



**ПРОБЛЕМЫ  
ПЕРСПЕКТИВНОГО  
РАЗВИТИЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ  
СТАНЦИЙ И УЗЛОВ**

Международный сборник  
научных трудов

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 2023

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

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

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

**Редакционный совет:**

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

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

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

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

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

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

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

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

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| Введение .....  | 5   |
| <i>Алабина В. В., Числов О. Н.</i> Рациональная организация логистических операций на транспортно-складских комплексах .....  | 6   |
| <i>Алаев М. М., Каширцева Т. И.</i> Военно-транспортные поезда в годы Великой Отечественной войны .....   | 11  |
| <i>Бессоненко С. А., Гунбин А. А., Климов А. А.</i> Актуализация методов расчета конструктивных параметров сортировочных горок .....  | 19  |
| <i>Вакуленко С. П., Астафьев А. В., Куренков П. В., Лаврусь В. В., Захаров А. А.</i> Роль Шлиссельбургской железной дороги в снятии блокады Ленинграда .....                                  | 28  |
| <i>Вакуленко С. П., Головнич А. К.</i> Объектное содержание функциональной трехмерной модели железнодорожной станции .....  | 41  |
| <i>Вакуленко С. П., Пересветов Ю. В.</i> Логическая нейронная сеть решения задачи выбора поставщиков продукции железнодорожного транспорта .....  | 46  |
| <i>Власюк Т. А.</i> Оценка взаимосвязи урбанизационных процессов и развития железнодорожного сообщения на территории Республики Беларусь в XIX–XX вв. ..                                      | 55  |
| <i>Власюк Т. А., Гончарова Л. А., Цзэн Сяньфэн.</i> Применение квалиметрических методов для оценки качества перевозки пассажиров в региональном сообщении на различных видах транспорта ..... | 64  |
| <i>Гегедеш М. Г., Петрачков С. А., Потылкин Е. Н.</i> Влияние деформируемости элементов крепления грузов на их динамическое поведение в процессе транспортировки .....                        | 77  |
| <i>Головнич А. К.</i> Моделирование физических условий функционирования тождественного трехмерного информационного образа железнодорожной станции ..  | 85  |
| <i>Еловой И. А., Осипенко Л. В., Колос М. М.</i> Логистический подход к расчету технических и технологических параметров транспортных узлов и железнодорожных станций .....                   | 94  |
| <i>Kang-Ni L.</i> Analysis of travel behavior characteristics of Guangzhou – Zhuhai intercity passengers based on survey .....  | 101 |
| <i>Кекиш Н. А.</i> Принципиальные основы технологии переработки массового контейнеропотока на терминально-сортировочном комплексе .....   | 110 |
| <i>Кожедуб С. С., Дралова И. П.</i> Разработка визуального редактора масштабных планов железнодорожных станций .....  | 119 |
| <i>Колос М. М., Потылкин Е. Н.</i> Актуальные вопросы расчета перерабатывающей способности фронтов погрузки-выгрузки .....  | 124 |
| <i>Короткевич И. В.</i> Повышение перерабатывающей способности промышленного узла при использовании цифрового двойника транспортной системы .....   | 128 |
| <i>Куренков П. В., Астафьев А. В., Прозоров В. В.</i> История Варшаво-Венской железной дороги и Варшавского железнодорожного узла .....   | 135 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Пазойский Ю. О., Ахламов М. А., Савельев М. Ю., Панова О. Н.</i> Предпосылки внедрения маятникового движения пригородных поездов .....  | 144 |
| <i>Переplавченко Е. М.</i> Проблемные позиции трансформации масштабного плана железнодорожной станции .....  | 153 |
| <i>Пицик В. Г.</i> Теоретическое обоснование зонирования контейнерного терминала по степени надежности прогнозирования технологической цепочки обработки контейнеропотока.....                                     | 157 |
| <i>Репешко Н. А., Колобов И. А., Осипова Н. Р., Степовая А. И.</i> Факторы, влияющие на безопасность движения пассажиров в пути следования .....   | 165 |
| <i>Репешко Н. А., Колобов И. А., Сухоручко Б. Н., Диброва А. Е., Коломойцева А. А.</i> Перспективные направления оптимизации и повышение качества ведения поездов с использованием автоматизированных систем ..... | 169 |
| <i>Тимашиков С. Н.</i> Опыт организации воинских перевозок и погрузки-выгрузки грузов на местах общего пользования железнодорожных станций .....   | 174 |
| <i>Филатов Е. А.</i> Обоснование параметров стрелочных горловин нефтеналивных железнодорожных станций .....  | 186 |
| Правила оформления научных статей сборника .....   | 194 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Инфраструктурное развитие железнодорожного транспорта, соответствующее динамике объемов перевозочной работы, является важным условием эффективного функционирования всей отрасли. Путевое развитие и техническое оснащение железнодорожных станций и узлов, обеспечивающие обслуживание прибывающих грузовых и пассажирских поездов с минимальными простоями и задержками, формируют имиджевые представления о железной дороге как клиентоориентированном виде транспорта, способном обеспечить безопасную и надёжную доставку грузов и пассажиров.

В современных условиях от любой транспортной компании клиент ожидает гарантированного обслуживания, при котором его запросы безусловно удовлетворяются. При этом негативное влияние внешних факторов, потенциально и реально воздействующих на сроки доставки грузов, с позиции клиента является заботой перевозчика. В этом отношении обеспечение перевозки всеми необходимыми ресурсами, которые потребуются для её обслуживания в пути следования, – условие выполнимое и весьма значимое, способное существенно повысить качество транспортной услуги. Изменение структуры вагонопотока, в котором увеличивается доля частных вагонов и контейнеров, повышение скоростей движения поездов и нагрузки на ось приводят к необходимости проведения комплексных исследований, выводящих станции и узлы на новый уровень, усиливают конкурентные преимущества железнодорожного транспорта и, с другой стороны, способствуют высокопроизводительному кооперированному взаимодействию с автомобильным, морским и воздушным видами транспорта.

Научные изыскания авторов публикуемых в данном сборнике статей посвящены актуальной проблемной тематике качественного повышения инфраструктурного потенциала отдельных пунктов, обеспечивающих низкозатратное и высокоэффективное обслуживание поездо-, пассажиро-, вагоно- и грузопотоков на железнодорожных станциях.

УДК 656.07+06

*В. В. АЛАБИНА, О. Н. ЧИСЛОВ*

*Ростовский государственный университет путей сообщения,*

*г. Ростов-на-Дону*

*veronika.zenkova@mail.ru, o\_chislov@mail.ru*

## **РАЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ КОМПЛЕКСАХ**

Рассмотрены особенности взаимодействия видов транспорта на транспортно-складском комплексе при организации прямой перевалки грузов. Определены последовательность и продолжительность выполнения грузовых операций, а также очередность обслуживания транспорта и подвижного состава и факторы, оказывающие влияние на продолжительность задержки подвижного состава на транспортно-складском комплексе, предложены меры, позволяющие ускорить процесс перевалки грузов на складском комплексе грузовой станции.

Технологическое взаимодействие видов транспорта складских комплексов является важным аспектом в организации грузовых перевозок. Грузовые станции играют ключевую роль в этом процессе, поскольку они обеспечивают координацию различных видов транспорта, таких как автомобильный, железнодорожный, водный и воздушный (рисунок 1).

Функционирование транспортно-складского комплекса грузовой станции предполагает различные варианты взаимодействия железнодорожного и автомобильного транспорта, которые часто имеют динамически вариативные параметры [1]. Для математического описания данных вопросов рассмотрим применение положений аппарата теории массового обслуживания (ТМО). По принятой классификации ТМО взаимодействие видов транспорта складского комплекса следует рассматривать в виде замкнутой сети с вероятностями обслуживания [2].

Определение порядка выполнения элементов транспортно-технологической цепи ТСК предполагает изучение специфики каждого вида транспорта и особенности грузов, которые они доставляют.



Рисунок 1 – Основные функциональные особенности транспортно-складских комплексов

Для определения технически рентабельного варианта перевалки грузов ТСК необходимо выполнить сетевое планирование, которое предполагает последовательное или последовательно-параллельное выполнение операций с грузами (рисунок 2).

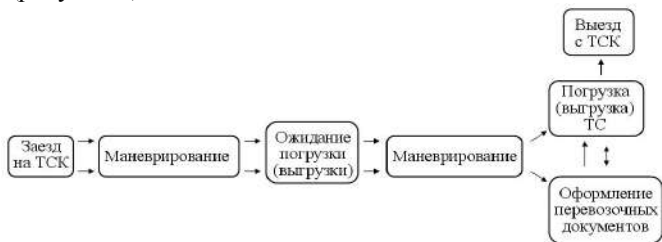


Рисунок 2 – Схемы вариантов взаимосвязей технологических операций ТСК

Часто спрос на перевозки грузов, а также операции, производимые в процессе доставки грузов, носят стохастический характер, поэтому наиболее подходящим способом построения транспортно-логистической цепи могут быть сети Петри, которые для более детального изучения позволяют разбивать основные элементы на подсистемы, что снижает погрешность будущих расчетов сроков доставки (перевалки) грузов [3].

Рассмотрим технологические операции ТСК с тарно-штучными грузами при передаче на автотранспорт собственников. На рисунке 2 представлены варианты последовательностей основных и вспомогательных операций при организации погрузки-выгрузки грузов на складском комплексе. Очередность обслуживания автомобилей можно рассмотреть на основе следующих принципов ТМО и политики приоритета [4]:



- «первый пришел – первый обслуживается» (FCFS);
- «последний пришел – первый обслуживается» (LIFO).

Важным аспектом эффективного взаимодействия транспорта на складском комплексе является оптимизация маршрутов движения транспортных средств и погрузочно-разгрузочных механизмов, а также минимизация времени простоя транспорта (таблица 1).

**Таблица 1 – Определение продолжительности работы погрузочно-разгрузочной машины**

| Показатель  | Расчетное значение               |
|---|----------------------------------|
| Средняя продолжительность цикла, с  | $t_w = t_{nn} + t_n + t_m + t_p$ |
| Техническая производительность погрузочно-разгрузочных машин, т/ч,<br>$P_T = 3600 \cdot Q_n / T_{\text{ц}}^{\text{сов}}$                                | 147,7                            |
| Продолжительность одного рабочего цикла, с,<br>$T_{\text{ц}}^{\text{сов}} = \varphi(t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + \dots + t_n)$                               | 73,12                            |
| Продолжительность перемещения погрузчика с грузом, с,<br>$t_3 = \frac{l_{\text{пер}}}{V_{\text{пер/гр}}} + t_{p-3}$                                     | 9,14                             |
| Время подъема груза, с,<br>$t_5 = \frac{H_n}{V_{n/гр}} + t_{p-3}$   | 19,5                             |
| Время опускания порожней каретки, с,<br>$t_8 = \frac{H_n}{V_{n/безгр}} + t_{p-3}$   | 14,7                             |
| Время на обратный ход погрузчика (без груза), с,<br>$t_{10} = \frac{l_{\text{пер}}}{V_{\text{пер/безгр}}} + t_{p-3}$                                    | 8,06                             |
| Общее время нахождения автомобиля грузоподъемностью 15 т в пункте погрузки (выгрузки), мин,<br>$t_n = t_1^n + t_2^n + t_3^n + t_4^n = t_1^n + t_0^n$    | 30,1                             |
| Общее время нахождения автомобиля при оформлении перевозочных документов параллельно с погрузкой, мин,<br>$t_n = t_1^n + t_3^n + t_4^n = t_1^n + t_0^n$ | 23,1                             |

Параллельное выполнение дополнительных операций позволяет сократить общее время нахождения автомобиля в пункте погрузки (выгрузки), но непосредственно погрузка занимает меньше времени (6,1 мин) в сравнении со вспомогательными (сопутствующими) операциями (рисунок 3).

Автомобили поступают в ТСК на обслуживание к складам и вагонам из одной очереди множества вариантов очередей. Состояние модели функционирования представим, как  $i$  – количество автомобилей в центре погрузки.

Число  $i$  включает в себя автомобили, ожидающие в очереди и находящиеся под погрузкой на складе ТСК.

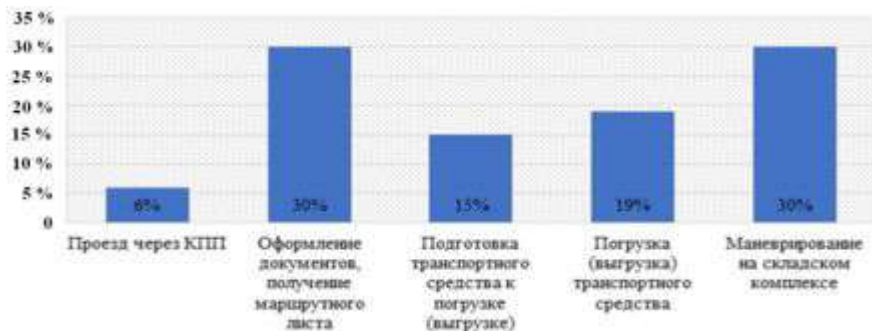


Рисунок 3 – Время нахождения транспортного средства в пункте погрузки (выгрузки)

Модель как образ реально функционирующего центра погрузки может переходить из одного состояния в другое, под действием двух событий: поступления порожних и ухода груженых автомобилей. Вероятностью одновременного наступления этих двух событий в теории массового обслуживания пренебрегают.

Если через  $\lambda_i$  обозначить интенсивность поступления одиночного автомобиля, то общая интенсивность потока автомобилей под погрузку, авт./ч, определяется по формуле

$$\lambda_i = (m - i) \lambda_1. \quad (1)$$

Интенсивность обслуживания центра погрузки в зависимости от числа  $i$  автомобилей определяется следующим образом:

$$\mu_i = \begin{cases} \frac{\mu}{S}, & \text{при } 0 \leq i \leq S, \\ S, & \text{при } S + 1 \leq i \leq m \end{cases} \quad (2)$$

Коэффициент загрузки центра обслуживания при работе одного автомобиля вычисляется как

$$\Psi_1 = \lambda_1 / \mu. \quad (3)$$

Вероятность простоя вагонов

$$P_0 = \left( \sum_{i=0}^S \frac{m! S^i \Psi_1^i}{i!(m-i)!} + \sum_{i=S+1}^m \frac{m! S^S \Psi_1^i}{(m-i)! S!} \right)^{-1}. \quad (4)$$

Среднее число  $i$  автомобилей в центре погрузки

$$m_{об} = \left( \sum_{i=0}^S i \frac{m! S^i \Psi_1^i}{(m-i)! i!} + \sum_{i=S+1}^m i \frac{m! S^S \Psi_1^i}{(m-i)! S!} \right) \cdot P_0. \quad (5)$$

Интенсивность поступления автомобилей на обслуживание

$$\lambda = (m - m_{об}) \lambda_1. \quad (6)$$

Коэффициент загрузки центра обслуживания

$$\Psi = (m - m_{об}) \Psi_1. \quad (7)$$

Среднее число автомобилей, находящихся под погрузкой

$$S_p = m_{\text{пог}} = S\Psi. \quad (8)$$

Среднее число автомобилей, находящихся в очереди

$$m_1 = m_{\text{об}} - S\Psi. \quad (9)$$

Среднее число свободных от работы автомобилей

$$S_c = (1 - \Psi)S. \quad (10)$$

Коэффициент простоя автомобилей

$$\rho_a = \frac{m_{\text{оч}}}{m}. \quad (11)$$

Коэффициент простоя вагонов

$$\rho_b = 1 - \Psi. \quad (12)$$

Для организации прямого варианта перевалки грузов необходимо определить время задержки вагонов и грузов на транспортно-складском комплексе при заданном объеме суточного грузопотока 450 т/сут (таблица 2).

