧБ к перевозке грузов в объеме 131,1 млн тонн к 2025 году на СКЖД предусматривается реконструкция станций Сальск, Тихорецкая, Тимашевская, Крымская, а также строительство вторых путей на участке Краснодар-1 – Крымская и на участке Краснодар-1 – Кривенковская. Существующая пропускная способность участков на 1 января 2020 года приведена на рисунке 2.

Наличие ограничивающих перегонов на данном направлении пока не позволяет реализовать пропуск прогнозных грузопотоков, увеличение объемов экспортных грузопотоков в адрес АЧБ вызывает затруднения не только в работе СКЖД, а также негативно сказываются и на работе смежных дорог.

На дороге расположены 14 припортовых станций, которые завершают плечо полигонных перевозок на экспорт и на которых выгружается 65 % от общего объема. Остальные 35 % выгружаются на 270 станциях для более чем полутора тысяч клиентов, что усложняет задачи организации эксплуатационной работы дороги.

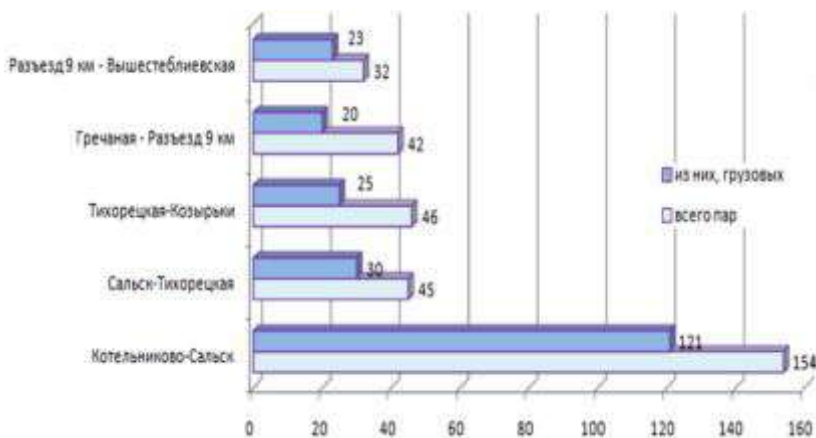


Рисунок 2 – Существующая пропускная способность участков по направлению Котельниково – Сальск – Разъезд 9 км – Вышестеблиевская

Увеличение объемов перевозок, а следовательно, и увеличение нагрузки на транспортную инфраструктуру, требует изменения транспортного производства в ППТС (рисунок 3).



Рисунок 3 – Изменение транспортного производства в ПТТС

Аналогично, при снижении объемов перевозок появляются задачи эффективного использования малодейственных линий, распределения ресурсов и другие. Решение транспортных проблем в рамках полигонной модели управления перевозками осуществляется по разным вариантам (рисунок 4). В одном варианте – увеличением мощности инфраструктуры припортовой дороги, рассчитанной на прием и расстановку максимального количества составов поездов, временно задерживаемых дорогой из-за неприема их станциями назначения.



Рисунок 4 – Решение проблем организации транспортного производства в ПТТС при увеличении объемов перевозок

В другом варианте для оптимизации управления грузопотоками предлагается прежде всего расширить зону логистического планирования подхода поездов в адрес портов до границ нескольких смежных железных дорог, используя их инфраструктуру для временного отстоя невостребованных поездов. Так, в декабре 2016 года и в первые месяцы 2017 года был проведен эксперимент по использованию инфраструктуры трех дорог (Юго-Восточной, Приволжской и Северо-Кавказской) в оптимизации регулирования экспортных вагонопотоков.

Во время продолжительных неблагоприятных погодных условиях в портах Азово-Черноморского бассейна в этот период Логистическим центром Северо-Кавказской железной дороги по согласованию со смежными железными дорогами удалось рационально размещать составы поездов назначением в порты на всем полигоне [1].

Таким образом, в существующую систему логистического управления интегрируется принцип демпфирования, то есть использования емкости полигона для сглаживания колебаний потока грузов, как при их зарождении, так и в пути следования. Повышение эффективности использования транспортных мощностей Юго-Западного полигона железных дорог в условиях перехода к полигонным технологиям сводится не только к мероприятиям по развитию железнодорожной инфраструктуры подходов и припортовых станций Юга страны, но и к вопросу управления перспективной конфигурацией вагонопотоков.

Речь идет не только об изменении специализации основных ходов СКЖД, но также об изменении технологии работы основных сортировочных станций Юго-Западного полигона. Так, в период массовых пассажирских перевозок значительная часть грузопотока переключается с направления Центр – Юг на направление Котельниково – Тихорецкая и далее в обход Краснодарского узла. Через стык Сохрановка в графике планируется увеличение до 76 пар пассажирских поездов и только 20 пар для грузовых поездов. Данный вагонопоток будет состоять в основном из вагонов на станции назначения Лиховского «узла» и вагонов погрузки Юго-Восточной железной дороги.

В связи с дополнительными объемами грузового движения, роль станции Краснодар-Сортировочный определена для работы в трех направлениях:

- подбор местного вагонопотока для станций прилегающих участков;
- как сортировочно-накопительная для экспортных терминалов дороги из вагонов, погруженных на станциях Краснодарского и Минераловодского регионов;
- как «буферная» для работы с порожними вагонами, прибывающими со станций выгрузки Туапсе, Вышестеблиевская, Кавказ, Темрюк для формирования отправительских маршрутов на путях необщего пользования.

Кроме местной работы, следует учесть, что вагонопоток, следующий через направление Козырьки – Гречаная, в основном маршрутизирован, но оставшиеся 24 %, не охваченного маршрутизацией вагонопотока необходимо перерабатывать на станции Краснодар-Сортировочный. Это касается вагонов для станций участка Разъезд 9 км – Кавказ (65–80 вагонов в среднем в сутки). В общем, для обеспечения бесперебойной выгрузки в портах имеется необходимость в организации формирования 22 дополнительных назначений (рисунок 5).



Рисунок 5 – Потребное количество назначений для устойчивой работы портов АЧБ

В связи с тем, что полностью двухпутное направление на подходах к портам АЧБ будет запущено в 2021 году, а окончание реконструкции станции им. М. Горького запланировано только на 2024 год, в краткосрочной перспективе предлагается до завершения реконструкции станции им. М. Горького разработать компенсационные мероприятия до 2021 года, учитывающие изменение плана формирования на полигоне в направлении портов АЧБ.

После разделения грузопотоков на пассажирское и грузовое у Краснодарского узла транзитный грузопоток будет снижен, и соответственно появляется резервная возможность дополнительного наращивания объемов грузовых перевозок для предприятий.

В этом случае необходимо проработать вопрос в части уточнения перспективных объемов перевозок крупнейшими предприятиями, а также разработать адресные мероприятия, направленные на привлечение малого и среднего бизнеса в границах Краснодарского узла.