**Таблица 2 – Определение продолжительности задержки вагонов и грузов на транспортно-складском комплексе при организации прямой перевалки грузов**

| Показатель  | Расчетное значение |
|---|--------------------|
| Продолжительность задержки вагонов и грузов на ТСК, ч,<br>$T_3 = Z_p b / Q$   | 0,555              |
| Среднеквадратическое отклонение вагонопотоков, ваг.,<br>$s_B = 0,5 a l c B T$   | 3,847              |
| Интенсивность вагонопотока, ваг./ч,<br>$I_B = Q_{\text{сут}} / q_B t$   | 0,228              |
| Среднеквадратическое отклонение автомобилей, авт.,<br>$\sigma_a = \sqrt{(1 - P) \lambda_a T}$                                   | 7,035              |
| Расчётное количество груза, оставшегося на ТСК, т,<br>$Z_p = 0,798 \sqrt{q_B^2 \cdot \sigma_B^2 \cdot q_a^2 \cdot \sigma_a^2}$  | 213,7              |
| Дополнительный коэффициент<br>$\beta = \frac{1}{1 + \frac{e_B + e_B a}{e_{ск} + e_{са}}}$                                       | 0,65               |
| Количество задержанных вагонов на транспортно-складском комплексе в ожидании выгрузки, ваг.,<br>$m_p = Z_p \cdot \frac{b}{q_B}$ | 2,170              |
| Продолжительность задержки вагонов на ТСК, ч  | 1,25               |

Таким образом, при суточном грузопотоке тарно-штучных грузов 450 т общее время нахождения автомобилей в пункте погрузки составило 30,1 мин, при условии параллельного выполнения подготовительных операций с транспортным средством и погрузкой транспортного средства общее время сократилось и составило 23,1 мин. Определено допустимое время задержки вагонов и грузов на ТСК – 0,555 ч (33,3 мин). Актуальность проведенного

исследования определяется необходимостью повышения эффективности работы ТСК грузовых станций, что способствует эффективному выполнению программ технико-экономического развития.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Еловой, И. А.* Особенности развития железнодорожных грузовых перевозок / И. А. Еловой, Л. В. Осипенко // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. / редкол. А. К. Головнич (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : БелГУТ. – 2022. – Вып. 4. – С. 90–93.

2 Моделирование крупнейшей в мире железнодорожной сортировочной станции с использованием теории массового обслуживания / М. Л. Жарков [и др.] // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3 (51). – С. 4–14.

3 Временная параметризация в распределении грузопотоков транспортно-технологических систем / О. Н. Числов [и др.] // Вестник Сибирского гос. ун-та путей сообщения. – 2019. – № 3 (50). – С. 14–22.

4 *Алабина, В. В.* Организация прямой перевалки грузов на станции Ростов-Товарный / В. В. Алабина // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. / редкол.: А. К. Головнич (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : БелГУТ. – 2022. – Вып. 4. – С. 6–11.

*V. V. ALABINA, O. N. CHISLOV*

#### **CURRENT PRINCIPLES OF ORGANIZING LOGISTICS OPERATIONS AT TRANSPORT AND WAREHOUSE COMPLEXES**

The features of interaction between modes of transport in the transport and warehouse complex when organizing direct transshipment of goods are considered. The sequence and duration of cargo operations, as well as the priority of servicing transport and rolling stock, have been determined. The factors influencing the duration of the delay of rolling stock at the transport and warehouse complex have been identified, and measures have been proposed to speed up the process of transshipment of goods at the warehouse complex of the freight station.

Получено 25.11.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 656.211

*М. М. АЛАЕВ, Т. И. КАШИРЦЕВА*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва  
A777MM@mail.ru, Ka-t-i@yandex.ru*

#### **ВОЕННО-ТРАНСПОРТНЫЕ ПОЕЗДА В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ**

Исследуется роль транспортного обеспечения фронта в годы Великой Отечественной войны, представлены исторические факты большого значения военно-

транспортных поездов, которые благодаря своей высокой мобильности и возможности использования развитой сети железнодорожных станций и узлов эффективно использовались в боях.

Великая Отечественная война поставила перед транспортом сложные задачи и предъявила к нему повышенные требования. Основным видом транспорта для снабжения потребностей фронта стал железнодорожный транспорт. Военная ситуация вновь подтвердила справедливость высказывания В. И. Ленина о том, что железнодорожный транспорт является «важнейшим материальным фактором войны» [1]. Железные дороги, как стальные артерии, связали фронт с тылом и отдельные участки фронта между собой. Большая нагрузка пришлась именно на станции, так как от их четкой и эффективной работы зависела организация перевозок для фронтовых нужд.

Значение железнодорожного транспорта как важнейшего средства связи фронта с тылом учитывалось фашистской Германией, которая задолго до вероломного нападения на СССР разработала план массированных ударов по важнейшим транспортным магистралям нашей страны. Этот план являлся важнейшей частью общей стратегии «молниеносной войны». Фашистские захватчики ставили перед собой цель парализовать работу железных дорог Советского Союза, сорвать перевозки и снабжение Красной Армии людскими ресурсами и вооружением. Германское командование рассчитывало, что советский транспорт не справится с такой высокой нагрузкой, но эти расчеты не оправдались.

В переводе транспорта на военные рельсы использовался опыт гражданской войны. В то время была разработана и осуществлена система мер в области транспорта, в которую входили:

- введение на транспорте военного положения;
- ввод воинского графика движения поездов;
- повышение централизации управления транспортом;
- изменение структуры перевозок с целью повышения удельного веса военных грузов;
- сокращение размеров пассажирского движения;
- прекращение или уменьшение объемов перевозок грузов некоторых отраслей промышленности;
- высокое маневрирование подвижным составом;
- формирование большего числа маршрутных поездов, развивавших более высокую скорость, чем обычные составы;
- осуществление эвакуации военного имущества, оборудования фабрик, заводов и продовольствия из прифронтовых районов.

С первых дней войны усилия работников железнодорожного транспорта были направлены на максимально возможное увеличение пропускной и

провозной способности железных дорог, железнодорожных станций и узлов. Для того чтобы обеспечить массовые воинские перевозки, железнодорожный транспорт перешел на ускоренное формирование поездов и непрерывный ремонт вагонов. Железнодорожники добивались повышения скорости вождения поездов.

Особое внимание заслуживает специальный подвижной состав, использовавшийся во время Великой Отечественной войны и сыгравший огромную роль в победе над гитлеровской Германией. Армия – это не только солдаты с личным оружием, пушки, танки, самолёты и боеприпасы. Солдат должен быть чист, здоров, сыт, обут и одет. Поэтому армия – это также походные бани, прачечные, хлебозаводы, ремонтные мастерские, госпитали, типографии и прочие атрибуты, казалось бы, сугубо мирной жизни. И всё это должно снабжаться и перемещаться, не теряя порядка.

Сегодня мы вспомним об уникальном опыте, когда для поддержки фронту были созданы фактически специальные железнодорожные дивизии. Когда 5–6 декабря 1941 года советские войска под Москвой перешли в контрнаступление, в котором участвовали армии Западного, Калининского и Юго-Западных фронтов, по инициативе НКПС были образованы подвижные паровозные колонны по 30 локомотивов в каждой, являвшиеся военизированными соединениями транспорта. Их работники находились на положении военнослужащих. Впоследствии эти соединения получили наименование «паровозные колонны особого резерва НКПС». Из-за нехватки локомотивов на первых порах формировались и 15-паровозные колонны. Но практика показала, что наиболее эффективными оказались 30-паровозные соединения. Колонна паровозов в 30 единиц размещалась по следующей схеме.

1 Личный состав комплексных бригад в 3–4-осных товарных вагонах, оборудованных под жильё и прикреплённых по одному вагону к каждому паровозу.

2 Штаб и вся хозяйственная часть располагались в 6 вагонах, оборудованных в соответствии с их назначением, из них один 4-осный вагон для оперативной группы, остальные 3–4-осные товарные вагоны для остальной части: кухни, столовой, красного уголка и кладовки, для запасных частей и инструментов; один вагон двухосный на автосцепке для жилья обслуживающего персонала [2].

Будучи переведённой на военное положение, колонна паровозов представляла собой отдельную воинскую часть, командиром которой являлся начальник колонны. Внутри колонны были созданы военные подразделения комплексных бригад. Каждый паровоз представлял собой взвод, командиром которого являлся старший машинист паровоза. Личный состав каждых 5 паровозов объединялся в роту, командиром которой назначался машинист-инструктор или инспектор по движению. Личный состав колонн был обеспечен военным обмундированием.

В период Великой Отечественной войны для эвакуации раненых и больных широко использовались военно-санитарные поезда (ВСП) – железнодорожные военно-медицинские учреждения, предназначавшиеся для перевозки на большие расстояния большого количества раненых и больных с их лечением и бытовым обслуживанием в пути (рисунок 1).



Рисунок 1 – Санитарный поезд

В состав ВСП входили вагоны для перевозки пострадавших, размещения медицинского и обслуживающего персонала (команды), а также вагоны специального и бытового назначения. В Красной Армии ВСП разделялись на постоянные и временные. Постоянные ВСП комплектовались специально оборудованным подвижным составом, а временные ВСП также имели постоянную часть (аптеку-перевязочную, кухню, вагоны для команды) и переменную часть для перевозки раненых, которая формировалась из обратного порожняка. В пунктах разгрузки раненых переменная часть расформировывалась, а постоянная часть возвращалась к месту погрузки раненых. В годы войны бомбардировкам и обстрелам 349 поездов подверглись 608 раз, многие – неоднократно, при этом погибли 833 человека личного состава поездов, убито 2017 перевозимых раненых и больных. В архиве хранятся документы 547 военно-санитарных поездов, включающие 6749 единиц хранения [3].

ВСП состоял из 19 вагонов: четырех вагонов для тяжелораненых (так называемых вагонов Кригера или просто кригеровских) на 100 мест, семи вагонов для легкораненых на 370 мест, изолятора, аптеки-перевязочной, кухни, электростанции, вагона-цейгхауза (склада), ледника, штабного вагона и вагона для команды [4].

Первым к паровозу ставился вагон-цейгхауз (склад) – багажный вагон. Он был разделен на две половины: в одной – прачечная, во второй – стойла для поросят.

Вторым шел вагон-электростанция. Здесь находился нефтяный двигатель, а под вагоном располагались аккумуляторные батареи. Впоследствии здесь же находилась жестяная мастерская. Во второй половине вагона размещался склад продуктов.

Вагон-ледник для хранения скоропортящихся продуктов – своеобразный «термос» с двойными стенками, – между которыми набивался войлок или опилки. Пол в леднике устилался толстым слоем ледниково-соляной смеси.

Следом за ледником располагался вагон-кухня. В нем находился варочный зал с печью и четырьмя котлами, а также подсобные помещения для хранения продуктов. Позднее в подсобном помещении вагона-кухни была оборудована небольшая столовая для офицерского состава поезда.

Следующий – служебный вагон, штабной. Это был так называемый «мягкий» вагон, в каждом купе которого располагался кабинет начальника одной из служб поезда. Кроме того, в штабном вагоне располагались комната для совещаний и радиоузел. Отсюда передавались последние сводки с фронтов, политинформация, важные сообщения. Радиоприемники были установлены в каждом вагоне. Вагон для проживания команды был обычный, «жесткий». Дальше располагались обычные плацкартные вагоны для легкораненых.

Следующий вагон – аптека-перевязочная. В одном купе размещалась аптека, в другом оборудовался уголок для занятий лечебной физкультурой. Дальше шли вагоны для тяжелораненых: пассажирские вагоны со снятыми внутренними перегородками, оборудованные вдоль боковых стенок станками Кригера со специальными амортизационными пружинами для трехъярусного размещения носилок.

Замыкал состав вагон-изолятор, в котором были предусмотрены два отделения для инфекционных больных и два хозяйственных блока. В каждом инфекционном отделении был медицинский пост [5].

На фронтах Великой Отечественной войны действовало более 200 советских бронепоездов, многие из них были награждены орденами и медалями, а некоторые закончили свой боевой путь под Берлином и Кёнигсбергом (рисунки 2).

На момент начала войны Красная Армия располагала бронепоездами нескольких типов. Все они имели похожую конструкцию и состояли из бронеплощадок, бронепаровоза, двух или четырех площадок ПВО и вспомогательных платформ. Возили составы паровозы серии О – самые массовые локомотивы предвоенного периода. Обычно их ставили в середине бронепоезда (рисунок 3) [6].





Рисунок 2 – Бронепоезд «Илья Муромец»

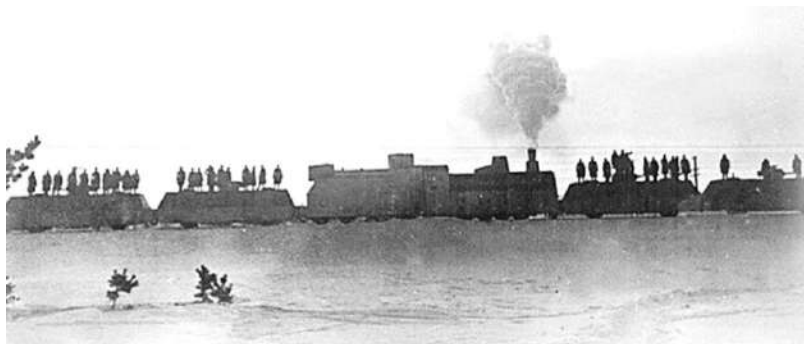


Рисунок 3 – Бронепоезд

Бронеплощадки представляли собой бронированные платформы с двумя или четырьмя осями. Каждая из них имела одну или две артиллерийские башни. В зависимости от калибра орудий платформы делились на тяжелые и легкие.

Самой совершенной легкой площадкой на начало войны считалась ПЛ-37. Она имела две 76 мм пушки и нескольких пулеметов, толщина бронепояса составляла 20 мм. Тяжелые площадки типа ПТ-33 вооружались одной 107 мм пушкой и пятью пулеметами (рисунок 4).

Также бронепоезда имели в своем составе «базу» – 10–15 обычных вагонов. В них располагались штаб поезда, кухня, склады боеприпасов, запчастей и расходных материалов. «Базу» не брали в бой, ее оставляли на ближайшей станции, которая обеспечивала сохранность «базы».

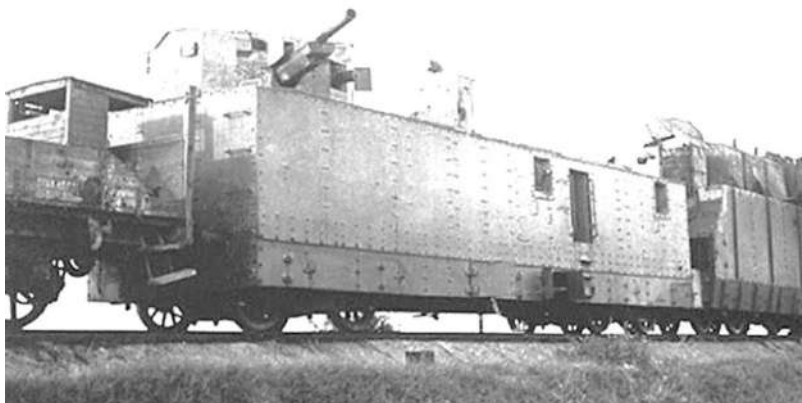


Рисунок 4 – Бронеплощадка

Существовали специальные бронепоезда ПВО. Они состояли из платформ с зенитными орудиями. Подобные бронев вагоны часто прицепляли к эшелонам с особо важными грузами и входили в состав войск противовоздушной обороны. Самым массовым советским бронепоездом на начало войны был БП-35 с легкими площадками ПЛ-35. В 1943 году был разработан БП-43 с площадками ПЛ-43, на каждой из которых устанавливалась башня Т-34 (рисунок 5).



Рисунок 5 – Бронепоезд БП-35

Бронепоезда вступили в бой с противником буквально в первые дни войны. До конца 1941 года были потеряны 42 поезда, в 1942 году врагу удалось уничтожить 45 бронепоездов. Накопленный опыт привёл к тому, что за последующие годы войны было потеряно всего два поезда. В начале войны бронепоездам нередко ставили «самоубийственные» задачи: их оставляли

прикрывать отход войск, отправляли обстреливать важные объекты противника. Это и объясняет неоправданно высокий уровень потерь составов.

Основной задачей бронепоездов была огневая поддержка подразделений, действовавших в непосредственной близости от железной дороги. Их нередко использовали для контрбатарейной борьбы, обороны станций и узлов. Иногда поездам придавались десантные подразделения, которые подчинялись их командирам. Также с помощью поездов осуществлялись перевозки особо ценных грузов. Важнейшей задачей для них стала противовоздушная оборона мостов, путей, станций и узлов.

Наиболее известным бронепоездом периода войны является «Железняков», который участвовал в обороне Севастополя. Несмотря на господство авиации в воздухе и наличие мощной артиллерийской группировки, немцы ничего не могли поделать с отважным бронепоездом. Он периодически совершал дерзкие вылазки, а затем скрывался в туннелях города. Гитлеровцы прозвали этот поезд «зеленым призраком». На счету «Железнякова» более 140 выездов (рисунок 6) [7].



Рисунок 6 – Бронепоезд «Железняков»

Таким образом, бронепоезда внесли неоценимый вклад в обеспечение фронта и повышение обороноспособности страны в годы Великой Отечественной войны.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Ленин, В. И. Полное собрание сочинений [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://leninvi.com/t38/p398?ysclid=lnvyfnrcq82152319>. – Дата доступа : 10.10.2023.

2 Колонны паровозов особого резерва [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vgudok.com/light/lomat-stroit-i-vozit-kolonny-parovozov-osobogo-rezerva-zhelez-nodorozhnyy-specnaz-i-ego-rol-v>. – Дата доступа : 10.10.2023.

3 Пермский государственный архив социально-политической истории [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.permgaspi.ru/deyatelnost/november-readings/noyabrskie-istoriko-arhivnye-chteniya-v-permskom-partarhive-v-2019-godu/materialy-nauchnoj-konferentsiii-noyabrskie-istoriko-arhivnye-chteniya-2019-g/voenno-sanitarnye-poezda-i-letuchki-v-velikoj-otechestvennoj-vojne-1941-1945-gg-k-75-letiyu-velikoj-pobedy>. – Дата доступа : 10.10.2023.

4 Военное обозрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://topwar.ru/148735-sostavy-zhizni-sanitarnye-poezda-nkps.html>. – Дата доступа : 10.10.2023.

5 Комсомольская правда [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.kp.ru/best/vologda/voenno-sanitarnyi\\_poezd\\_%E2%84%96312](https://www.kp.ru/best/vologda/voenno-sanitarnyi_poezd_%E2%84%96312). – Дата доступа : 10.10.2023.

6 Советские бронепоезда в Великой Отечественной войне [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://dzen.ru/a/YGM7-iszk2wW8MAp>. – Дата доступа : 10.10.2023.

7 Русские бронепоезда [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://topwar.ru/34152-russkie-bronepoezda>. – Дата доступа : 10.10.2023.

*M. M. ALAYEV, T. I. KASHIRTSEVA*

## **MILITARY TRANSPORT TRAINS WITHIN GREAT PATRIOTIC WAR**

The article considers stations and nodes, rolling stock of railway transport and their role in ensuring the country's defense capability during the Great Patriotic War.

Получено 24.10.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 656.212.5

*С. А. БЕССОНЕНКО, А. А. ГУНБИН, А. А. КЛИМОВ*

*Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск  
bessonenko@stu.ru, gunbin\_gdsu@mail.ru, a-aklimov@yandex.ru*

## **АКТУАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК**

Рассмотрены используемые в горочных расчетах параметры плотностей распределения основного удельного сопротивления движению вагонов. Установлены причины необходимости выполнения дополнительных исследований сил сопротивления движению на скатывающиеся с горки отцепы и определения числовых характеристик плотностей распределения на современном этапе развития железнодорожного транспорта. Произведен анализ существующей методики расчета конструктивных параметров сортировочных горок. Установлены элементы продольного профиля, конструктивные параметры которых зависят от ходовых свойств вагонов, выражаемых через основное удельное сопротивление движению. Приведены результаты исследований случайной величины основного удельного сопротивления движению для

современного вагонного парка. Выполнено сравнение значений основного удельного сопротивления движению, используемых при расчете сортировочных горок в настоящее время, со значениями, полученными для эксплуатируемого вагонного парка на современном этапе. Выполнен анализ влияния «новых» значений основного удельного сопротивления движению вагонов при скатывании на методику расчета продольного профиля и высоты сортировочных горок. Даны рекомендации по корректировке методики расчета конструктивных параметров сортировочных горок и путей сортировочных парков.

Принципиальные положения методики расчета сортировочных горок сформировались в середине XX века. В дальнейшем производилась корректировка отдельных элементов расчета с целью адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации с учетом развития научно-технического прогресса. Используемая в настоящее время методика расчета сортировочных горок изложена в Правилах и нормах проектирования сортировочных устройств 2003 года [1]. На данный момент указанный источник не является действующим нормативным документом. Отдельные требования к проектированию сортировочных устройств изложены в Своде правил 2014 года [2], в котором не приведены методики выполнения расчетов отдельных конструктивных параметров сортировочных горок. Поэтому при проектировании новых и реконструкции существующих сортировочных устройств в настоящее время используются положения обоих указанных источников.

Результатом расчетов сортировочных горок являются итоговые конструктивные и технологические параметры, определяемые с учетом:

- структуры перерабатываемого вагонопотока;
- технического оснащения и принятого режима регулирования скорости скатывания отцепов;
- климатических характеристик местности расположения станции.

К конструктивным параметрам сортировочной горки относят высоту горки, а также конфигурацию продольного профиля (в том числе, количество элементов продольного профиля, значения уклонов и длин элементов), которая определяется для надвижной, перевальной, спускной частей горки и путей сортировочного парка.

Методика комплексного проектирования высоты и продольного профиля сортировочной горки предусматривает выполнение:

- конструктивных расчетов по определению диапазона допустимых значений высоты сортировочной горки и определению параметров продольного профиля, соответствующих расчетной высоте горки;
- технологических расчетов по определению скоростей надвига и роспуска, мощности тормозных позиций, пространственно-временных интервалов между отцепами на разделительных элементах и др.

В результате вариантных расчетов определяется итоговая конструкция продольного профиля и высоты сортировочной горки, обеспечивающая

наибольшую перерабатывающую способность при соблюдении имеющихся ограничений и установленных требований к скатыванию отцепов.

Конструктивные и технологические расчеты производятся на основании результатов скатывания отцепов с расчетными характеристиками по расчетным участкам сортировочной горки. Скорость движения отцепов на любом рассматриваемом участке горки зависит от суммарного запаса энергии движения в начале участка скатывания и суммарной работы сил сопротивления движению на данном участке, которая определяется с учетом действия на отцепы следующих сил сопротивления движению: основного, от среды и ветра, от снега и инея, от стрелочных переводов и кривых. Из указанных видов сопротивления ходовые характеристики вагонов учитываются в величине основного удельного сопротивления движению. Числовые характеристики данного вида сопротивления, используемые при выполнении горочных расчетов, приведены Правилах и нормах 2003 года [1]. Указанные характеристики были получены по результатам исследований, выполненных ЦНИИ МПС в 1970–1980-х годах [3] и в настоящее время использование данных значений может приводить к результатам, не соответствующим современным условиям эксплуатации.

Эксплуатируемый на сети железных дорог общего пользования РФ парк вагонов в настоящее время является одним из самых новых в мире, что стало одним из результатов проведенной реформы МПС. Современные модели вагонов разработаны с учетом применения новых технологий в вагоностроении и использования новых материалов. В результате ходовые характеристики вагонного парка в целом постоянно улучшаются, что приводит, в том числе, к сокращению основного удельного сопротивления движению вагонов при скатывании с сортировочной горки.

Для оценки изменения величины основного удельного сопротивления движению вагонов ( $w_0$ ) специалистами СГУПС выполнены натурные наблюдения за скатыванием одиночных вагонов с сортировочной горки [4, 5], при выполнении которых на основании изменения скоростей движения вагона на прямом участке пути производилось определение силы основного сопротивления движению. Для увеличения объема выборки и снижения погрешности измерений также произведена обработка данных о скатывании одиночных вагонов с использованием разработанной специалистами Ростовского филиала АО «НИИАС» системы «Компьютерное зрение» на той же сортировочной горке [6, 7]. В результате получены новые числовые характеристики плотностей распределения основного удельного сопротивления движению вагонов для различных весовых категорий, подтверждающие существенное улучшение ходовых характеристик современного парка вагонов. Существующие и полученные по результатам исследований числовые характеристики величины  $w_0$ , Н/кН, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры плотности распределения случайной величины  $w_0$  (существующие данные / «новые» значения)

| Весовая категория вагонов |             | Диапазон массы вагона, т | Среднее значение $w_0$ , Н/кН | Среднее квадратическое отклонение, Н/кН |
|---------------------------|-------------|--------------------------|-------------------------------|---|
| Наименование              | Обозначение |                          |                               |   |
| Легкая                    | Л           | До 28                    | 1,75 / 0,83                   | 0,67 / 0,56                             |
| Легко-средняя             | ЛС          | 28–44                    | 1,54 / 0,71                   | 0,59 / 0,52                             |
| Средняя                   | С           | 44–60                    | 1,39 / 0,71                   | 0,50 / 0,45                             |
| Средне-тяжелая            | СТ          | 60–72                    | 1,25 / 0,66                   | 0,38 / 0,44                             |
| Тяжелая                   | Т           | Свыше 72                 | 1,23 / 0,63                   | 0,35 / 0,39                             |

Для использования в расчетах «новых» данных по основному удельному сопротивлению движению необходимо выполнить аналогичные исследования на других сортировочных станциях сети железных дорог, в том числе расположенных в разных климатических зонах, с целью обобщения и уточнения полученных результатов, приведенных в таблице 1. Однако представленные «новые» результаты показывают существенное отличие от используемых значений в настоящее время, что подтверждает необходимость пересмотра отдельных положений существующей методики расчета сортировочных горок.

Например, расчетная высота сортировочных горок определяется по условию докатывания расчетного бегуна ОП («очень плохого») до расчетной точки, находящейся на трудном по условиям скатывания сортировочном пути на расстоянии 50 м от парковой тормозной позиции. Расчет высоты горок повышенной, большой и средней мощностей ведется по формуле:

$$H_p = 1,75(\bar{h}_{\text{осн}} + \bar{h}_{\text{ск}} + \bar{h}_{\text{св}}) + h_{\text{сн}} - h_0, \quad (1)$$

где 1,75 – отклонение расчетного значения суммы  $(\bar{h}_{\text{осн}} + \bar{h}_{\text{ск}} + \bar{h}_{\text{св}})$  от ее среднего значения;  $\bar{h}_{\text{осн}}$ ,  $\bar{h}_{\text{ск}}$ ,  $\bar{h}_{\text{св}}$  – средние значения потерь удельной энергии движения вагона при преодолении сил сопротивления основного, от стрелочных переводов и кривых, от воздушной среды и ветра, м эн. в.;  $h_{\text{сн}}$  – потеря удельной энергии движения вагона при преодолении силы сопротивления от снега и инея, м эн. в.;  $h_0$  – удельная энергия движения вагона, соответствующая начальной скорости движения, м эн. в.

В расчетах используется среднее значение основного удельного сопротивления, которое для легкой категории вагонов по существующим данным составляет 1,75, а по «новым» данным – 0,83 Н/кН. Очевидно, что использование «новых» значений величины  $w_0$  приведет к значительному понижению высоты горки при расчете по формуле (1). Необходимо также отметить, что для «новых» данных значительно сократился диапазон допустимых значений, что ставит под сомнение корректность выполнения расчетов по средним значениям и использования принятой меры отклонения на уровне 1,75.

Кроме того, расчет по формуле (1) производится для неблагоприятных условий скатывания, которые согласно Правилам и нормам 2003 года определяются как усредненные значения за три наиболее «холодных» месяца. В предыдущей редакции Правил и норм 1992 года характеристики температуры наружного воздуха, направления и скорости ветра принимались для расчетного месяца с максимальным значением суммы удельных сопротивлений от среды и ветра, снега и инея. Указанное отличие в методике определения расчетных метеорологических характеристик привело к понижению высоты горки при выполнении расчетов по методике 2003 года [8]. В связи с этим определение расчетной высоты горки в современных условиях можно выполнять прямым расчетом по условию докатывания ОП бегуна до расчетной точки при скатывании по наиболее трудному пути в неблагоприятных условиях скатывания – соответствующих метеорологическим условиям расчетного месяца (по методике Правил и норм 1992 года) по формуле

$$H_p = h_{\text{осн}} + h_{\text{св}} + h_{\text{ск}} + h_{\text{сн}} - h_0, \quad (2)$$

где  $h_{\text{осн}}$ ,  $h_{\text{св}}$ ,  $h_{\text{ск}}$ ,  $h_{\text{сн}}$  – значения потерь удельной энергии движения вагона при преодолении сил основного сопротивления, от воздушной среды и ветра, от стрелочных переводов и кривых, от снега и инея, м эн. в.;  $h_0$  – удельная энергия движения вагона, соответствующая начальной скорости движения, м эн. в.

В связи с изменением числовых характеристик плотностей распределения основного удельного сопротивления движению вагона требуется пересмотр характеристики расчетных бегунов, используемых при выполнении технологических расчетов. Пример интегральной функции распределения основного удельного сопротивления движению для легкой категории вагонов, Н/кН, построенной по «новым» статистическим данным величины  $w_0$ , представлен на рисунке 1.

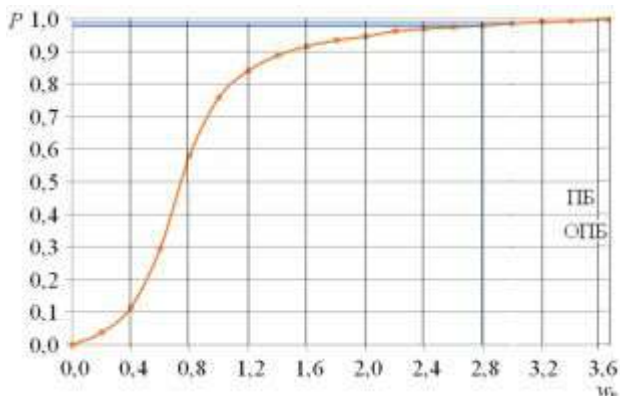


Рисунок 1 – Интегральная функция распределения основного удельного сопротивления движению для вагонов легкой весовой категории



Приведенные на рисунке 1 результаты показывают, что расчетные значения основного удельного сопротивления для «очень плохих» бегунов могут быть установлены в диапазоне 3,2–3,6 Н/кН. Существующее значение основного удельного сопротивления ОП бегуна составляет 4,5 Н/кН.

Результаты определения расчетной высоты сортировочной горки различными методами приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Результаты расчета высоты сортировочных горок различными методами**

| Параметр   | Горка 1 | Горка 2 |
|--|---------|---------|
| Мощность горки   | ГБМ     | ГБМ     |
| Число тормозных позиций, расположенных на спускной части         | 3       | 2       |
| Число путей в сортировочном парке                                | 36      | 32      |
| Наличная высота сортировочной горки, $H_{\text{нал}}$ , м эн. в. | 4,62    | 4,01    |
| <b>Существующие значения величины <math>w_0</math></b>           |         |         |
| Расчетная высота горки, $H_p$ , м эн. в., методика 1992 г.       | 6,71    | 5,82    |
| методика 2003 г.   | 4,84    | 4,67    |
| <b>Новые значения величины <math>w_0</math></b>                  |         |         |
| Расчетная высота горки, $H_p$ , м эн. в., методика 1992 г.       | 5,93    | 5,06    |
| методика 2003 г.   | 4,07    | 3,90    |
| прямой расчет  | 4,93    | 4,22    |

Расчет выполнен для реальных сортировочных горок большой мощности с использованием методик Правил и норм проектирования 1992 и 2003 годов по формуле (1) (для существующих и «новых» числовых характеристик распределения величины  $w_0$ ), а также по формуле (2) – прямым расчетом (для «новых» значений основного удельного сопротивления движению ОП бегуна).