После окончания в 2021 году реконструкции станции им. М. Горького Приволжской железной дороги основная часть работы по формированию маршрутов для припортовых станций дороги будет перенесена на данную станцию. При этом необходимо сохранить в плане формирования пяти постоянных сетевых назначений, связанных с географическим расположением регионов СКЖД:

1) им. М. Горького – Батайск (вагоны на станции Ростовского региона, включая порты Азов, Заречная, Ейск и частично прилегающей северной части Краснодарского региона);

2) им. М. Горького – Лихая (вагоны на станции Лиховского «узла», включая порты Таганрог, Усть-Донецкая и западной части Ростовского региона);

3) им. М. Горького – Краснодар (вагоны на станции непосредственно Краснодарского «узла», а также станция Грушевая);

4) им. М. Горького – Тихорецкая (вагоны на станции и участки Тихорецкого и Кавказского «узлов»);

5) им. М. Горького – Минеральные Воды (вагоны на станции Минераловодского региона).

Для обслуживания порта Новороссийск следует предусмотреть восемь назначений (приведен фактический среднесуточный вагонопоток в настоящий период):

1) груз в адрес ПАО «Новороссийский морской торговый порт» – 80 вагонов;

2) лесные грузы в адрес ОАО «Новорослесэкспорт» – 77 вагонов;

3) нефтеналивные грузы в адрес ОАО «ИПП» или в адрес ООО «Мазутный терминал» – 55 вагонов;

4) вагонопоток с грузом уголь ПАО «НМТП» – 68 вагонов;

5) вагонопоток, не охваченный маршрутизацией Новороссийск-город – 83 вагона;

6) вагонов с зерновыми грузами в количестве трех назначений, с разбивкой по терминалам – 37 вагонов отдельно в адрес АО «Новороссийский зерновой терминал»;

7) отдельно в адрес АО «КСК»;

8) отдельно в адрес ПАО «Новороссийский комбинат хлебопродуктов».

Для обслуживания Таманского полуострова предусмотреть шесть назначений, для обслуживания станции Туапсе – три назначения (см. рисунок 5).

Модели обеспечения перевозок за счет повышения эффективности управления перевозочным процессом в условиях сквозных принципов организации эксплуатационной работы в направлении портов АЧБ представлены в Технико-технологической модели АЧБ до 2025 года [3], которая выполнена в виде единого технологического процесса работы технологического полигона (рисунок 6).



Рисунок 6 – Технико-технологическая модель процесса функционирования полигона

Технико-технологическая модель охватывает:

- расчёты перерабатывающей способности станций с использованием АС ЕТП, расчёты нормативов содержания вагонов под выгрузку и погрузку на подходах к портам;
- перспективный план формирования грузовых поездов на подходах АЧБ до 2025 года;
- технологическую регламентацию всего перевозочного процесса;
- технологию управления поездной работой;
- технологию управления тяговыми ресурсами;
- технологию управления грузовой работой в разрезе регионов на основе логистических принципов;
- технологии взаимодействия причастных подразделений регионального уровня;
- определение и взаимоувязка рациональных вариантов длин и схем участков обращения локомотивов и локомотивных бригад, длин гарантированных участков проследования грузовых поездов, размещения ПКО вагонов и т. п. Согласно данной Технико-технологической модели одним из изменений станет работа локомотивных бригад на новых удлинённых плечах обслуживания с увеличением среднего плеча обслуживания со 150 до 380 км.

Рост грузопотоков, повышение весовых норм в направлениях портов Северо-Запада России, Азово-Черноморского бассейна, Восточного полигона, поставка новых локомотивов требует развития соответствующей инфраструктуры. На этот период намечено 90 объектов строительства и реконструкции, в том числе 35 в направлении Кузбасс – Северо-Запад, 16 объектов в направлении Азово-Черноморского бассейна, 29 объектов по Восточному полигону и 10 объектов направления Тобольск – Коротчаево. Основной задачей, которая сегодня стоит перед Северо-Кавказской дирекцией тяги является обеспечение потребным количеством локомотивов и локомотивными бригадами на планируемый объём работы на горизонте планирования до 2025 г.

Для обеспечения планируемого объема перевозок на участке Сальск – Разъезд 9 км при безусловном обеспечении транзитности таких станций, как Котельниково и Сальск предлагается применение двух схем обслуживания локомотивными бригадами (рисунок 7).

1-я схема: участок Максим Горький – Сальск (плечо 373 км), Сальск – Разъезд 9 км (плечо 371 км), Разъезд 9 км – Тамань (плечо 102 км) без отдыха по станции Тамань. Размеры движения 40–45 пар поездов.

2-я схема: Участок Котельниково – Тихорецкая (плечо 345 км), Тихорецкая – Тамань-Пасс (плечо 357 км) с отдыхом по станции Тамань-Пасс.





Рисунок 7 – Работа локомотивных бригад на новых удлинённых плечах обслуживания

Для обеспечения планируемого объема перевозок на участке Батайск – Разъезд 9 км предлагается две схемы:

1-я схема: Батайск – Тимашевская, Тимашевская – Тамань-Пасс с отдыхом по станции Тамань.

2-я схема: Батайск – Разъезд 9 км, Разъезд 9 км – Тамань-Пасс без отдыха по станции Тамань.

Одним из обязательных условий в первом и втором случае является выполнение участковой скорости грузовых поездов не менее 42 км/ч.

Для освоения вышеуказанных объемов дополнительная потребность в грузовых электровозах ВЛ80 после ввода в эксплуатацию электрификации участка Разъезд 9 км – Вышестеблиевская составит 14 единиц. Грузовые поезда назначением на станцию Тамань, поступающие с междорожных стыковых пунктов Котельниково и Сохрановка, следуют по полигонной технологии без отцепки локомотивов (ВЛ80, 1,5ВЛ80, 2ЭС5К, 3ЭС5К) по станции Разъезд 9 км с бригадами приписки ТЧЭ Батайск (со стыка Сохрановка), ТЧЭ Сальск (со стыка Котельниково) с последующим отдыхом в пункте оборота станции Тамань.

Для предъявляемых объемов работы дирекцией тяги приняты решения внести изменения в структуризацию эксплуатационных локомотивных депо. Для этой цели планируется организация нового эксплуатационного предприятия на станции Разъезд 9 км численностью 1276 человек. Для



обеспечения освоения объемов работы на Таманском полуострове будет организовано изменения штатной численности и перераспределение контингента локомотивных бригад грузового движения из ТЧЭ Краснодар и Тимашевская на Разъезд 9 км.

Изменение направлений и структуры вагонопотока в адрес портов требует разработки методов организации транспортного производства в ПТТС, совершенствования технологии работы станций на полигоне, корректировки сетевого плана формирования поездов, совершенствования местной работы дорог, изменения схем обслуживания локомотивов и локомотивных бригад. Таким образом, наряду с развитием инфраструктуры в условиях перехода к полигонным технологиям необходимо внедрение перспективных технико-технологических моделей, которые позволят максимально эффективно использовать имеющиеся мощности, увеличив пропускную способность направлений до максимальных размеров.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Перевозки грузов в железнодорожно-морском сообщении на юге России: задачи, проекты, проблемы и способы их решения / В. Н. Зубков [и др.] // Железнодорожный транспорт. – № 4. – 2019. – С.4–10.

2 Числов, О. Н. Проблемы развития станций, морских портов и подходов к ним в Азово-Черноморском бассейне / Н. Н. Числов, О. Н. Числов, В. Л. Люц // Вестник Ростовского гос. ун-та путей сообщения. – 2008. – № 1 (29). – С. 101–108.

3 Техничко-технологическая модель управления перевозочным процессом, в условиях перспективы роста объемов перевозок грузов, на полигоне в направлении портов Азово-Черноморского бассейна. М., 2018. – 111 с.