Полученные результаты показывают, что использование формулы (1) для определения расчетной высоты сортировочной горки и применение «новых» характеристик основного удельного сопротивления движению вагонов приведет к значительному понижению высоты горок и необеспечению выполнения условия докатывания «очень плохих» бегунов до расчетной точки. В связи с этим минимальную высоту горок в современных условиях целесообразно определять прямым расчетом – по критерию докатывания расчетного ОП бегуна до расчетной точки при скатывании по наиболее трудному пути горочной горловины в неблагоприятных условиях, соответствующих расчетному месяцу – с максимальным значением суммы удельных сопротивлений от среды и ветра, снега и инея.

Кроме того, в настоящее время продольный профиль сортировочных путей проектируется двухэлементным: основная часть пути должна располагаться на спуске по направлению скатывания отцепов с уклоном 0,6 ‰, выходная часть пути проектируется на противоуклоне – 2,0 ‰. Значение уклона основной части сортировочного пути установлено с учетом создания

условий для продвижения отцепов вглубь парка, что следует из основного уравнения движения вагона по наклонной плоскости:

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

где  $w_{\text{сум}}$  – суммарное удельное сопротивление движению вагона, Н/кН;  $g'$  – ускорение свободного падения (с учетом инерции вращающихся частей вагона), м/с<sup>2</sup>;  $l$  – длина участка скатывания, м;  $i_{\text{сп}}$  – уклон участка скатывания, ‰.

В правой части формулы (3) в скобках производится сопоставление численных показателей (а не физических значений) уклона пути и удельных сил сопротивления движению. Если значение уклона численно превышает значение сопротивления движению, то скатывание отцепа в парке будет ускоренным, что будет создавать условия для соударения вагонов со скоростями, превышающими допустимое значение. Согласно существующим данным минимальное значение основного удельного сопротивления движению установлено на уровне 0,5 Н/кН, что при нормативном значении уклона пути 0,6 ‰ будет создавать условия для ускоренного продвижения только отдельных одиночных вагонов. Для «новых» значений сопротивления около 30 % вагонов тяжелой весовой категории будет иметь значения сопротивления менее 0,6 Н/кН [6].

Следовательно, установленные нормативные значения уклона путей сортировочных парков в современных условиях эксплуатации способствуют продвижению вагонов вглубь сортировочного парка. Значит, указанная норма уклона, а также конфигурация продольного профиля сортировочного пути в целом должна определяться расчетом с использованием следующих показателей:

- 1) вероятности соударения отцепов с накапливаемой на сортировочном пути группой вагонов с повышенной скоростью;
- 2) вероятности остановки отцепа ранее точки прицеливания;
- 3) вероятности докатывания отцепа до стоящей в парке группы вагонов и соединения с допустимыми скоростями.

Расчет указанных показателей может производиться как для каждого отцепа, так и в целом для всего накапливаемого состава. По результатам моделирования также определяется среднее число осаживаний, приходящихся на один накапливаемый состав. При выполнении многократного моделирования процесса заполнения составов для различных конструктивных параметров можно подобрать наиболее рациональный вариант конфигурации продольного профиля.

Необходимо отметить, что такой подход применим для горок, где основным режимом регулирования скорости движения отцепов является интервально-прицельное регулирование. При использовании дополнительных технических средств на путях накопления составов (ускорителей, ускорителей-замедлителей, точечных вагонных замедлителей, вагоноосаживателей,

робототехники и др.) расчет конструктивных параметров сортировочных парков должен производиться для соответствующего технического оснащения и принятого режима регулирования скорости скатывания отцепов (принудительного перемещения, квазинепрерывного или комбинированных способов регулирования).

При прицельном торможении отцепов (применяемом в случаях, когда после парковой тормозной позиции отсутствуют дополнительные средства регулирования скорости движения вагонов) определение указанных вероятностей рекомендуется производить на основании имитационного моделирования процесса заполнения сортировочных путей [9, 10]. Результаты расчета вероятностей при исследовании процесса заполнения сортировочного пути с нормативным продольным профилем, выполненного для вагонов тяжелой весовой категории в благоприятных условиях скатывания, приведены на рисунке 2 (соответственно для существующих и «новых» значений основного удельного сопротивления движению вагонов).



Рисунок 2 – Распределение показателей процесса заполнения сортировочного пути с нормативным продольным профилем (условия благоприятные, тяжелая весовая категория вагонов): существующие (а) и «новые» (б) значения  $w_0$

Приведенные на рисунке 2 результаты показывают, что в целом использование «новых» значений основного сопротивления движению привело к увеличению вероятности докатывания отцепов до стоящих в парке групп вагонов и соединения с допустимой скоростью с 0,565 до 0,790. При этом также отмечается увеличение вероятности соударения вагонов с повышенными скоростями с 0,073 до 0,086.

Таким образом, использование при выполнении конструктивных и технологических расчетов «новых» числовых характеристик основного удельного сопротивления движению вагонов приведет к необходимости коррек-

тировки высоты горки, параметров продольного профиля, мощности тормозных средств или расчетных скоростей роспуска. Необходимо отметить, что в реальных условиях эксплуатации корректировка скоростей скатывания отцепов производится системами горочной автоматики, что минимизирует вероятность возникновения нештатных ситуаций при роспуске. Однако конструктивные параметры сортировочных горок изначально должны быть рассчитаны в соответствии с потребными условиями эксплуатации с последующей настройкой систем горочной автоматики для наиболее рационального варианта продольного профиля. Это подтверждает актуальность рассмотренных задач и необходимость дальнейших исследований с целью актуализации правил и норм проектирования сортировочных устройств для современных условий эксплуатации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2 Свод правил СП 225.1326000.2014 «Станционные здания, сооружения и устройства» : утв. Минтранс РФ от 02.12.2014 г. № 331. – 2014. – 117 с.

3 *Сотников, Е. А.* Сопротивление движению грузовых вагонов при скатывании с горки / под ред. Е. А. Сотникова // Труды ВНИИЖТа. – М. : Транспорт, 1975. – Вып. 545. – С. 104.

4 *Бессоненко, С. А.* Исследование основного удельного сопротивления движению отцепов при скатывании с сортировочной горки на основе натуральных наблюдений / С. А. Бессоненко, А. А. Гунбин, А. А. Климов // Вестник Сибирского гос. ун-та путей сообщения. – 2022. – № 4. – С. 62–68.

5 *Климов, А. А.* Метод определения сопротивлений движению отцепов при скатывании с сортировочной горки на основе натуральных наблюдений и цифровых баз данных / А. А. Климов // Цифровые технологии транспорта: проблемы и перспективы : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 28 сентября 2022 г. – РУТ. – С. 300–305.

6 Распределения вероятностей удельного сопротивления движению отцепов на сортировочных горках / С. А. Бессоненко [и др.] // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1(64). – С. 52–61.

7 Исследование параметров основного удельного сопротивления движению вагонов при скатывании с сортировочной горки / С. А. Бессоненко // Известия Транссиба. – 2023. – № 1(53). – С. 53–62.

8 *Климов, А. А.* Анализ соответствия методики расчета высоты сортировочной горки современным условиям эксплуатации / А. А. Климов // Вестник транспорта Поволжья. – 2023. – № 3 (99). – С. 59–64.

9 *Климов, А. А.* Принципы моделирования процесса заполнения путей сортировочного парка при расформировании составов / А. А. Климов // Политранспортные системы : Материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. – Ч. 3. – Новосибирск : Сибирский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 126–131.

10 Программа для расчета показателей процесса заполнения путей сортировочного парка № 2023618062 / А. А. Климов, А. А. Гунбин: а. с. о государственной регистрации программы для ЭВМ. – Оpubл. 08.04.2023.

## UPDATED METHODS FOR CALCULATING DESIGN PARAMETERS OF GRAVITY YARDS

The parameters of the distribution densities of the main resistivity of the movement of wagons used in hill calculations are considered. The reasons for the need to carry out additional studies of the forces of resistance to movement on the uncoupling rolling down the hill and to determine the numerical characteristics of distribution densities at the present stage of railway transport development are established. The analysis of the existing methodology for calculating the design parameters of gravity humps is carried out. The elements of the longitudinal profile are installed, the design parameters of which depend on the running properties of the wagons, expressed in terms of the basic specific resistance to movement. The results of studies of the random value of the basic specific resistance to movement for a modern carriage fleet are presented. The comparison of the values of the basic specific resistance to movement used in the calculation of gravity humps at the present time with the values obtained for the operated carriage fleet at the present stage is carried out. The analysis of the influence of the "new" values of the basic resistivity of rolling wagons on the calculation method of the longitudinal profile and height of the gravity humps is carried out. Recommendations are given on the adjustment of the calculation methodology for the design parameters of gravity humps and paths of sorting parks.

Получено 15.10.2023

---

ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023

---

УДК 656.2

*С. П. ВАКУЛЕНКО, А. В. АСТАФЬЕВ*

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

*П. В. КУРЕНКОВ, В. В. ЛАВРУСЬ, А. А. ЗАХАРОВ*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

## РОЛЬ ШЛИССЕЛЬБУРГСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В СНЯТИИ БЛОКАДЫ ЛЕНИНГРАДА

Рассказывается о роли Шлиссельбургской железной дороги в обеспечении ресурсами блокадного Ленинграда. Представлен фактографический материал о героях железнодорожниках, готовых пожертвовать собой ради жизни ленинградцев и победы СССР.

Операция «Искра» по прорыву блокады Ленинграда завершилась 18 января 1943 года. Уже 19 января на Синявинских высотах советские войска начали концентрироваться на правом берегу Невы и южном побережье Ладожского озера. Стояла титаническая задача – в течение 20 дней построить

железнодорожный путь протяженностью 33 километра, который проходил бы по Синявинским болотам, по левому берегу Невы. Требовалось построить железнодорожные мосты, которые позволили бы составам проходить в блокадный Ленинград. Новую железную дорогу строили всего в нескольких километрах от линии фронта. Начиналась она от станции Петрокрепость (старое название – Шлиссельбург), далее – через Неву к станции Поляны, которая была связующим звеном с Большой землей. Но с Синявинских высот немцы обстреливали каждый километр этой трассы (рисунок 1) [2].



Рисунок 1 – Кадр стройки новой железной дороги

Операция по созданию такого проекта была очень рискованной. Но о рисках никто не думал, ведь на карту была поставлена жизнь ленинградцев, и без железной дороги осажденный город мог бы просто погибнуть.

«Ландшафты дороги, по которой сумасшедшие красные машинисты водят поезда в осажденный город, скорее напоминают лунный пейзаж, чем земной», – такие строчки были в статье немецкого военного журнала «Дэр Адлер», где 2 ноября 1943 года опубликовали фотокопии Шлиссельбургской магистрали, разрушенной после обстрела. Снимки были сделаны с самолета, и множество воронок от бомб и снарядов действительно напоминали лунные кратеры. Немецкий журналист написал, что дорога разрушена, больше не существует, и Ленинград не имеет железнодорожных связей со страной. Но он сильно поспешил с выводами. Эта дорога просуществовала с 7 февраля 1943 года по 10 марта 1944 года, выдержала более полутора тысяч налетов вражеской авиации и в буквальном смысле спасла осажденный Ленинград.

Чтобы в полной мере представить важность легендарной Шлиссельбургской магистрали, необходимо рассказать о нескольких днях из её жизни. 5 февраля 1943 года в 17:43 со станции Волховстрой отправился первый состав – 22 вагона с продовольствием. Он должен был пройти по маршруту

Жихарево – Поляны – Междуречье – Левобережье – Кушалевка – Ленинград. Для этого рейса собрали бригаду лучших железнодорожников. Именно им предстояло положить начало прямому сообщению между Ленинградом и Большой землей. К составу вагонов был прицеплен паровоз серии Э.

Связать Ленинград с Большой землей с помощью железной дороги пытались с самого начала блокады города, так как только сухопутный вариант мог обеспечить город нормальным снабжением. Трасса через Ладожское озеро – дорога жизни – действовала с сентября 1941 года, но количество грузов, которое через нее перевозили, было недостаточным для огромного города (рисунки 2 и 3).



Рисунок 2 – Кадр строительства магистрали



Рисунок 3 – Макет высоковольтного моста свайно-ряжевой конструкции через Неву, 1944 г.

Для автотранспорта нужно было огромное количество машин и бензина, а благодаря близости Волховской ГЭС рассматривался даже такой экзотичный вариант, как строительство троллейбусной трассы. Но троллейбусы в то время были очень тяжелыми, поэтому лед мог их не выдержать (рисунок 4).



Рисунок 4 – Исторический кадр: зима в Ленинграде в 1941 году

Страшной зимой 1941–1942 годов из-за нехватки продовольствия в блокадном Ленинграде суточная норма упала до ста двадцати пяти граммов хлеба. Поэтому в начале декабря 1942 приступили к реализации уникального проекта: свайно-ледовой железной дороги нормальной и узкой колеи, через Ладожское озеро. Эти обе дороги строили одновременно с двух сторон между берегами Шлиссельбургской губы (рисунок 5).

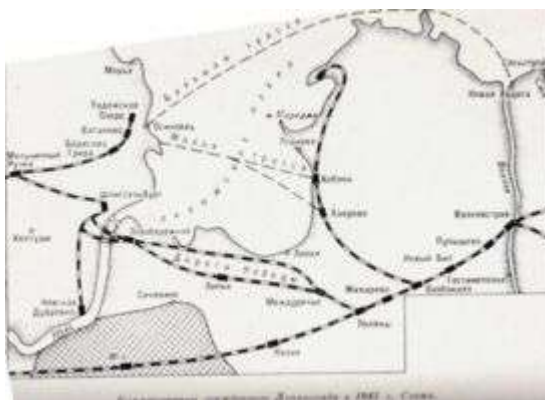


Рисунок 5 – Схема коммуникаций осажденного Ленинграда в 1943 году

Строительство осуществлялось силами железнодорожных войск, спецформирований народного комиссариата путей и сообщения. К работам привлекали и местное население. Двадцатилетний Вадим Бобиков в то время был одним из тех красноармейцев, кого как раз направили на работы по прокладке трассы. Полина Суханова – внучка Вадима Бобикова – рассказывала о строительстве так: «Это такой формат разнорабочего, когда ты на подхвате, когда ты где-то копаешь, где-то что-то двигаешь, где-то пытаешься помочь инженерам с расчетами, с прикидками, потому что народу не так много было в этом задействовано. Есть фотография, где дедушка на фронте



в 1942 году. Это декабрь 1942 года, Красноармеец Бобиков Вадим Сергеевич. Он тут достаточно пухленько выглядит, хотя на самом деле худые все были и голодные. Тут у него воспаление уха, и он поэтому с надутой такой щёчкой получился на фотографии» (рисунок 6).



Рисунок 6 – Бобиков Вадим Сергеевич

Строительство свайно-ледовой эстакады продолжалась вплоть до начала 1943 года.

Татьяна Демидова – методист мемориального музея «Дорога Победы» показала карту осажденного Ленинграда: «Здесь на карте очень хорошо обозначена клеточками территория, которую нам всего лишь удалось освободить в январе 1943 года, а немцы остались на Синявинских высотах. Это высоты 40–50 метров. Коридор, который мы освободили, фашисты называли «бутылочное горло» и трассу прокладывали очень близко к позициям. Здесь где-то километра 4 между немецкими позициями и железнодорожным полотном» (рисунок 7) [5].



Рисунок 7 – Татьяна Демидова показывает на карте освобожденную территорию

7 февраля 1943 года по Шлиссельбургской трассе на Финляндский вокзал Ленинграда прибыл первый поезд. На перроне ему устроили торжественный прием. Через два часа из Ленинграда на Большую землю вновь через Шлис-

сельбургскую магистраль отправился второй поезд. Так начала работать новая железная дорога, которая заменила собой Ладожскую Дорогу жизни.