*E. A. CHEBOTAREVA*

#### **IMPROVING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT CAPACITY UTILIZATION SOUTH-WESTERN RAILWAY POLYGON IN TRANSITION CONDITIONS TO LANDFILL TECHNOLOGIES**

The article analyzes changes in transport production in port transport and technological systems in the context of the dynamics of increasing export cargo flow to the ports of southern Russia. The main aspects of increasing the efficiency of the use of transport capacities of the South-Western railway polygon in the transition to landfill technologies are considered.

Получено 19.10.2020

УДК 658.7 : 656 + 06

*О. Н. ЧИСЛОВ, Д. С. БЕЗУСОВ*

*Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону*

*o\_chislov@mail.ru, iren306@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.

В структуре экспортного грузопотока в 2020 г. на припортовой Северо-Кавказской железной дороге – филиал ОАО «РЖД» доля нефтегрузов составила 32,8 %, угля – 22,3 %, черных металлов – 14,4 %, зерна – 12,5 %, железной руды – 6,5 %, удобрений – 4,5 %. В текущем году на двух припортовых станциях СКЖД была достигнута рекордная выгрузка: 16 марта на станции Вышестеблиевская было выгружено 1230 ваг., а 5 мая в Туапсе – 1109 ваг.

Несмотря на неустойчивую рыночную конъюнктуру погрузка экспортных грузов в адрес портов Азово-Черноморского бассейна выросла на 2,5 % в январе – сентябре 2020 г. и составила 56,4 млн т, увеличившись по сравнению с аналогичным периодом прошлого года на 2,5 %. Так, в адрес припортовой станции Новороссийск за 9 месяцев отправлено 23,7 млн т экспортных грузов (–0,5%), Туапсе – 11,7 млн т (+4,8 %), Вышестеблиевская (порт Тамань) – 9,7 млн т (+61,2 %), Грушевая – 4,1 млн т (–22,1 %).

Грузооборот морских портов Азово-Черноморского бассейна составил 185,4 млн т (–3,2 %), из них объём перевалки сухих грузов составил 79,6 млн т (+12,6 %), наливных грузов – 105,8 млн т (–12,4%). Грузооборот портов Новороссийск составил 105,4 млн т (–9,7 %), Туапсе – 19,0 млн т (+10,3 %), Тамань – 15,2 млн т (+40,2 %), Кавказ – 16,2 млн т (+0,7 %), Ростов-на-Дону – 12,9 млн т (+8,1 %) [1].

По-прежнему актуальна проблема поиска эффективных форм взаимодействия железнодорожных припортовых станций и морских портов, повышение объемов перевалки грузов на принципах рациональной организации станционных транспортно-технологических процессов [2].

Отечественная научная школа расчета, проектирования и моделирования железнодорожных станций имеет глубокие исторические корни: основы были заложены на рубеже XIX–XX вв. трудами выдающихся ученых-транспортников – Ф. А. Галицкого, С. Д. Карейши, А. Н. Фролова, В. Н. Образцова, Е. А. Гибшмана и др.; развиты в 50–60 годах научными работами П. В. Бартенева, В. Д. Никитина, М. С. Гликмана и др.; продолжены в 70–80-х годах исследованиями Н. И. Федотова, Н. Н. Шабалина, В. М. Акулиничева, И. Г. Тихомирова, П. С. Грунтова, И. Б. Сотникова, П. А. Козлова и др. Существенный вклад в железнодорожную науку внесли исследования кафедры «Станции, узлы и грузовая работа» БелГУТа (БелИИЖТ) под руководством проф. Н. В. Правдина, теоретические исследования Петербургской школы ученых-станционников под руководством проф. Ю. И. Ефименко [3–5].

В настоящее время в связи цифровизацией и интеллектуализацией транспортно-технологических процессов четвертой индустриальной революции наука и практика моделирования железнодорожных станций и узлов переживает новый этап развития на принципах формирования цифровых двойников транспортных объектов.

Одним из перспективных подходов для данного направления являются аналитические методы моделирования, основанные на аппарате компьютерной алгебры и общих закономерностях станционных транспортных процессов, рациональных с точки зрения конкретных условий работы [6, 7].

В постановке задачи аналитического моделирования станционных процессов необходимо минимизировать суммарное время простоя местного вагона при рациональной загрузке инфраструктурных элементов припортовой станции. Для этого формируется конечное множество технологических блоков по вариантам переработки заданного вагонопотока.

Алгоритм решения задачи следующий: 1 – задание схемы припортовой станции в парках, осях путей и набором технико-технологических параметров (рисунок 1); 2 – формирование транспортно-технологической схемы (ТТС) станции по авторской методике (рисунок 2) [8, 9]; 3 – формирование модельной схемы-графа станции (МСС) (рисунок 3); 4 – формирование одномерных массивов данных параметров технологических блоков (таблица 1); 5 – формирование вероятностной матрицы связей станционных процессов и модулей путевого развития станции (таблица 2); 6 – формирование перечня вариантов станционных транспортных процессов (аксиомат станционных передвижений) для заданных вариантов связей модулей путевого развития (рисунок 4); 7 – исследование параметров возможных вариантов транспортных процессов средствами компьютерной алгебры и программной среды *Maple*; 8 – формирование эффективной станционной инфраструктуры во взаимосвязи с рациональными транспортными процессами для заданных условий эксплуатации системы «станция – порт».

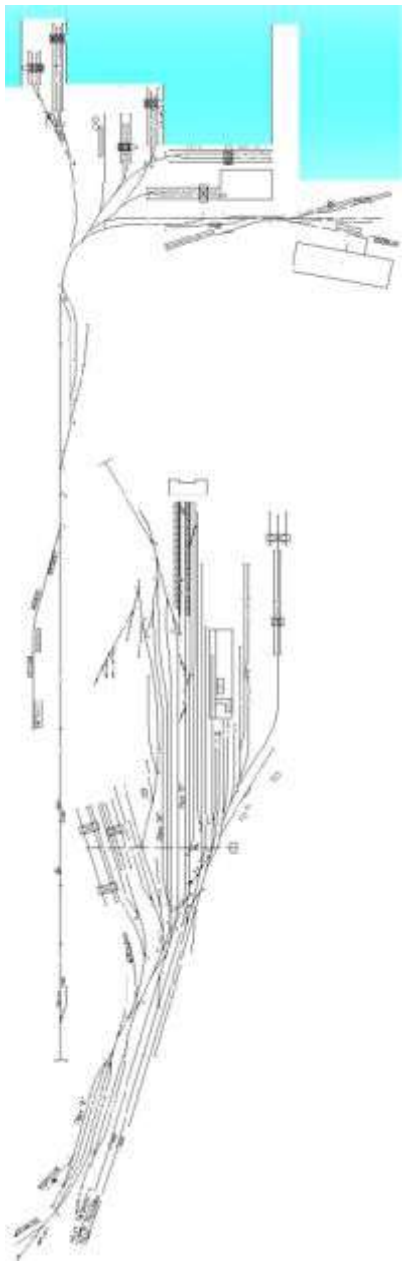


Рисунок 1 – Схема припортовой станции «Т»