Самыми мощными дореволюционными грузовыми паровозами были паровозы серии Э, и для Советского Союза эти паровозы оставались основным тяговым средством всё время войны. Средняя весовая норма состава – от 1200 до 1400 тонн. Такой состав прибывал в Ленинград, и если говорить в пересчете на продовольствие, то он привозил почти три дневные нормы для всего города, фронта и флота (рисунки 8, 9).



Рисунок 8 – Паровоз серии Э



Рисунок 9 – Первый поезд, прибывший по Шлиссельбургской трассе

10 февраля 1943 года (станция Кушелевка) бригада Петра Иванова заканчивала свой рейс, когда над составом раздался гул приближающегося самолета. Через несколько секунд на состав посыпались зажигательные бомбы. Несколько из них упали на крыши вагонов, вспыхнул пожар. Самолет очень жестоко бомбил состав. И девушка – помощник машиниста бежала по вагонам, сбрасывала снаряды. Нашему пулеметчику удалось сбить немецкий самолет, и поезд благополучно добрался до Ленинграда. Но помощник машиниста погибла. История сохранила лишь ее имя – Валя.

В 1945 году об этом трагическом рейсе в своей книге «Сквозь блокаду (записки железнодорожника)» написал Александр Августынюк, заместитель начальника Ленинград-Финляндского отделения Октябрьской железной дороги. Между собой железнодорожники называли магистраль «коридором смерти».

По этой дороге работала сорок восьмая паровозная бригада особого резерва НКПС: три десятка паровозов серий Э / ЭШ и около 600 человек личного состава. Погибло порядка 117 человек, около 175 было ранено за время работы этой дороги. Это гораздо меньше, чем погибло даже в первый год эксплуатации ледовой трассы. Самые большие потери были при взрыве двух поездов с боеприпасами, там погибли люди, в том числе бригада, которая их сопровождала [9, 10].

24 февраля 1943 года на перегоне Междуречье – Липки в результате артиллерийского обстрела полностью сгорели два вагона с боеприпасами, движение было остановлено на 13 часов. В результате взрыва были воронки по 500–700 метров длиной, по 30–40 метров шириной, по 25 метров глубиной. Что осталось от поездной бригады при таком взрыве – объяснить не нужно (рисунок 10).



Рисунок 10 – Результат артобстрела

Железнодорожники учились обманывать врага, маскироваться. Поезда решено было пускать только ночью, не включая огней, чтобы немцы не могли засечь движение состава. Но куда девать пар, который идет из паровозной трубы? На более или менее закрытом месте, где были лесопосадки, машинисты набирали высокую скорость, а когда поезд выходил на открытое пространство, закрывали регулятор, с помощью которого управляли выпуском пара. За это время уголь в топке прожигался так, что не было дыма.

Без дыма и пара паровоз шел до следующего километра, где начинался уклон, и состав мчался несколько километров по инерции. Немцы, потеряв ориентир, на какое-то время прекращали огонь. Конечно, вскоре машинисту снова приходилось открывать регулятор, и, увидев пар, фашисты тут же начинали обстрел поезда. Во время пути машинист повторял этот маневр несколько раз, он был очень опасным – ведь с увеличением скорости возрастал риск схода состава с рельсов.

От станции Шлиссельбург трасса с 3-го по 20-й километр проходила по бывшему узкоколейному пути Сиявинских торфоразработок. Почва была болотистая, рыхлая. На большей части трассы отсутствовали два основных элемента нормального рельсового пути: земляное полотно и балластная призма, на которой обычно укладываются рельсы. Здесь же их клали прямо на уплотнённый снег. Шпал не хватало и где-то вместо них использовали даже обрезки бревен.

Главной технической проблемой для инженеров стало возведение мостов через Неву. Первый свайно-ледовый временный мост решено было строить у начала Староладожского канала. На основании архивных данных, которые сохранились в балтийском пароходстве, стали проводить изыскательские работы, потому что ландшафт здесь был очень сложный. Например, левый берег Невы был более высоким, чем правый, и мосты необходимо было сооружать на насыпи. Приходилось заколачивать в грунт сваи, для забивки которых собирали по частям со всего Ленинграда специ-

альное устройство – копр. Поэтому когда поезд прошёл через этот временный мост, это было очень большим успехом [8].

Татьяна Демидова рассказывает: «Невская вода сохранила для нас вот эти удивительные экспонаты. Это сваи. На свайно-ледовой переправе такие наконечники насаживались потом на дерево, и их забивали в дно Невы. 2560 свай на глубину Невы 6,5 метров, вглубь дна на 4 метра длиной 13 метров заколачивалось одно бревно. Представляете, сколько нужно было леса заготовить, сколько кованных гвоздей на стяжки» (рисунок 11).



Рисунок 11 – Сваи, использовавшиеся при строительстве ледовой переправы и моста через р. Неву

Низководный мост построили всего за десять дней. Строители рассчитывали эксплуатировать его только в зимнее время, поэтому параллельно велись работы по сооружению постоянного моста через Неву.

Около двух часов ночи 10 марта 1943 года на железнодорожный участок Шлиссельбург – Левобережная медленно въехал состав на сваи ледовой переправы. Железнодорожное полотно было покрыто водой и казалось, что состав не едет, а плывет по Неве. Вдруг он резко остановился. Несколько человек, взобравшись на крышу, побежали по ней. Пара вагонов отцепилось от состава, и, чтобы сцепить их обратно, железнодорожникам пришлось спускаться в ледяную воду. Расцепка вагонов произошла из-за того, что путь размыло.

С началом весны построенная дорога стала рушиться. Снег, на который клали рельсы, таял. Его стали немедленно вынимать и заменять балластом (рисунок 12). На некоторых участках трассы рельсы были залиты водой постоянно. Здесь была тяжелейшая работа у путейцев: просто пройти вдоль дороги и обычным обстукиванием проверить полотно было невозможно, обходчик шел в воде вдоль трассы и менял болты, ставил прокладки под рельсы, проверял зазоры. Обычные ключи, чтобы ими можно было пользоваться под водой, удлиняли.



Рисунок 12 – Укладка рельсов с заменой балласта

Чтобы рельсы окончательно не размыло, их надо было поднимать и укреплять. Для этого использовали песчаный и шлаковый балласт. Он находился только в одном месте – в карьере у станции Войбокало. Но немцы усиленно обстреливали этот участок, и днем поезд с балластом проехать никак не мог; пропускали только ночью. Но так как движение поездов осуществлялось только в одну сторону, балласт из карьера вывозили лишь через сутки: в одну ночь шел обычный состав, а в другую – балластный [6, 7].

Для работы трассы не хватало буквально всего: стройматериалов, рельсов, топлива, даже воды для паровозов. Каждый день работы паровозной бригады требовал от людей полной отдачи и настоящего мужества. В любую минуту могла произойти какая-то экстренная ситуация, и необходимо было сохранять спокойствие и быстро находить решение. Но самым тяжелым испытанием были артобстрелы.

Двухосный крытый товарный вагон, можно сказать, классический для той эпохи, называли «теплушкой». Этот вагон не оборудован автоматической тормозной системой и в нем должен был находиться «тормозильщик», который по сигналу машиниста (три коротких гудка) должен был привести в действие тормоз. От тормозильщиков зависело очень многое: поезд мог получить попадание, получить повреждение, тормозильщик мог быть ранен, но оставался на посту до конца рейса, пока поезд не приходил на станцию. Некоторые так и умирали, истекая кровью на своем посту (рисунок 13).



Рисунок 13 – Двухосный крытый вагон

Этот случай был впоследствии описан в книге «Октябрьская фронт-вая», созданной по воспоминаниям железнодорожников Шлиссельбургской трассы. Однажды в Ленинград шел наливной состав с топливом. Фашисты обстреливали его беспощадно. Машинист вёл поезд, в любой момент ожидая взрыва. Лишь каким-то чудом снаряд не попал ни в одну из цистерн. Но машиниста и тормозильщика смертельно ранило осколками снарядов. Зона обстрела осталась позади, и поезд остановился. Кто же его остановил? Несколько членов бригады побежали вдоль состава и на одной из площадок нашли молодую девушку, окровавленную и с перебитыми ногами. Ее руки сжимали рукоятку стоп-крана. Это была старшая по поезду Лукина. Ее ранило еще во время обстрела, но девушка ждала и не останавливала поезд, понимая, что состав наливной, если в него попадет снаряд, то все взлетит на воздух. И только когда опасная зона осталась позади, она на руках доползла до площадки, где находился стоп-кран и дернула ручку. Когда ее нашли, девушка была еще жива, но уже через несколько минут скончалась.

Вдоль всей Шлиссельбургской трассы стояли землянки, где находились ремонтники. Когда снаряды и бомбы разрушали пути, тут же появлялась бригада, которая, не дожидаясь прекращения огня, начинала расчищать завалы (рисунок 14).



Рисунок 14 – Бригада, расчищающая завал после обстрела

В 18:50 18 марта 1943 года по новому мосту через Неву на станции Левобережная прошел первый обкаточный поезд. Уже вечером следующего дня движение было открыто. Этот мост находился всего в пятистах метрах от временного свайно-ледового. Стоили его намного основательнее, он был однопутным – 852 метра в длину. Первый свайно-ледовый мост тоже было решено оставить.

Через несколько дней после открытия движения по высоководному мосту немцы разбивают один из пролетов. Поэтому была связка в два моста: один низководный, другой высоководный, который работал как дублер основного. И непонятно, какой будет основным в следующий момент, потому что обеспечить безопасность мостов было практически невозможно в складывающихся обстоятельствах.

Главная опасность, которая была для высоководного моста, крылась в том, что при таянии льда на Неве льдинами могло снести низководный мост, а уже через 500 метров этими же льдинами могло снести и высоководный. Для этого было принято решение отправить к крепости Орешек 200 подрывников, которые взрывали лед, раскалывавшийся на достаточно мелкие льдины, проходившие через опоры высоководного моста. Ледоход длился с 29 марта по 8 апреля. Работы на реке организовывал начальник управления военно-восстановительных работ № 2 Иван Зубков. Люди дежурили сменами круглосуточно, благодаря чему оба моста удалось спасти.

Один железнодорожный состав мог привезти в город то же самое количество грузов, которое по ледовой переправе привозила тысяча грузовиков. Всё это дало Ленинграду огромный стимул и путь к спасению после такого тяжелого испытания, как блокада и позволило городу победить [1]. Иван Георгиевич Зубков назвал мосты на этой дороге «мостами на Берлин», которые привели к победе в Великой Отечественной войне.

25 апреля 1943 года началось пробное рабочее движение по новой обходной линии на Шлиссельбургской трассе. Она проходила от станции Междуречье до станции Шлиссельбург. Решение о ее строительстве было вызвано тем, что участок трассы с 9-го по 20-й километр проходил очень близко к линии фронта (рисунок 15).

До 5 мая на всей трассе на станциях не было никакого освещения. И вот когда появился обходной путь, приняли решение прокладывать на нем автоблокировку, но на время строительства для безопасности на этой трассе поставили «живые светофоры» (рисунок 16). Живыми светофорами называли женщин и мужчин, которые выходили на трассу и регулировали движение поездов.

Суть такой блокировки заключалась в следующем: на трехметровую жердь укрепляли стрелочный фонарь, две его стороны затемняли, а две другие закрывали цветными стеклами – красным и зеленым. Внутри фонаря была керосиновая лампа. Человек показывал поезду зеленый или красный свет.



Рисунок 15 – Карта местности с трассой от Междуречья до Шлиссельбурга

Через каждые 3 километра вдоль трассы стоял столб с телефоном – это и был пост светофора. Раздавался звонок. «Говорит пост № 1, в 21 час к вам направится поезд № 701». И тогда светофор № 2 давал зеленый сигнал в сторону ожидаемого поезда. Когда тот проходил, светофор показывал красный сигнал в сторону поста № 1 и сообщал светофору № 3, что поезд проследовал.

В первые дни люди стояли на своих постах по трое суток, без смены. Никакой будки, чтобы укрыться от ветра, даже сесть негде. Вокруг трясина, грязь по колено, а ты должен стоять и в дождь, и в снег, и во время артобстрела. Все понимали, как тяжело приходилось этим отчаянным людям, и чтобы хоть как-то поддержать их, с проходящего поезда к ногам светофора иногда бросали свертки с вареной картошкой или хлебом [4].

Благодаря живой блокировке поездов могли двигаться быстрее. Машинисту не надо было вглядываться в ходовые огни идущего впереди поезда, рискуя столкнуться. Живая блокировка прекратила свои действия 25 мая, вместо нее ввели автоматическую.

7 июня 1943 года между Ленинградом и Москвой открыли пассажирское движение. Два пассажирских вагона ставили в состав грузового поезда. Немцы находились на Синявинских высотах до января 1944 года, поэтому пассажиров по трассе возили по необходимости. Чаще всего это были командировочные, а также раненые и инвалиды. Когда поезд следовал по участку Шлиссельбург – Поляны, в вагоне гасили свет и открывали двери. Пассажиры, кто был в состоянии, готовы были в случае сильного обстрела выпрыгивать из вагона прямо на ходу.

Советское командование планировало нанести одновременные удары со стороны Ленинграда и с территории Ораниенбаумского плацдарма. По железной дороге и по автотрассе, которая проходила рядом с ней, была перебросена восстановленная вторая ударная армия с Волховского фронта в Ленинград, и через Лисий Нос она ушла на Ораниенбаумский плацдарм по железнодорожной трассе. Для снятия блокады основной удар был нанесен от плацдарма, откуда немцы не ожидали начала наступления.

Окончательное снятие блокады Ленинграда произошло 27 января 1944 года в ходе Ленинградско-Новгородской операции. После этого Шлиссельбургская магистраль работала еще вплоть до 10 марта, затем надобность в ней отпала и ее демонтировали.

Долгое время широкой общественности было очень мало известно о роли Шлиссельбургской трассы. Название «Дорога Победы» появилось лишь в 1970-е годы. К сорокалетию блокады в 1983 году у насыпи низководного моста поставили памятную стелу (рисунок 17).



Рисунок 16 – «Живой светофор»





Рисунок 17 – Памятная стела у насыпи низководного моста

Никто из тех, кто работал на фронтовой магистрали, не считал себя героем, но сегодня мы отдаем дань уважения за этот подвиг. В музеях рассказывают историю Дороги Победы, о ней выходят фильмы и книги. Когда сейчас мы смотрим на рисунки инженера-изыскателя Георгия Тьдмана, которые он делал во время строительства Шлиссельбургской трассы, мы можем представить, как он сидит на берегу Невы, скованной январскими морозами, и рисует. А еще 10 минут назад он был на заминированных болотах, проводил исследования грунта, каждую секунду рискуя погибнуть.

Мы можем видеть этих отчаянных машинистов, которые под постоянным артобстрелом вели свои паровозы вперед, которые по колесо в грязь и в воде стояли вдоль железной дороги с фонарями в руках. Такие люди просто не могли не победить фашизм!

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Астафьев, А. В.* Реализация нестандартных подходов в политранспортной логистике / А. В. Астафьев, Е. Д. Стрижова, И. А. Добродомов // Логистика – евразийский мост : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск : Красноярский ГАУ, 2021. – С. 10–15.

2 *Бахарева, А. Н.* Шлиссельбургская магистраль – Дорога Победы / А. Н. Бахарева // 60-летию Великой Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. посвящается : материалы науч.-практ. конф., Санкт-Петербург – Волхов, 27–28 апреля 2005 года; отв. ред. С. Б. Смирнов. – СПб. : Нестор, 2005. – С. 19–26.

3 *Вакуленко, С. П.* Логистика функционирования железнодорожного транспорта в годы Великой Отечественной войны / С. П. Вакуленко, П. В. Куренков, А. В. Астафьев // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : Междунар. сб. науч. тр. / редкол. А. К. Головнич (гл. ред.) [и др.]. – Гомель: БеГУТ, 2021. – Вып. 3. – С. 33–36.