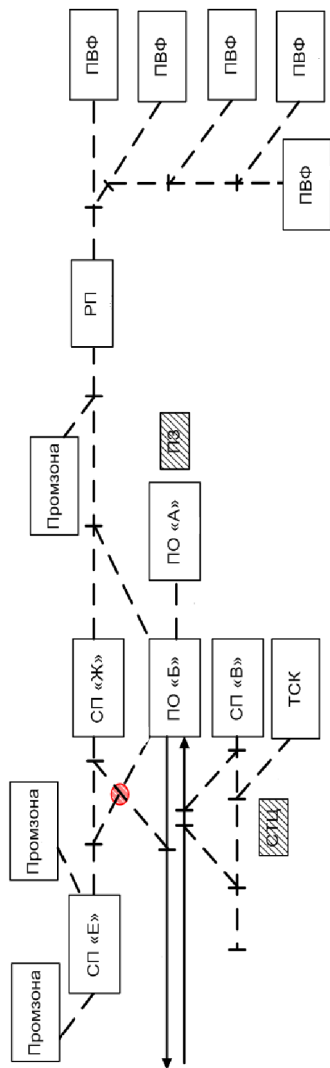


Рисунок 2 – Транспортно-технологическая схема станции «Т»

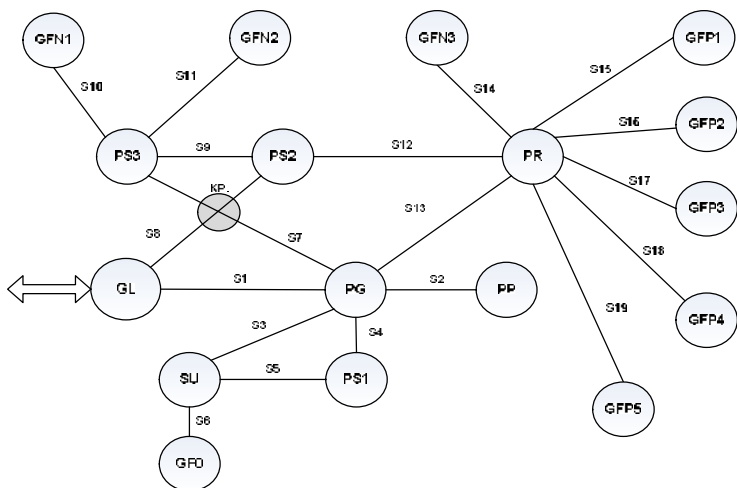
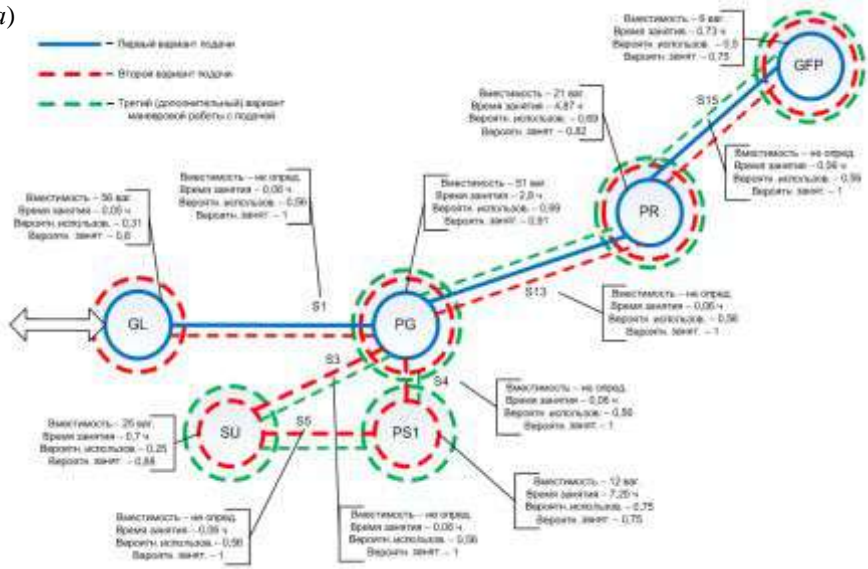


Рисунок 3 – Модельная схема припортовой станции «Г»

Таблица 1 – Ведомость показателей блоков МСС

Наименование устройства (блока)	Обозначение устройства	Пропускная способность, ваг/ч	Время занятия, ч	Вероятность использования устройства	Вероятность занятости устройства	Вероятность свободности устройства
Подход главных путей, GL	$g$	135	0,05	0,31	0,8	0,25
Парки, PP-1, PG-2	$p_1$	13	4,4	0,56	0,94	0,06
	$p_2$	104	2,8	0,69	0,91	0,1
Три сортировочных парка, PS-1, 2, 3	$s_1$	15	7,25	0,75	0,75	0,33
	$s_2$	32	2,9	0,75	0,75	0,33
	$s_3$	74	0,5	0,75	0,75	0,33
Один парк, PR	$r$	11	4,87	0,69	0,82	0,22
Устройство, SU	$u$	60	0,7	0,25	0,88	0,14
Грузовой фронт, GFO	$o$	6	9,45	0,5	0,75	0,33
Три грузовых фронта, GFN-1, 2, 3	$n_1$	5	11,83	0,5	0,75	0,33
	$n_2$	6	8,45	0,5	0,75	0,33
	$n_3$	9	5,5	0,5	0,75	0,33
Пять грузовых фронтов порта, GFP-1, ..., 5	$f_1$	6-7	0,73	0,5	0,75	0,33
	$f_2$	5-7	0,7	0,5	0,75	0,33
	$f_3$	10-12	0,8	0,5	0,75	0,33
	$f_4$	10-12	4	0,5	0,75	0,33
	$f_5$	19	0,7	0,5	0,75	0,33
Прочие пути	$S_i$	150	0,06	0,56	1	0

а)



б)

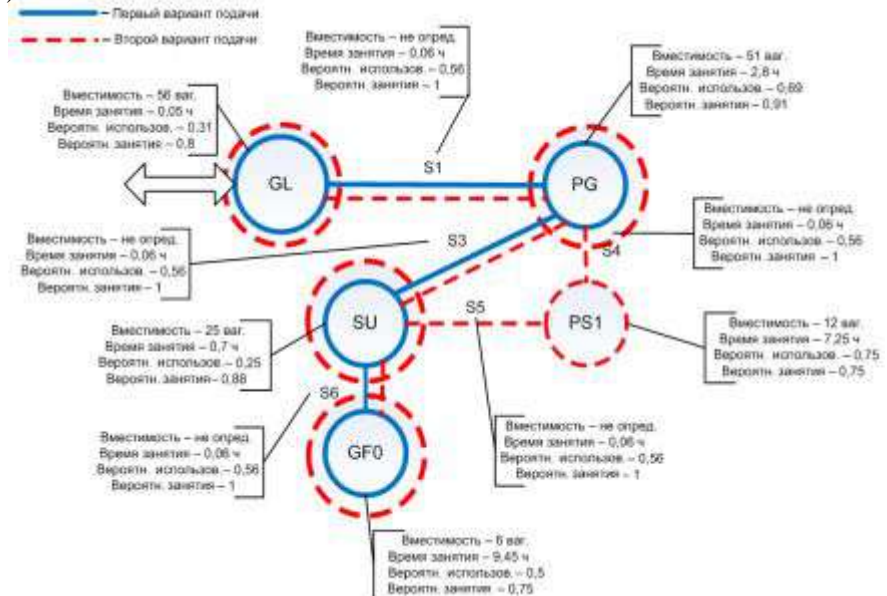


Рисунок 4 – (начало) – Аксиоматы станционных передвижений для заданных вариантов связей модельных схем маршрутов:

а – GFP-причалы порта; б – GF0-грузовой двор

6)

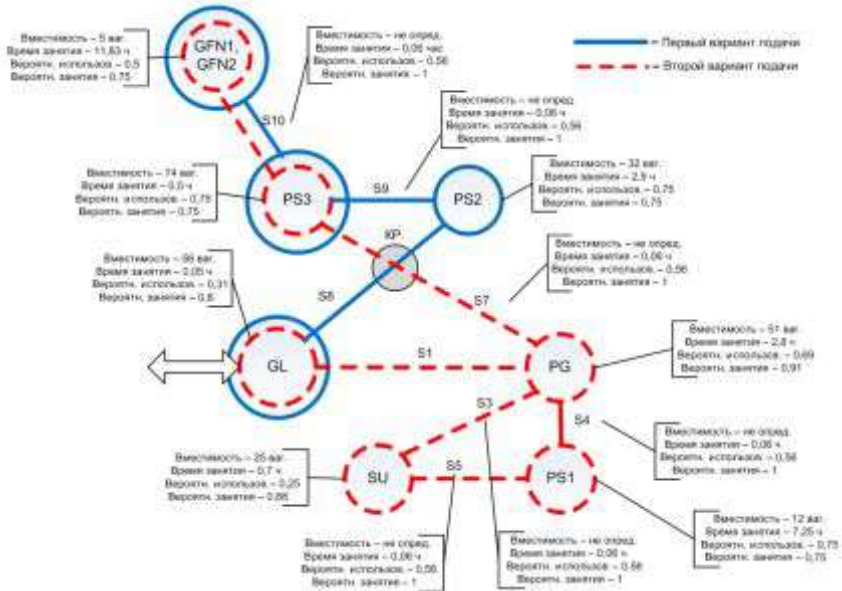


Рисунок 4 – (окончание) – Аксиомы станционных передвижений для заданных вариантов связей модельных схем маршрутов:

6 – GFN1, 2 - предприятия

На модельной схеме станции показаны: главный ход (GL), два приемоотправочных парка (PP – пассажирский, PG – грузовой), три сортировочных парка (PS), один районный парк порта (PR), одно малое сортировочное устройство (SU), один грузовой фронт мест общего пользования (GFO) станции, три грузовых фронта мест необщего пользования (GFN) предприятий, пять грузовых фронтов порта (GFP), KP – критическое одноуровневое пересечение маршрутов.

Рассмотрим грузовую работу станции «Т», на которую ежедневно прибывают 1–2 грузовых поезда. Вагоны подаются на грузовые пункты станции, предприятий и порта в количестве, соответствующем вместимости путей. За установленный период (сутки) необходимо обеспечить переработку всех прибывших местных вагонов при минимуме общего времени простоя.

Рассмотрим аксиомы станционных передвижений (см. рисунок 4, а–в).

Например: маршрут (см. рисунок 4, а) = {главный путь, соединительный ход, парк грузовой, соединительный ход, сортировочное устройство, соединительный ход, сортировочный парк 1-й, соединительный ход, парк грузовой, соединительный ход, парк районный порта, соединительный ход, грузовой фронт порта}.

На грузовом фронте порта вагоны находятся в течение времени выполнения грузовых операций (без учета непроизводительных простоев), затем маршрут повторяется в обратной последовательности.

Таблица 2 – Ведомость вероятностей связей технологических операций и инфраструктурных модулей припортовой станции

Технологические операции	Мод.	GL	PP	PG	PS1	PS2	PS3	PR	SU	GF0	GFN1	GFN2	GFN3	GFP1	GFP2	GFP3	GFP4	GFP5	Si	
Прибытие-отправление пассажирского поезда	<b>T1</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Посадка-высадка пассажиров	<b>T2</b>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Прибытие-отправление маршрутного грузового поезда	<b>T3</b>	1	0	1	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Прибытие-отправление сборного грузового поезда	<b>T4</b>	1	0	1	1/2	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Принем (выдача) багажа	<b>T5</b>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Прицепка-отцепка группы вагонов	<b>T6</b>	0	1/2	1	1	1	1	1	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1
Перестановка группы вагонов (состава)	<b>T7</b>	1/2	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1
Расформирование (формирование) состава (группы)	<b>T8</b>	0	0	1/2	1	1	1	1/2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Принем (сдача) состава (группы) вагонов	<b>T9</b>	0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0
Технический осмотр состава (группы вагонов)	<b>T10</b>	0	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0
Коммерческий осмотр состава (группы вагонов)	<b>T11</b>	0	0	1	1/2	1/2	1/2	1	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0
Расстановка (сборка) вагонов	<b>T12</b>	0	0	0	1/2	1/2	1/2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Погрузка (выгрузка) вагонов	<b>T13</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Заезд (выезд) маневрового (поездного)	<b>T14</b>	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Прицепка (отцепка) маневрового локомотива	<b>T15</b>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Накопление вагонов в ожидании операций	<b>T16</b>	0	1	1	1	1	1	1	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0
Сумма технологических операций	<b>Σ-16</b>	5	9	11	12	12	12	11	4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	
Вероятность использования модуля	<b>P<sub>M</sub></b>	0,31	0,56	0,69	0,75	0,75	0,75	0,69	0,25	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,56
Вероятность загрузки модуля	<b>P<sub>з</sub></b>	0,8	0,94	0,91	0,75	0,75	0,75	0,82	0,88	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1
Резерв свободности модуля	<b>R<sub>ц</sub></b>	20%	6%	9%	25%	25%	25%	18%	12%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	0%
Время занятия модуля	<b>t<sub>з</sub></b>	0,05	4,4	2,8	7,25	2,9	5,5	2,9	0,7	9,45	11,83	8,45	5,5	0,79	0,7	0,8	4	0,7	0,05	
Энтропия модуля	<b>H</b>	0,722	0,327																	
Относительная организация модуля	<b>R</b>	0,69	0,9																	



Вследствие объемных вычислительных процедур при многовариантности разложения подвижного состава по грузовым пунктам и условий подачи уборок разработана авторская программа расчета времен в среде *Maple*, фрагмент которой представлен ниже:

```

> N:=1000: for a1 from 8 to 10 do
for a2 from a1 to 10 do
for b1 from 8 to 10 do
for b2 from b1 to 10 do
t:=0: s1:=0:s11:=0:s12:=0:s13:=0: s2:=0:s21:=0:s22:=0:s23:=0:
for i from 1 to N do
M1:=RandomTools[Generate](integer(range=1..10), method=uniform):
M2:=RandomTools[Generate](integer(range=1..10), method=uniform):
if M1()<=a1 then t1a:=tgl+ts1+tpg:
t1b:=ts13+tp: t1c:=ts13+tp+3*ts15+tgfp1:
s11:=s11+1: T1:=t1a+t1b+t1c:
elif M1()<=a2 then t2a:=tgl+ts1+tpg:
t2b:=ts3+tsu+2*ts5+2*tps1+ts4:
t2c:=ts13+tp+2*ts15+tgfp1: s12:=s12+1: T1:=t2a+2*t2b+t2c:
else t3a:=tgl+ts1+tpg:
t3b:=ts3+tsu+2*ts5+2*tps1+ts4:
t3c:=ts13+tp+2*ts15+tgfp1: s13:=s13+1: T1:=t3a+t3b+t3c:
fi: s1:=s1+1:
if M2()<=b1 then t1a:=tgl+ts1+tpg:
t1b:=ts13+tp: t1c:=ts13+tp+3*ts15+tgfp1:
s21:=s21+1: T2:=t1a+t1b+t1c:
elif M2()<=b2 then t2a:=tgl+ts1+tpg:
t2b:=ts3+tsu+2*ts5+2*tps1+ts4:
t2c:=ts13+tp+2*ts15+tgfp1: s22:=s22+1: T2:=t2a+2*t2b+t2c:
else t3a:=tgl+ts1+tpg:
t3b:=ts3+tsu+2*ts5+2*tps1+ts4:
t3c:=ts13+tp+2*ts15+tgfp1: s23:=s23+1: T2:=t3a+t3b+t3c:
fi: t:=t+T1+T2: s2:=s2+1: s:=s1+s2:
tmtb:=t/N: #print(M1(),a1,a2,T1): #print(M2(),b1,b2,T2): od:
#print(tmtb):
print(tmtb,evalf(s11/s1),evalf(s12/s1),evalf(s13/s1),evalf(s21/s2),evalf(s22/s2),evalf(s23/s2
)): od: od: od: od:

```

В результате работы программы получено около более шестидесяти значений времен станционных транспортных процессов только по первому варианту (см. рисунок 4, а) переработки вагонопотока. Минимальное время простоя местного вагона составило 27,4 ч. Программа позволяет учитывать стохастические факторы, увеличивающие и снижающие общее время простоя местного вагона.

Для оценки эффективности транспортных процессов припортовой железнодорожной станции помимо общепринятых показателей (грузооборот, норма рабочего парка, простоя местного вагона, средняя статическая на-

грузка вагона и др.) предлагается использовать модифицированные динамические показатели [3]:

– скорость транспортных процессов

$$W_{\text{мсс}}^{\text{ср}} = \frac{1}{n_{\text{мсс}}} \sum_{i=1}^{n_{\text{мсс}}} \left( P_{\text{ни}} e^{-\left( N_{\text{пр}i} \cdot t_{\text{пр}i} + N_{\text{от}i} \cdot t_{\text{от}i} \right)} \right),$$

– размер транспортного действия по протяженности станционной инфраструктуры

$$R(L) = \frac{N_{\text{ваг}} L}{24}, \frac{\text{ваг} \cdot \text{км}}{\text{час}},$$

– плотность вагонопотока

$$P(L) = \frac{N_{\text{ваг}}}{L}, \frac{\text{ваг}}{\text{км}},$$

– грузовое давление на железнодорожную инфраструктуру

$$P(Q) = \frac{Q_{\text{пр}} + Q_{\text{от}}}{L}, \text{т/км}$$

– коэффициент использования пропускной способности по времени транспортных процессов железнодорожной инфраструктуры ПС

$$k_{\text{пс}} = \frac{(N_{\text{пр}} + N_{\text{от}}) \cdot W_{\text{мсс}} \cdot t_{\text{зан}}^{\text{ср вЗВ}}}{1440 \cdot \alpha_{\text{п}} \cdot \beta \cdot m_{\text{по}} - \sum T_{\text{пост}}}$$

В настоящее время продолжают исследования в области выбора обоснованных параметров транспортных процессов припортовых станций, нарабатывается по вариантам программный код аналитического моделирования транспортно-технологических процессов припортовых станций в реальных масштабах времени при изменении размеров грузо- и вагонопотоков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Ассоциация морских портов России [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.morport.com/rus>. – Загл. с экрана.

2 Мировые тенденции развития морских портов, припортовых железнодорожных узлов и подходов к ним / А. А. Краснощек, А. Ю. Панычев, П. К. Рыбин // РИЛТТРАНС-2017: сборник трудов Второй междунар. науч.-практ. конф. – СПб, 2018. – С. 3–11.

3 Железнодорожные узлы: схемные решения, транспортная работа и их оценка [монография] / О. Н. Числов [и др.] // ФГБОУ ВО «Рост. гос. ун-т путей сообщения». – Ростов н/Д, 2016. – 228 с.

4 Обоснование этапности развития железнодорожных станций и узлов : [монография] / Ефименко Ю. И. [и др.] – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2017. – 243 с.

5 Правила и технические нормы проектирования станции и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – М.: Техинформ, 2001. – 256 с.

6 *Персианов, В. А.* Моделирование транспортных систем / В. А. Персианов, К. Ю. Скалов, Н. С. Усков. – М.: Транспорт, 1978. – 208 с.

7 *Виноградов, И. М.* Математическая энциклопедия: т. 5. – М.: Советская Энциклопедия, 1982. – 623 с.

8 Числов, О. Н. Транспортно-технологические модели припортовых железнодорожных станций / О. Н. Числов, Д. С. Безусов // Вестник РГУПС. № 4 (68). – 2017. – С. 101–110.

9 Числов, О. Н. Аксиоматика транспортных процессов припортовых грузовых станций / О. Н. Числов, В. В. Ильичева, Д. С. Безусов // Вестник транспорта Поволжья. – 2017. № 6. – С. 73–81.

*O. N. CHISLOV, D. S. BEZUSOV*

## **DIRECTIONS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF TRANSPORTATION PROCESSES OF PORT RAILWAY STATIONS ON THE ANALYTICAL MODELING PRINCIPLES**

It is known that port railway stations are complex transport and technological systems consisting of a complex of interconnected subsystems. The selection, modeling and substantiation of rational parameters of their transport processes is of paramount importance in modern conditions of digitalization of railway transport. The article discusses an analytical approach to modeling the operation of port railway stations in order to identify system-wide patterns of operation, axiomatics of transport processes, the choice of rational parameters of the "station-port" system and reduce the downtime of local cars.

Получено 19.10.2020

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2020**

---

УДК 656.2

*Ж. ЯНЕВ, Е. А. ОВЧИННИКОВА, Н. О. БЕРЕСТОК*  
*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*  
*zivkoacter@yahoo.com*

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СТАНЦИИ В ПРОГРАММЕ ИСУЖТ**

Рассмотрен математический алгоритм создания цифровой топологической модели железнодорожной станции в рабочем окне программы «ИСУЖТ». Математический алгоритм построен на основе теории множеств, а также представлен пример отображения подмножеств с помощью кругов Эйлера. Разработаны этапы оцифровки топологических моделей станций и выявлено основное правило объединения элементов. Получено имитационное отображение схемы станции и описание технологии работы с помощью блок-схемы.

Важнейшее значение в перевозочном процессе принадлежит сортировочным станциям, от устойчивой работы которых зависит деятельность железнодорожных направлений и сети в целом. Сортировочные станции предназначены в основном для сортировки вагонов по маршрутам следования и массового формирования из них поездов дальних назначений. Кроме того, на сортировочных станциях выполняются техническое обслуживание и коммерческий осмотр вагонов, устранение выявленных неисправностей, смена локомотивов и локомотивных бригад, сортировка грузов, погрузка и выгрузка вагонов, обслуживание подъездных путей, формирование сборных вагонов с контейнерами и мелкими отправками и другие операции. Около 70 % времени своего оборота вагон находится на станциях и, именно, на них имеются основные резервы своевременного и качественного обеспечения перевозок.