4 *Вакуленко, С. П.* Транспортная логистика Танкограда в годы Великой Отечественной войны / С. П. Вакуленко, П. В. Куренков, А. В. Астафьев // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : Междунар. сб. науч. тр. / редкол. А. К. Головнич (гл. ред.) [и др.]. – Гомель: БеГУТ, 2021. – Вып. 3. – С. 41–45.

5 Вакуленко, С. П. Транспортные коммуникации на Ладожском озере в 1941–1944 гг. / С. П. Вакуленко, П. В. Куренков, А. В. Астафьев // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : Междунар. сб. науч. тр. / редкол. А. К. Головнич (гл. ред.) [и др.]. – Гомель: БeГУТ, 2021. – Вып. 3.– С. 37–41.

6 Дорога Победы // Телеканал «Звезда». – Режим доступа : <https://tvzvezda.ru/schedule/programs/202110694-IQrIW.html/20231121943-WDJbD.html?ysclid=lcwua4y2d6867672073>. – Дата доступа : 29.09.2023.

7 Куренков, П. В. Исторические аспекты транспортировки нефтеналивных грузов в период Великой Отечественной войны / П. В. Куренков, Е. А. Чеботарева, И. А. Солоп // Техник транспорта: образование и практика. – 2021. – Т. 2, № 4. – С. 447–453.

8 Куренков, П. В. Логистика перевозки нефтеналивных грузов: исторические аспекты полимодальных транспортных систем / П. В. Куренков, И. А. Солоп, Е. А. Чеботарева // Логистика. – 2021. – № 3. – С. 42–45.

9 Куренков, П. В. Полимодальная логистика перевозок нефтегрузов в цистернах по рельсам и по морю / П. В. Куренков, И. А. Солоп, Е. А. Чеботарева // Логистика – евразийский мост : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск : КрасГАУ, 2021. – С. 85–90.

10 Куренков, П. В. Полимодальная логистика перевозок нефтегрузов: исторический аспект / П. В. Куренков, И. А. Солоп, Е. А. Чеботарева // Транспорт в интеграционных процессах мировой экономики : материалы II Междунар. науч.-практ. онлайн-конф. Гомель, 29 апреля 2021 г. – Гомель : БeГУТ, 2021. – С. 42–44.

S. P. VAKULENO, A. V. ASTAFIEV, P. V. KURENKOV, V. V. LAVRUS, A. A. ZACHAROV  
**ROLE OF THE SHLISSELBURG RAILWAY IN REMOVAL OF BLOCKADE LENINGRAD**

It is told about a role of the railway Shlisselburg in maintenance by resources of Leningrad. Is submitted facts a material about the heroes – railwaymen ready to offer by self for the sake of life Leningraders and a victory USSR.

Получено 11.10.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

*С. П. ВАКУЛЕНКО*

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

*А. К. ГОЛОВНИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*post-iuit@b.ru, golovnich\_alex@mail.ru*

**ОБЪЕКТНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ**

Определяется перечень объектов трехмерной железнодорожной станции, классифицированных по степени воспроизводимой детализации внешней формы и внутренней структуры. Все модельные формы исследуются на

предмет возможности реконструкции корректных с точки зрения физики процессов.

Полноценная и полноразмерная модель станции должна включать большое количество объектов, располагаемых на станционной территории. В общий перечень моделируемых форм входят объекты инфраструктуры (путевое развитие, здания, сооружения), подвижной состав, различные фоновые объекты (ограждения, зеленые насаждения, малые архитектурные формы), люди (пассажиры, работники станции, водители автомобилей и других транспортных средств, прохожие).

Для модели важна скорость изменения состояний моделируемых объектов – от статичных фоновых до высокодинамичных вагонов и локомотивов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Степени подвижности моделируемых объектов станции

Модельный железнодорожный путь представляет собой сложную систему конструкционно связанных устройств, которые постоянно испытывают ударные воздействия от подвижного состава, приводящие к деформациям и даже сдвигам отдельных участков (угон пути, изменения радиусов горизонтальных и вертикальных кривых). Рельсошпальная решётка как конструкция, воспринимающая нагрузку от движущегося подвижного состава, частично поглощает, частично передаёт её на балластную призму благодаря упругой контактной реакции рельса, шпалы, прокладки, подкладки и рельсового скрепления.

Несамоходный подвижной состав охватывает многочисленные типы грузовых, пассажирских и специальных вагонов. В конструкционном исполнении вагон представляет собой сложную систему элементов механического оборудования (грузовой вагон), теплотехнического комплекса автоматики, энергоснабжения, отопления, вентиляции, устройств обеспечения жизнедеятельности (пассажирский вагон). С учетом большого числа комплектующих, болтовых и заклёпочных соединений в вагоне насчитывается несколько тысяч элементов, которые при движении достаточно сложным образом взаимодействуют между собой, образуя многочисленные пары трения, жесткие и упругие связи, существенным образом влияющие на динамику движения вагона и состава поезда в целом.

Отсутствие или наличие груза в вагоне, его вес и распределение по площади пола вагона также являются значимыми условиями изменения скоростных и тормозных характеристик подвижного состава. Поэтому перевозимый в подвижном составе и складываемый на местах общего пользования груз также является объектом моделирования.

Поездная и маневровая работа на станции выполняется электровозами, тепловозами, а также специальными средствами, перемещающими вагоны при выполнении сортировочной работы и грузовых операций (лебедками, кабестанами, подвагонными толкателями, траверсными тележками, трансбордерами). Локомотивы являются основным средством, обеспечивающим движение вагонов по станционным путям посредством создаваемого тягового усилия. Для модели функционирующей станции важно разделять тяговую силу, инициируемую тепловозами от аналогичной, создаваемой электровозами. Дизельный двигатель тепловоза преобразует химическую энергию сгорания жидкого топлива в тепловую и механическую вращения колесных пар. Электродвигатели электровоза питаются через контактную сеть. Тип локомотива определенным образом формирует характер тяговых усилий, передаваемых на вагоны, железнодорожный путь и влияющих на состояние верхнего строения. Поэтому для модели взаимодействия подвижного состава и пути важно учитывать физические связи, образуемые в результате действия внешних (по отношению к подвижному составу и пути) сил, приводящих в движение локомотивы и вагоны. Возможно, в технологической модели станции не возникнет необходимость имитации всего процесса возникновения силы тяги, используя алгоритмическое описание физических явлений электромагнитной индукции или процессов сгорания топлива в двигателе.

Специальный подвижной состав разделяется на самоходный (автоматрисы, мотовозы, дрезины, путевые машины) и несамоходный, в котором отсутствует тяговый привод (вагоны пожарных, восстановительных, путеукладочных поездов). Этот тип подвижного состава выделяется в особую категорию модельных объектов, так как благодаря своим конструкционным особенностям и распределенной массе он приобретает определенные свойства, специфическим образом влияющие на динамику взаимодействия с другими вагонами и железнодорожным путем.

На территории станции проектируются многочисленные здания, имеющие технологическое, бытовое или иное назначение. В числе таких зданий следует указать пассажирское здание, посты дежурного по паркам, горки, электрической централизации, крытые складские помещения. Станционные сооружения включают открытые или крытые пассажирские платформы, эскалаторы, траволаторы, лифты, грузовые рампы и площадки, предельные и пикетные столбики, километровые столбы, информационные панели, напольные предупреждающие и направляющие указатели, мосты, тоннели, опоры контактной и осветительной сетей, устройства электро-, водо- и газо-снабжения, объекты транспортной мобильности для лиц с ограниченными физическими возможностями.

В модели станции здания и сооружения рассматриваются как *статичные объекты второго плана*, обеспечивающие целостность выполняемых технологических операций и общую реалистичность картины. Поэтому здания и сооружения станции не являются строго фиксированными модельными конструктивами, перенесенными в модель из общей базы компьютерных 3D-объектов, а проектируемыми в соответствии с конкретной проектной ситуацией. Эти объекты органично дополняют модельный образ станции несмотря на то, что не обладают внутренней структурой.

Все объекты, не несущие технологической нагрузки и располагаемые на территории железнодорожной станции, относятся к *объектам третьего плана* или антуражным (фоновым). Железнодорожные станции сооружаются в конкретной топографической обстановке, которая может содержать различные географические объекты (реки, озера, каньоны, возвышенности, горные хребты и пр.), относящиеся к природным формам фона. Станционная территория может прилегать или даже быть частью природного ландшафта, не используемого для площадки под путевую инфраструктуру. Для целей снего-, пылезадержания, формирования искусственных преград от песчаных бурь или по иным соображениям на территории станции могут высаживаться декоративные, крупные кусты и деревья. В модельном представлении фоновые объекты железнодорожной станции рассматриваются как строго статичные и неизменные формы, имеющие конкретную координатную привязку.

На территории железнодорожной станции могут располагаться объекты инфраструктуры, не принадлежащие станции (автомобильные дороги, переезды, внешние газо- и водопроводы, не имеющие потребителей на станции), представляющие собой искусственные формы фона. Эти объекты технологически не связаны с функционированием железнодорожной станции.

Реалистичная модель станции не может быть воссоздана без отображения субъектных форм в каком-либо виде. Если для грузовых и сортировочных станций возможна модельная реализация безлюдной технологии, когда все операции выполняются без участия человека, то пассажирская станция, предназначенная для обслуживания пассажиров, не может быть адекватно воспроизведена без представления самих пользователей такой важной транспортной услуги, как перевозка пассажиров.

Динамическая модель железнодорожной станции предполагает не только изображение условных графических подобий человека, но и визуальное конкретизированных сущностей, перемещающихся по станции (от вокзала на посадочную платформу, с поезда по некоторому маршруту на привокзальную площадь к остановочному пункту). Следовательно, необходимо отражать множество таких пассажиров, формируемых в пассажиропотоки, которые могут изменяться по интенсивности, разделяться и пересекаться между собой.

Однако для пассажирских станций, особенно в часы пик, невозможно и нецелесообразно воспроизводить всех модельных пассажиров, резко усложняющих модель. Поэтому должна быть принята стратегия разумного ком-

промисса между сложностью модели и достигаемыми целями технологического моделирования с высоким уровнем адекватности прототипирования всех станционных объектов. Кроме пассажиров следует рассматривать возможность отображения субъектных форм, представляющих собой работников станции, случайных прохожих, переходящих через мост, соединяющий два района города и др.

Внешнее подобие человеку всех субъектных форм в модели станции определяется как антропоморфная аналогия, когда с той или иной степенью погрешности воспроизводится внешний вид, а также поведение человека в образах соответствующих *антропоморфных объектов*. В зависимости от конкретной ситуации возможна различная степень детализации антропоморфов – от некоторого условного графического клише, внешне напоминающего форму человеческого тела, до индивидуализированного, аутентичного образа, фотографического качества черт лица и одежды, гендерных различий, воспроизведения образов взрослого и ребенка, пассажиров с ручной кладью, багажом и без них и пр. (рисунок 2).



Рисунок 2 – Антропоморфные образы пассажиров в модели станции:  
*a* – условные; *б* – рекогнативные; *в* – ситуативные

Ситуативные антропоморфы наделяются поведенческими свойствами, обеспечивающими их целеориентированное перемещение по маршруту следования. При этом движение бихевиористических объектов в пространственно фиксированном потоке локализовано, т. е. сопровождается отслеживанием положения других антропоморфов, движущихся в зоне близких маршрутов, что при визуализации динамических процессов передвижения позволит не допускать столкновения идущих по пересекающимся путям и своевременно корректировать их собственные движения.

Компонентно-ориентированное моделирование позволит выполнить такие операции компьютерного репродуцирования, когда конструктивные элементы после сборки (локомотив, вагоны, груз, путь, пассажиры) начинают функционировать в определенных симбиотических ритмах, погашающих или, наоборот, приводящих к усилению процессных колебаний вплоть до резонансных частот, ослабляющих или увеличивающих взаимодействие отдельных модельных объектов, поддерживающих или нарушающих равновесные состояния общей системы. Синтез физических и технологических модельных операций на цифровой железнодорожной станции позволит вос-

произвести реалистичную по форме и корректную по содержанию общую динамическую картину процессов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Вакуленко, С. П. Основы проектирования трехмерных динамических моделей железнодорожных станций : учеб. / С. П. Вакуленко, А. К. Головнич. М. : УМЦ по образованию на ж. д. трансп., 2022. – 384 с.

2 Головнич, А. К. Антропоморфные объекты в 3D-моделях технологических процессов железнодорожных станций / А. К. Головнич // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. – Гомель, БелГУТ, 2021. – Вып. 3. – С. 78–90.

3 Головнич, А. К. Детерминация понятия «цифровой двойник» в 3D-моделях железнодорожных станций / А. К. Головнич // Техник транспорта: образование и практика. – М. : УМЦ по образованию на ж. д. трансп., 2023. – С. 184–192.

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

#### **THE OBJECT CONTENT THE FUNCTIONAL A 3D-MODEL OF A RAILWAY STATION**

The article defines a set of objects a three-dimensional railway station, classified according to the degree of reproducible detail the external shape and internal structure. All model forms are being investigated for the possibility of reconstructing processes that are correct from the point of view physics.

Получено: 15.10.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 654.6.4

*С. П. ВАКУЛЕНКО, Ю. В. ПЕРЕСВЕТОВ*

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

*post-iuit@bk.ru*

#### **ЛОГИЧЕСКАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВЫБОРА ПОСТАВЩИКОВ ПРОДУКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Рассматривается возможность использования нейронной сети для решения задачи выбора поставщиков продукции железнодорожного транспорта, которые характеризуются определенными качественными параметрами, принимающими значения из шкалы недетерминированных значений.

Логические функции, лежащие в основе выбора поставщиков продукции, преимущественно основаны на конъюнкции логических значений переменных, отображающих изменения следующих показателей поставщиков продукции:

- качество поставляемой продукции;
- цена поставляемой продукции;
- условия поставок продукции;
- репутация поставщика.

Каждый из перечисленных показателей может принимать следующие логические значения переменных  $x_i$ :

1 Качество поставляемой продукции:

- $x_1$  – хорошее (3 балла);
- $x_2$  – среднее (2 балла);
- $x_3$  – плохое (1 балл).

2 Цена поставляемой продукции:

- $x_4$  – низкая (3 балла);
- $x_5$  – средняя (2 балла);
- $x_6$  – высокая (1 балл).

3 Условия поставки продукции:

- $x_7$  – хорошие (3 балла);
- $x_8$  – средние (2 балла);
- $x_9$  – плохие (1 балл).

4 Репутация поставщика:

- $x_{10}$  – хорошая (3 балла);
- $x_{11}$  – средняя (2 балла);
- $x_{12}$  – плохая (1 балл).

Множество  $\{x_i\}$  образует исчерпывающее множество событий (ИМС). Множество вариантов альтернативных результатов по каждому поставщику  $\{y_i\}$  система принятия решений (СПР) включает  $3^4 = 81$  элемент, определяющий количество размещений из элементов множества значений каждого показателя (3 элемента) по показателям поставщика (4 показателя). Такой простой вид логической функции при переходе в область действительных переменных подразумевает достаточность использования однослойной нейросети (рисунок 1), содержащей входной слой рецепторов и выходной слой, на котором формируются результаты мониторинга (рейтинги) поставщиков, а также экспертные рекомендации.