Комплексное решение задач по усовершенствованию работы сортировочных и других станций можно получить за счет применения программ, предназначенных для автоматического расчета работы всех ресурсных, технологических и инфраструктурных цепочек работы станции. Самой трудоёмкой частью создания таких программ является описание технологии, инфраструктуры и разработка цифровой модели станции.

Последовательность получения цифровой топологической модели станции состоит из шагов загрузки немасштабной схемы, реализации цифровой модели, ее проверки с помощью блок-схемы и доработки цифровой модели железнодорожной станции.

Интеллектуальная система моделирования железнодорожного транспорта функционирует на основе математического алгоритма условий, ограничений и последовательностей. Бесперебойная работа программы обеспечивается за счёт соблюдения последовательности выполнения определенных математических операций. Для того чтобы описать алгоритм выполняемых действий, необходимо ввести подмножества  $X$  и  $Y$ . Подмножество  $X$  включает в себя все инфраструктурные элементы станции с указанием их координат. Подмножество  $Y$  включает в себя технологические элементы, описывающие инфраструктуру (параметры путей и стрелочных переводов, специализация станционных путей). Объединение их определяет множество  $Z$ . Состав подмножеств  $X$  и  $Y$  представлен следующими формулами:

$$X \supset (X_{\text{стр}} \cup X_{\text{пут}} \cup X_{\text{пар}} \cup X_{\text{гор}}), \quad (1)$$

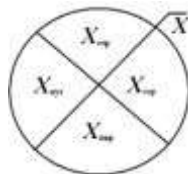
$$Y \supset (Y_{\text{спец}} \cup Y_{\text{стр}} \cup Y_{\text{лок}} \cup Y_{\text{сорт}}), \quad (2)$$

где  $X_{\text{стр}}$  – подмножество стрелочных переводов;  $X_{\text{пут}}$  – подмножество станционных путей;  $X_{\text{пар}}$  – подмножество станционных парков;  $X_{\text{гор}}$  – подмножество горок;  $Y_{\text{спец}}$  – подмножество специализаций путей;  $Y_{\text{стр}}$  – под-

множество типов стрелочных переводов;  $Y_{\text{лок}}$  – подмножество типов локомотивов;  $Y_{\text{сорт}}$  – подмножество типов вагонов.

Наглядно представить объединение подмножеств  $X$  и  $Y$  в множество  $Z$  можно с помощью кругов Эйлера. Пример с формированием подмножества  $X$  представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Круг Эйлера, образующий множество инфраструктурных элементов  $X$



Правило объединения элементов между собой представлено записями:

$$f: x_1 \rightarrow y_1, f: x_2 \rightarrow y_2, f: x_3 \rightarrow y_3, f: x_4 \rightarrow y_4, f: x_5 \rightarrow y_5, f: x_6 \rightarrow y_6.$$

Тогда множество  $Z$  будет выглядеть следующим образом:

$$Z = X \times Y = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots \}. \quad (3)$$

Для запуска математического цикла операций необходимо загрузить данные из АС «ТРА». Для организации внешних связей программы с АС «ТРА» используются ссылки для получения данных из автоматизированных информационных систем ОАО «РЖД». Вводим множество  $Z_{\text{тра}}$  для сравнений подмножеств  $X$  и  $Y$  с нормативными подмножествами  $X_{\text{тра}}$  и  $Y_{\text{тра}}$ , где  $X_{\text{тра}}$  является подмножеством инфраструктурного назначения, а  $Y_{\text{тра}}$  – подмножеством технологического назначения. Совместно, подмножества  $X_{\text{тра}}$  и  $Y_{\text{тра}}$  образуют множество элементов  $Z_{\text{тра}}$ , представленное следующей формулой

$$Z_{\text{тра}} = \{X_{\text{тра}} \cdot Y_{\text{тра}} = \{(x_{1_{\text{тра}}}, y_{1_{\text{тра}}}), (x_{2_{\text{тра}}}, y_{2_{\text{тра}}}) \dots \}, \quad (4)$$

где  $X_{\text{тра}}$  – подмножество инфраструктурных элементов станции, выгруженный из АС «ТРА» (стрелочный перевод, диспетчерский съезд, станционный путь, станционный парк, горка);  $Y_{\text{тра}}$  – подмножество технологических элементов станции, выгруженный из АС «ТРА» (специализация пути, тип стрелочного перевода, тип локомотивов, тип вагонов, направление движения путей, направление движения поездов, тип связи на станции, принцип управления стрелочным переводом).

Множество элементов  $Z_{\text{тра}}$  является нормативной библиотекой, в которой содержатся все данные по выбранной станции и служат для сверки начерченной схемы со схемой загруженной в рабочее окно программы. При загрузке данных происходит проверка на полное соответствие элементов множества  $Z$  с элементами множества  $Z_{\text{тра}}$  согласно формуле

$$\{(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots\} = \left\{ \left( x_{1_{\text{тра}}}, y_{1_{\text{тра}}} \right), \left( x_{2_{\text{тра}}}, y_{2_{\text{тра}}} \right) \dots \right\}, \quad (5)$$

$$Z = Z_{\text{тра}}$$

Если условие согласно формуле (5) не удовлетворено, то необходимо провести корректировку элементов с целью получения одинаковых размерностей инфраструктурного и технологического диапазонов множеств  $Z$  и  $Z_{\text{тра}}$ . В случае удовлетворения этого условия необходимо добавить дополнительные подмножества  $X_{\text{сцб}}$  и  $Y_{\text{сцб}}$ , образующие множество  $Z_{\text{сцб}}$ . Описание множества  $Z_{\text{сцб}}$  приведено в формуле (6). Подмножество  $X_{\text{сцб}}$  используется для обозначения инфраструктурных элементов немасштабного плана СЦБ станции (сигналы, изолирующие участки, негабаритные стыки, стрелочные переводы), а подмножество  $Y_{\text{сцб}}$  обозначает технологические функции немасштабного плана СЦБ (направление движения путей, направление движения поездов, локомотивов и вагонов, направление регулирования движения светофором, тип связи на станции, принцип управления стрелочным переводом). Условие удовлетворения идентичности элементов  $X_{\text{сцб}}$  и  $Y_{\text{сцб}}$  с множеством элементов библиотеки  $Z_{\text{тра}}$  проверяется по формулам

$$Z_{\text{сцб}} = X_{\text{сцб}} \times Y_{\text{сцб}} = \left\{ \left( x_{1_{\text{сцб}}}, y_{1_{\text{сцб}}} \right), \left( x_{2_{\text{сцб}}}, y_{2_{\text{сцб}}} \right) \dots \right\}; \quad (6)$$

$$\left\{ \left( x_{1_{\text{сцб}}}, y_{1_{\text{сцб}}} \right), \left( x_{2_{\text{сцб}}}, y_{2_{\text{сцб}}} \right) \dots \right\} = \left\{ \left( x_{1_{\text{тра}}}, y_{1_{\text{тра}}} \right), \left( x_{2_{\text{тра}}}, y_{2_{\text{тра}}} \right) \dots \right\}, \quad (7)$$

$$Z_{\text{сцб}} = Z_{\text{тра}}$$

где  $X_{\text{сцб}}$  – подмножества инфраструктурных элементов немасштабного плана СЦБ станции (стрелочный перевод, диспетчерский съезд, станционный путь, станционный парк, горка);  $Y_{\text{сцб}}$  – подмножество технологических элементов немасштабного плана СЦБ (направление движения путей, направление движения поездов, тип связи на станции, принцип управления стрелочным переводом).