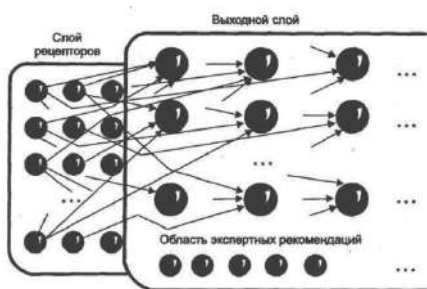


Рисунок 1 – Структура однослойной нейросети выбора поставщиков продукции



Множество логических функций  $\{y_i\}$ , образующих нейроны выходного слоя, состоит из следующих элементов:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= x_2 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_2 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_3 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10}, \\
 y_4 &= x_1 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_5 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_6 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10}, \\
 y_7 &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{10}, y_8 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{11}, y_9 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10}, \\
 y_{10} &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{12}, y_{11} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_{12} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10}, \\
 y_{13} &= x_3 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10}, y_{14} = x_3 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{10}, y_{15} = x_3 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{11}, \\
 y_{16} &= x_3 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_{17} = x_3 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{12}, y_{18} = x_3 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11}, \\
 y_{19} &= x_3 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10}, y_{20} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{10}, y_{21} = x_2 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{10}, \\
 y_{22} &= x_2 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{11}, y_{23} = x_2 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_{24} = x_2 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{12}, \\
 y_{25} &= x_2 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_{26} = x_2 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10}, y_{27} = x_2 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{11}, \\
 y_{28} &= x_2 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{10}, y_{29} = x_2 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{12}, y_{30} = x_2 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{11}, \\
 y_{31} &= x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{12}, y_{32} = x_1 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{10}, y_{33} = x_1 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{11}, \\
 y_{34} &= x_1 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_{35} = x_1 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{12}, y_{36} = x_1 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{11}, \\
 y_{37} &= x_1 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{10}, y_{38} = x_1 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{11}, y_{39} = x_1 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{10}, \\
 y_{40} &= x_1 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{12}, y_{41} = x_1 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{11}, y_{42} = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{12}, \\
 y_{43} &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{12}, y_{44} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{11}, y_{45} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{12}, \\
 y_{46} &= x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_{47} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_{48} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{10}, \\
 y_{49} &= x_3 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{11}, y_{50} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{10}, y_{51} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{12}, \\
 y_{52} &= x_3 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{11}, y_{53} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{10}, y_{54} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{12}, \\
 y_{55} &= x_3 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_{56} = x_3 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{12}, y_{57} = x_3 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{11}, \\
 y_{58} &= x_3 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{12}, y_{59} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{11}, y_{60} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{10}, \\
 y_{61} &= x_2 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{12}, y_{62} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{11}, y_{63} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{10}, \\
 y_{64} &= x_2 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{12}, y_{65} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{11}, y_{66} = x_2 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{12}, \\
 y_{67} &= x_2 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{11}, y_{68} = x_2 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{12}, y_{69} = x_2 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{12}, \\
 y_{70} &= x_1 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{12}, y_{71} = x_1 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{11}, y_{72} = x_1 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{12}, \\
 y_{73} &= x_1 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{12}, y_{74} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{12}, y_{75} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{11},
 \end{aligned}$$

$$y_{76} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{10}, y_{77} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{12}, y_{78} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{11},$$

$$y_{79} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{12}, y_{80} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{12}, y_{81} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{12}.$$

Вышеуказанные логические функции позволяют сформировать матрицу связей однослойной логической нейронной сети, где по столбцам располагаются элементы множества – нейроны-рецепторы, а по строкам – элементы множества решений – нейроны выходного слоя (таблица 1).

Таблица 1 – Матрица связей нейронной сети

|          | $x_{1(3)}$ | $x_{2(2)}$ | $x_{3(1)}$ | $x_{4(3)}$ | $x_{5(2)}$ | $x_{6(1)}$ | $x_{7(3)}$ | $x_{8(2)}$ | $x_{9(1)}$ | $x_{10(3)}$ | $x_{11(2)}$ | $x_{12(1)}$ |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| $y_1$    |            | 1          |            | 1          |            |            |            | 1          |            | 1           |             |             |
| $y_2$    |            | 1          |            | 1          |            |            | 1          |            |            |             | 1           |             |
| $y_3$    |            | 1          |            | 1          |            |            | 1          |            |            | 1           |             |             |
| $y_4$    | 1          |            |            |            | 1          |            |            | 1          |            | 1           |             |             |
| $y_5$    | 1          |            |            |            | 1          |            | 1          |            |            |             | 1           |             |
| $y_6$    | 1          |            |            |            | 1          |            | 1          |            |            | 1           |             |             |
| $y_7$    | 1          |            |            | 1          |            |            |            | 1          | 1          |             |             |             |
| $y_8$    | 1          |            |            | 1          |            |            |            | 1          |            |             | 1           |             |
| $y_9$    | 1          |            |            | 1          |            |            |            | 1          |            | 1           |             |             |
| $y_{10}$ | 1          |            |            | 1          |            |            | 1          |            |            |             |             | 1           |
| ...      |            |            |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |
| $y_{77}$ |            |            | 1          |            |            | 1          |            | 1          |            |             |             | 1           |
| $y_{78}$ |            |            | 1          |            |            | 1          |            | 1          |            |             | 1           |             |
| $y_{79}$ |            |            | 1          |            |            | 1          | 1          |            |            |             |             | 1           |
| $y_{80}$ |            |            | 1          |            | 1          |            |            |            | 1          |             |             | 1           |
| $y_{81}$ |            | 1          |            |            |            | 1          |            |            | 1          |             |             | 1           |

Далее необходимо обучить нейронную сеть умению различать поставщиков по степени их привлекательности. В качестве критерия степени привлекательности предлагается использовать рейтинг поставщика. Для оценки рейтинга каждого поставщика воспользуемся балльной оценкой элементов множества нейронов-рецепторов:

$$x_1 \Leftrightarrow 3, x_2 \Leftrightarrow 2, x_3 \Leftrightarrow 1, x_4 \Leftrightarrow 3, x_5 \Leftrightarrow 2, x_6 \Leftrightarrow 1, x_7 \Leftrightarrow 3, x_8 \Leftrightarrow 2, x_9 \Leftrightarrow 1,$$

$$x_{10} \Leftrightarrow 3, x_{11} \Leftrightarrow 2, x_{12} \Leftrightarrow 1.$$

Тогда элементы множества СПР возможно представить в виде векторов с заданными координатами:

$$y_1 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_1(2,3,2,3); y_2 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_2(2,3,3,2);$$

$$y_3 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_3(2,3,3,3); y_4 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_4(3,2,2,3);$$

$$y_5 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_5(3,2,3,2); y_6 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_6(3,2,3,3);$$

$$y_7 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_7(3,3,1,3); y_8 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_8(3,3,2,2);$$

$$\begin{aligned}
y_9 &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_9(3,3,2,3); y_{10} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{10}(3,3,3,1); \\
\dots y_{77} &= x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{77}(1,1,2,1); y_{78} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_{78}(1,1,2,2); \\
y_{79} &= x_3 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{79}(1,1,3,1); y_{80} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{80}(1,2,1,1); \\
y_{81} &= x_2 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{81}(2,1,1,1).
\end{aligned}$$

Все показатели поставщика: качество продукции, цена продукции, условие поставок, репутация поставщика имеют разную степень значимости с точки зрения заказчика. Для обучения нейросети необходимо экспертным путем определить эти степени важности, при условии, что они своим долевым участием формируют общую комплексную характеристику, численно равную 1,00. Предполагается, что показатели цены и качества продукции имеют несколько большую степень важности, чем условие поставок и репутация поставщика. Экспертно для обучения нейросети вводятся следующие степени важности:

- качество продукции  $w_1 = 0,3$ ;
- цена продукции  $w_2 = 0,3$ ;
- условие поставки  $w_3 = 0,2$ ;
- репутация поставщика  $w_4 = 0,2$ .

Степени важности показателей поставщика можно представить в виде координатного вектора  $b(0,3; 0,3; 0,2; 0,2)$ .

Тогда рейтинг поставщика по элементам множества нейронов выходного слоя определяется как скалярное произведение векторов  $a_i, i = 1, \dots, 81$  и  $b$ ; т. е.  $r_i = a_i b; i = 1, \dots, 81$ .

Отсюда следует:

$$\begin{aligned}
y_1 &= x_2 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_1(2,3,2,3) \Rightarrow r_1 = 2,5. \\
y_2 &= x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_2(2,3,3,2) \Rightarrow r_2 = 2,5. \\
y_3 &= x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_3(2,3,3,3) \Rightarrow r_3 = 2,7. \\
y_4 &= x_1 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_4(3,2,2,3) \Rightarrow r_4 = 2,5. \\
y_5 &= x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_5(3,2,3,2) \Rightarrow r_5 = 2,5. \\
y_6 &= x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_6(3,2,3,3) \Rightarrow r_6 = 2,7. \\
y_7 &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_7(3,3,1,3) \Rightarrow r_7 = 2,6. \\
y_8 &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_8(3,3,2,2) \Rightarrow r_8 = 2,6. \\
y_9 &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Leftrightarrow \bar{a}_9(3,3,2,3) \Rightarrow r_9 = 2,8. \\
y_{10} &= x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{10}(3,3,3,1) \Rightarrow r_{10} = 2,6. \\
\dots & \\
y_{77} &= x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{77}(1,1,2,1) \Rightarrow r_{77} = 1,2.
\end{aligned}$$

$$y_{78} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{11} \Leftrightarrow \bar{a}_{78}(1,1,2,2) \Rightarrow r_{78} = 1,4.$$

$$y_{79} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{79}(1,1,3,1) \Rightarrow r_{79} = 1,4.$$

$$y_{80} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{80}(1,2,1,1) \Rightarrow r_{80} = 1,3.$$

$$y_{81} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{12} \Leftrightarrow \bar{a}_{81}(2,1,1,1) \Rightarrow r_{81} = 1,3.$$

Значение интегрального показателя привлекательности поставщика продукции (рейтинг) лежит в отрезке [1; 3], т. е.

$$\forall r_i \in [1; 3]; i = 1, \dots, 81.$$

Поделим этот отрезок на четыре равных промежутка: [1; 1,5); [1,5; 2); [2; 2,5); [2,5; 3]. Далее определим, что:

– если  $r_i \in [1; 1,5]$ , то поставщик, соответствующий элементу  $y_i$  множества нейронов выходного слоя, *очень плохой*;

– если  $r_i \in [1,5; 2]$ , то поставщик, соответствующий элементу  $y_i$  множества нейронов выходного слоя, *плохой*;

– если  $r_i \in [2; 2,5]$ , то поставщик, соответствующий элементу  $y_i$  множества нейронов выходного слоя, *средний*;

– если  $r_i \in [2,5; 3]$ , то поставщик, соответствующий элементу  $y_i$  множества нейронов выходного слоя, *хороший*.

Следовательно, после обучения нейросети каждому элементу множества СПР возможно сопоставить привлекательность поставщика продукции:

$y_1 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Rightarrow$  поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,5;

$y_2 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Rightarrow$  поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,5;

$y_3 = x_2 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Rightarrow$  поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,7;

$y_4 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Rightarrow$  поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,5;

$y_5 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Rightarrow$  поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,5;

$y_6 = x_1 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Rightarrow$  поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,7;

$y_7 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_9 \wedge x_{10} \Rightarrow$  поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,6;

$y_8 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{11} \Rightarrow$  поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,6;

$y_9 = x_1 \wedge x_4 \wedge x_8 \wedge x_{10} \Rightarrow$  поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,8;

$y_{10} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{12} \Rightarrow$  поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,6;

$y_{11} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{11} \Rightarrow$  поставщик хороший, с показателем привлекательности 2,8;

$y_{12} = x_1 \wedge x_4 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Rightarrow$  поставщик хороший, с показателем привлекательности 3,0;

$y_{13} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_7 \wedge x_{10} \Rightarrow$  поставщик средний, с показателем привлекательности 2,1;

...

$y_{77} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{12} \Rightarrow$  поставщик очень плохой, с показателем привлекательности 1,2;

$y_{78} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_8 \wedge x_{11} \Rightarrow$  поставщик очень плохой, с показателем привлекательности 1,4;

$y_{79} = x_3 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_{12} \Rightarrow$  поставщик очень плохой, с показателем привлекательности 1,4;

$y_{80} = x_3 \wedge x_5 \wedge x_9 \wedge x_{12} \Rightarrow$  поставщик очень плохой, с показателем привлекательности 1,3;

$y_{81} = x_2 \wedge x_6 \wedge x_9 \wedge x_{12} \Rightarrow$  поставщик очень плохой, с показателем привлекательности 1,3.

Добавив столбец значений рейтинга поставщика по элементам множества нейронов выходного слоя и столбец привлекательности поставщика продукции к матрице связей, получим базу знаний нейросети (таблица 2).

**Таблица 2 – База знаний нейросети**

|          | $x_{13}$ | $x_{22}$ | $x_{31}$ | $x_{43}$ | $x_{52}$ | $x_{61}$ | $x_{73}$ | $x_{82}$ | $x_{91}$ | $x_{103}$ | $x_{112}$ | $x_{121}$ | Рейтинг поставщика по элементам множества | Привлекательность поставщика (R) |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|---|----------------------------------|
| $y_1$    |          | 1        |          | 1        |          |          |          | 1        |          | 1         |           |           | 2,5                                       | Хороший                          |
| $y_2$    |          | 1        |          | 1        |          |          | 1        |          |          |           | 1         |           | 2,5                                       | Хороший                          |
| $y_3$    |          | 1        |          | 1        |          |          | 1        |          |          | 1         |           |           | 2,7                                       | Хороший                          |
| $y_4$    | 1        |          |          |          | 1        |          |          | 1        |          | 1         |           |           | 2,5                                       | Хороший                          |
| $y_5$    | 1        |          |          |          | 1        |          | 1        |          |          |           | 1         |           | 2,5                                       | Хороший                          |
| $y_6$    | 1        |          |          |          | 1        |          | 1        |          |          | 1         |           |           | 2,7                                       | Хороший                          |
| $y_7$    | 1        |          |          | 1        |          |          |          |          | 1        | 1         |           |           | 2,6                                       | Хороший                          |
| $y_8$    | 1        |          |          | 1        |          |          |          | 1        |          |           | 1         |           | 2,6                                       | Хороший                          |
| $y_9$    | 1        |          |          | 1        |          |          |          | 1        |          | 1         |           |           | 2,8                                       | Хороший                          |
| $y_{10}$ | 1        |          |          | 1        |          |          | 1        |          |          |           |           | 1         | 2,6                                       | Хороший                          |
| ...      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |   |                                  |
| $y_{77}$ |          |          | 1        |          |          | 1        |          | 1        |          |           |           | 1         | 1,2                                       | Очень плохой                     |
| $y_{78}$ |          |          | 1        |          |          | 1        |          | 1        |          |           | 1         |           | 1,4                                       | Очень плохой                     |
| $y_{79}$ |          |          | 1        |          |          | 1        | 1        |          |          |           |           | 1         | 1,4                                       | Очень плохой                     |
| $y_{80}$ |          |          | 1        |          | 1        |          |          |          | 1        |           |           | 1         | 1,3                                       | Очень плохой                     |
| $y_{81}$ |          | 1        |          |          |          | 1        |          |          | 1        |           |           | 1         | 1,3                                       | Очень плохой                     |

Нейроны выходного слоя нейросети взаимоднозначно отображают элементы множества нейронов выходного слоя. Функция активации нейронов выходного слоя определяется по формуле

$$V_i = V_{ki} \cdot 0,3 + V_{ci} \cdot 0,3 + 0,2 \cdot V_{ni} + 0,2 \cdot V_{pi}; \quad i = 1, \dots, 81,$$

где  $V_i$  – величина возбуждения  $i$ -го нейрона выходного слоя;  $V_{ki}$  – балльная оценка поставщика по показателю «Качество поставляемой продукции», определяется согласно матрице связи из базы данных;  $V_{ci}$  – балльная оценка поставщика по показателю «Цена поставляемой продукции», определяется согласно матрицы связи из базы данных;  $V_{ni}$  – балльная оценка поставщика по показателю «Условие поставок продукции», определяется согласно матрице связи из базы данных;  $V_{pi}$  – балльная оценка поставщика по показателю «Репутация поставщика», определяется согласно матрице связи из базы данных.

При этом, если  $V_i = r_i$ , то  $i$ -й нейрон активируется. На рисунке 2 показан активированный  $i$ -й нейрон выходного слоя.