Определяем, что «1» обозначает полное соответствие и удовлетворение математического условия ограничения, а «0» – несоблюдение условия и выявление ошибки. Таким образом, множества должны удовлетворить следующему условию

$$\begin{aligned} \text{If } [Z_{\text{сцб}} = Z_{\text{тра}} = Z] = 1 &\rightarrow Z_{\text{цтмс}}, \text{ then Continue,} \\ \text{If } [Z_{\text{сцб}} = Z_{\text{тра}} = Z] = 0 &\text{, then False and Return.} \end{aligned} \quad (8)$$

Удовлетворение условию (8) формирует множество элементов  $Z_{\text{цтмс}}$ , называемое множеством элементов цифровой топологической модели станции. Если условие (8) неудовлетворенно, необходимо внести поправки в основные множества элементов  $Z$ ,  $Z_{\text{тра}}$  и  $Z_{\text{сцб}}$ , а затем заново произвести проверку условия (8). На основе математического алгоритма программы по разработке цифровой модели станции составлена блок-схема, которая демонстрирует основной принцип работы. Блок-схема представлена на рисунке 2.

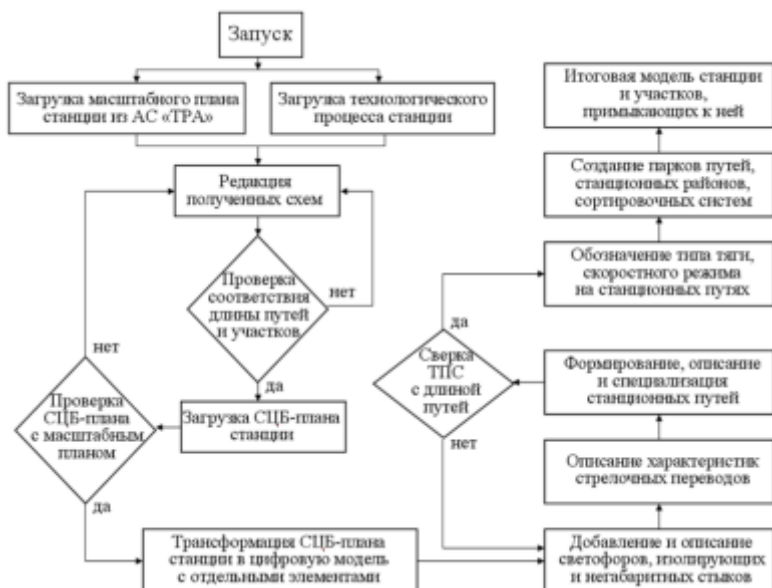


Рисунок 2 – Блок-схема принципа работы алгоритма цифровой топологической модели станции

Результаты работы алгоритма показали, что данный инструмент может послужить платформой для разработки и получения цифровых топологических моделей железнодорожных станций. Можно произвести моделирование инфраструктурных и технологических процессов на станциях, что позволяет сократить трудозатраты на прогнозирование работы железнодорожных станций при изменении величин пассажиро- и грузопотока. Также алгоритм обеспечивает наглядное имитационное отображение всех происходящих процессов на станции и дает возможность заранее идентифицировать «узкие места».

В дальнейшем данный алгоритм подлежит дополнительной проработке для добавления динамики технологических процессов на цифровой топологической модели станции.

Использование интеллектуальной системы моделирования технологических и инфраструктурных процессов на железнодорожном транспорте дает возможность:

- моделировать разные технологические и инфраструктурные ситуации на сортировочной станции с целью сокращения простоя транзитных поездов с переработкой и без переработки;
- улучшить показатели работы сортировочной станции за счёт изменения технологии работы сортировочной станции;

- проанализировать разные технологические ситуации на сортировочной станции с изменением грузопотока и вагонопотока;
- моделировать работу сортировочной станции при изменении количества маневровых локомотивов, станционных бригад и специализации ресурсов на станции;
- определить узкие места на сортировочной станции;
- моделировать отдельные технологические маршруты с целью внедрения таких маршрутов в технологию работы сортировочной станции;
- получить среднесуточные показатели работы сортировочной станции с учётом того, что первые расчётные сутки являются предварительными (разгонными), а вторые – учётными;
- детально рассмотреть динамику работы и простоя всех элементов сортировочной станции.

Основным преимуществом программы является ее гибкость и возможность подстройки к новым моделируемым ситуациям работы сортировочной станции с быстрой обработкой множества больших данных, сравнением с критичными нормативами в онлайн-режиме, а при возможности прямого подключения программы к серверам автоматизированных аналитических баз данных ОАО «РЖД» программа может в реальном времени дать оперативное решение проблемы в сложившейся ситуации с учётом реальных параметров работы на всей сети железных дорог Российской Федерации.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Александров, П. С. Введение в теорию множеств и общую топологию / П. С. Александров. – М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1977. – 369 с.
- 2 Лавров, И. А. Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов / И. А. Лавров, Л. Л. Максимова. – М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. – 256 с.

*Z. JANEV, E. A. OVCHINNIKOVA, N. O. BERESTOK*

#### **MATHEMATICAL ALGORITHM FOR CREATING DIGITAL TOPOLOGICAL MODEL OF THE RAILWAY STATIONS IN THE PROGRAM “ISUZHT”**

The article considers a mathematical algorithm for creating a digital topological model of a railway station in the working window of the ISUZHT program. The mathematical algorithm is based on set theory, and an example of mapping subsets using Euler circles is presented also. The stages of digitization of topological models of stations are developed and the basic rule of combining elements is revealed. A simulated display of the station diagram and a description of the operation technology using a flowchart is achieved.

Получено 18.10.2020



## 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 отдельных пунктов. Работа должна быть передана в цифровом виде на адрес электронной почты

vlasjuk.ta@gmail.com

ответственного секретаря редакции сборника трудов с указанием в поле «Тема» назначения вышлагаемого 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, предваряющая 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, предваряющего 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 656.2 : 656.21 + 06

*И. В. РУЧКИН*

*Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)  
raynard.blackmore@yandex.ru*

**ВАРИАНТ ОБОСНОВАНИЯ ИШТОК ГРАФІКА  
ПЕРЕДАТОЧНОГО ДВИЖЕНІЯ НА СТАНЦІЯХ ПРІДПРИЯТІЙ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Изучается динамика количественных и качественных показателей предприятий промышленного железнодорожного транспорта (ПШЖТ) на полигоне Северо-Кавказской железной дороги. Представляется статистический анализ вагонопотоков, по рассчитанным частотам поступления вагонов и ниткам графика передаточного движения построены гистограммы подач-уборок. Определены значения интегральной функции оценки транспортной работы ПШЖТ.

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 п. 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 Р 7.05-2008. 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.



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  
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а  
Корректор Т. А. П у г а ч

Подписано в печать .2020. Формат 60×84 1/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс New Roman. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 100 экз.  
Зак. Изд. № 73.

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