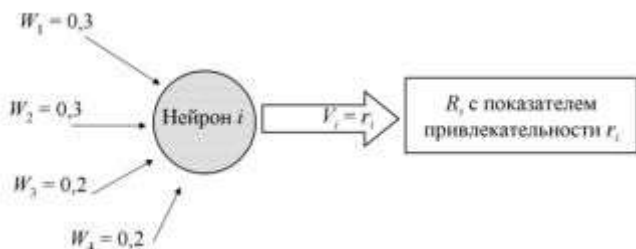


Рисунок 2 – Активный нейрон выходного слоя

Интерфейс нейронной сети включает экран рецепторов и экран выходного слоя. Экран рецепторов показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Экран рецепторов

Основную его часть составляет окно прокрутки, в котором можно просматривать кодовый номер поставщика и его реквизиты, которые считываются из конкурсных заявок или из других источников.

Экран выходного слоя представляет собой систему концентрических плоских фигур, отражающих распространение привлекательности поставщиков по убыванию (рисунок 4).

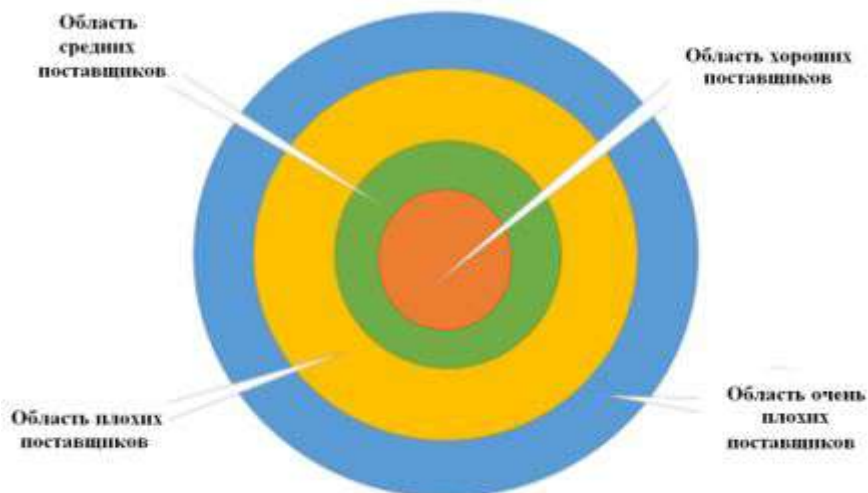


Рисунок 4 – Экран выходного слоя

Каждому элементу экрана жестко соответствует нейрон выходного слоя, что позволяет получать положения активированных нейронов с указанием показателя привлекательности и кодового номера поставщика.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Барский, А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений / А. Б. Барский. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 176 с.

2 Барский, А. Б. Логические нейронные сети в интеллектуальных системах управления : учеб. пособие / А. Б. Барский. – М. : МФТИ, 2021. – 200 с.

3 Барский, А. Б. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления : [монография] / А. Б. Барский. – М. : РУСАЙНС, 2023. – 186 с.

4 Вакуленко, С. П. Структурно-композиционный подход к управлению цепью поставок : [монография] / С. П. Вакуленко, Ю. В. Пересветов. – М. : ИНФРА-М, 2020. – 60 с.

5 Пересветов, Ю. В. Моделирование управленческих решений при организации процесса снабжения производства материально-техническими ресурсами : [монография] / Ю. В. Пересветов. – М. : РУСАЙНС, 2020. – 116 с.

*S. P. VAKULENKO, JU. V. PERESVETOV*

**LOGIC NEURAL NETWORK  
THE DECISIONS A TASK OF CHOICE SUPPLIERS PRODUCTION  
RAILWAY TRANSPORTATION**

The opportunity of use neural network for the decision a task of choice suppliers of production of railway transportation is considered which are characterized in the certain qualitative parameters accepting importance from a scale of not determined meanings.

Получено 10.11.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 51-7:656.2

*Т. А. ВЛАСЮК*

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

**ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ УРБАНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ  
И РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СООБЩЕНИЯ  
НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В XIX–XX вв.**

Исследуется исторический аспект формирования урбанизации на территории современной Республики Беларусь, неразрывно связанный с развитием железнодорожного сообщения и его влиянием на миграцию населения, основанную на межселенных трудовых связях, формированию которых способствовали транспортные коммуникации (главные дороги и губернский тракт). Именно наличие железных дорог и последующее формирование железнодорожной инфраструктуры явилось основным фактором урбанизации и получения городского статуса для многих местечек и небольших населенных пунктов.

Исследования урбанизационных процессов на территории Республики Беларусь показали, что железная дорога явилась осью урбанизации и создала благоприятные условия для развития городов и поселков [9]. Именно строительство железных дорог, которых к началу XX века насчитывалось четыре (Либаво-Роменская, Риго-Орловская, Московско-Брестская, Полеская) и промышленное производство способствовали интенсивному развитию экономики страны и, как следствие, увеличению численности городского населения.

Для развития промышленного производства необходимо перемещение значительного количества населения из сельской местности в города, кото-



рые находятся на некотором расстоянии друг от друга, что стало важнейшей предпосылкой для урбанизационных процессов на территории современной Беларуси. При этом во второй половине XIX – начале XX в. количество городского населения в белорусских губерниях увеличилось в 2,8 раза и составило в 1914 г. 974 тыс. человек, а удельный вес горожан в общей численности населения увеличился с 3,5 до 13,4 %.

Как уже отмечалось, строительство железных дорог в XIX веке способствовало развитию городов, среди которых наиболее крупными являлись Минск, Витебск и Гродно. К началу XX века Минск стал не только одним из важнейших промышленных центров страны, но и крупным железнодорожным узлом. В промышленности города было занято около 12 тыс. человек и около 2 тыс. рабочих трудились в железнодорожных мастерских Московско-Брестской и Либаво-Роменской железных дорог. В этот период к городам также были отнесены 31 уездный и 4 губернских центра.

Гомель также был относительно крупным промышленным центром, где значительное количество рабочих было сосредоточено в деревообрабатывающей и спичечной промышленности, а также в локомотивных и вагоноремонтных мастерских Либаво-Роменской и Полесской железных дорог. Следует отметить, что развитию г. Гомеля как железнодорожного узла, способствовало увеличение грузооборота его железнодорожной станции, который в 1901 году достиг 3 млн пудов различных грузов и где было перевезено более 460 тыс. пассажиров [1, 4].

На рисунке 1 приведена динамика изменения численности населения г. Гомеля.

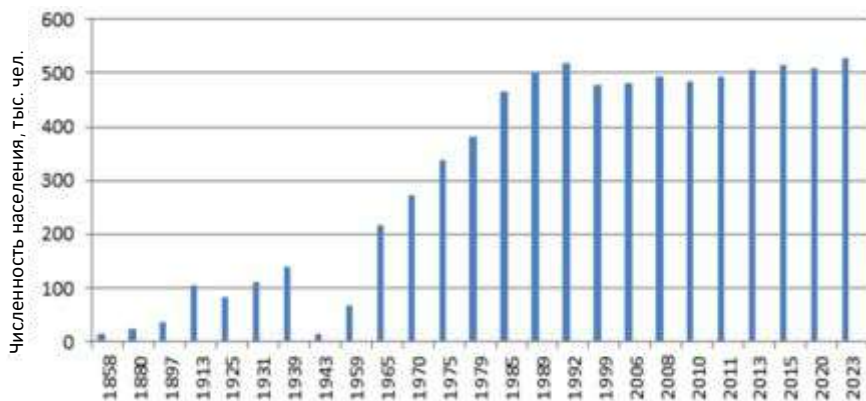


Рисунок 1 – Динамика изменения численности населения г. Гомеля по годам

Данная тенденция характерна и для таких городов страны, как Жлобин, Могилев, Витебск, Брест и др. Например, в г. Жлобине в 1913 г. грузооборот составил 5702 тыс. пудов, а количество проданных железнодорожных биле-

тов составило 80965 (соответствующие показатели по железнодорожной станции губернского Могилева: грузооборот 7125 тыс. пудов и 190538 пассажиров) [1, 4].

На рисунке 2 приведена динамика изменения численности населения г. Жлобина.

Следует отметить, что Жлобин, как и Гомель, в конце XIX века стал железнодорожной станцией Либаво-Роменской железной дороги, а с 1902 г. железнодорожным узлом, через который проходили железнодорожные линии Могилев – Витебск и Петербург – Одесса. Согласно аналитической записке [5] в середине XIX в. в Беларуси насчитывалась 42 города, а доля горожан составляла 10 % от всего населения белорусских губерний.

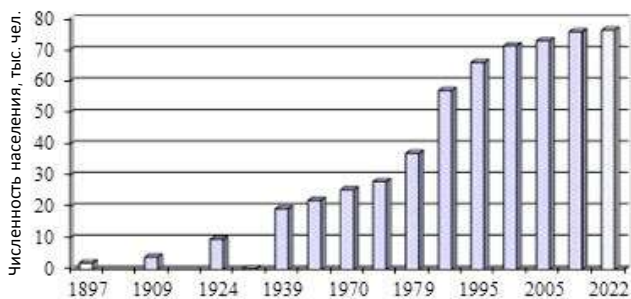


Рисунок 2 – Динамика изменения численности населения г. Жлобина

При этом общее количество горожан в течение второй половины XIX ст. выросло в 2,2 раза и составило в 1897 г. 655 тыс. человек. Однако города Беларуси были небольшими, и только Минск и Витебск в конце XIX в. имели численность до 100 тыс. человек, а семь городов – от 20 до 50 тыс. жителей [5].

На рисунке 3 приведена динамика изменения численности населения г. Витебска.

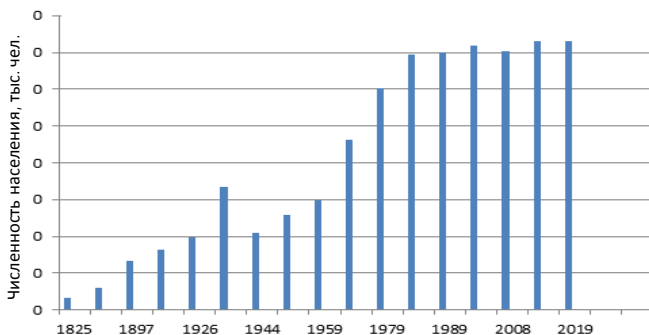





Рисунок 3 – Динамика изменения численности населения г. Витебска



В таблице 1 приведены темпы роста населения губернских и уездных городов Беларуси с 1861 по 1913 г. с учетом строительства железных дорог [8, 9].

Анализ таблицы 1 показал, что строительство железных дорог и последующее их развитие обеспечили транспортную доступность губернским и уездным городам, расположенным на территории современной Беларуси и, как следствие, повысили уровень урбанизации.

**Таблица 1 – Уровень урбанизации территорий Беларуси с 1861 по 1913 гг. с учетом строительства железной дороги**

| Железные дороги губернских губерний   | Уровень урбанизации, % | Уездный город | Численность населения, уездного города, тыс. чел. |            | Темп роста населения города, % |
|---|------------------------|---------------|---|------------|--------------------------------|
|   |                        |               | 1861 г.   | 1913 г.    |                                |
| <b>Гродненская</b><br> | 16                     | Гродно        | 20,241  | 63,0       | 311                            |
|   |                        | Слоним        | 8,242   | 15,99      | 194                            |
|   |                        | Брест-Литовск | 20,943  | 48,0       | 229                            |
|   |                        | Кобрин        | 6,860   | 8,78       | 128                            |
|   |                        | Пружаны       | 6,248   | 6,42       | 102                            |
|   |                        | Волковыск     | 2,150   | 10,41      | 177                            |
| <b>Витебская</b><br>   | 15                     | Витебск       | 30,664  | 67,52      | 371                            |
|   |                        | Городок       | 4,358   | 7,202      | 165                            |
|   |                        | Полоцк        | 14,892  | 19,73      | 132                            |
|   |                        | Лепель        | 3,904   | 6,596      | 168                            |
|   |                        | Сураж         | 3,800   | 6,700      | 176                            |
| <b>Виленская</b><br> | 10                     | Лида          | 4,087   | 15,02<br>5 | 367                            |
|   |                        | Дисна         | 4,802   | 6,756      | 140                            |
|   |                        | Ошмяны        | 3,133   | 7,214      | 230                            |
|   |                        | Вилейка       | 2,935   | 3,560      | 121                            |

Окончание таблицы 1

| Железные дороги губерний   | Уровень урбанизации, % | Уездный город | Численность населения, уездного города, тыс. чел. |         | Темп роста населения города, % |
|--|------------------------|---------------|---|---------|--------------------------------|
|  |                        |               | 1861 г.   | 1913 г. |                                |
| <p>Минская</p>      | 10                     | Минск         | 26,760  | 106,7   | 387                            |
|  |                        | Борисов       | 6,316   | 18,1    | 287                            |
|  |                        | Пинск         | 11,335  | 36,4    | 321                            |
|  |                        | Речица        | 4,368   | 13,0    | 289                            |
|  |                        | Мозырь        | 3,766   | 11,4    | 127                            |
|  |                        | Слуцк         | 7,094   | 14,3    | 202                            |
|  |                        | Новогрудок    | 6,379   | 9,2     | 144                            |
| Бобруйск   | 15,767                 | 37,4          | 237   |         |                                |
| <p>Могилевская</p>  | 5                      | Могилев       | 31,062  | 69,7    | 112                            |
|  |                        | Гомель        | 16,769  | 104,5   | 623                            |
|  |                        | Орша          | 5,329   | 4,78    | 277                            |
|  |                        | Рогачёв       | 2,904   | 13,96   | 480                            |
|  |                        | Сенно         | 2,223   | 4,33    | 194                            |
|  |                        | Чаусы         | 4,881   | 5,22    | 106                            |
| Быхов  | 5,828                  | 7,0           | 120   |         |                                |

Таким образом, с середины XIX в. происходит концентрация промышленности и населения вокруг городов, расположенных вдоль железных дорог, которые способствовали развитию агломераций и возникновению городов-спутников [1–4]. Их рост обеспечивался за счет притока населения из сельских населенных пунктов, которыми для Беларуси в середине XIX и начале XX в. являлись местечки и паветы. В первой половине XIX в. существовал 41 город и 290 местечек, а к середине XIX в. многие города при уменьшении населения переведены в разряд местечек (Туров, Клецк, Давид-Городок, Горки и др.). В конце XIX – начале XX в. насчитывалось более 300 городских поселений.

По результатам проведенных исследований могут быть выделены четыре стадии развития урбанизации, которые представлены в таблице 2 [9].

Приведенные уровни урбанизации страны мира проходят в разное время в зависимости от социально-экономического развития. Например, Великобритания, Нидерланды, Бельгия в начале XX в. являлись преимущественно урбанизированными странами (более 75 % горожан). Наиболее быстрыми

темпами увеличивалась доля горожан в среднеурбанизированных странах, таких как США, Германия, Франция, где горожане составляли около 50 %). При этом важно отметить, что качество жизни в этих городах всё более определяется пригородами, а пригороды иногда становятся по размерам больше самих городов [7, 8].

Таким образом, интенсивное развитие промышленности в Республике Беларусь в XX в., как и в других странах мира, привело к тому, что в стране начали формироваться крупные городские промышленные центры, такие как Минск, Гомель, Брест, Гродно, Витебск, Барановичи и другие, ставшие зоной тяготения сельских миграционных потоков.

**Таблица 2 – Стадии развития урбанизации в Республике Беларусь в середине XX – начале XXI в.**

| Временной период | Основные характеристики урбанизации   |   |  |
|------------------|---|---|--|
|                  | Стадии  | Особенность                                       | Основные причины стадийного перехода   |
| 1959–1970 гг.    | Интенсивная   | Депопуляция населения районных центров            | Структурные изменения в экономике и рост индустриального населения.<br>Деконцентрация промышленного производства, постатейная специализация мелких предприятий по территории.<br>Возможности телекоммуникаций по приближению городов-спутников к городу-центру |
| 1970–1989 гг.    | Сплошная (рост всех типов городских поселений)  | Появление регионов первого порядка                |  |
| 1989–1999 гг.    | Рост городских поселений (систем расселения национального, регионального и др. уровней) | Депопуляция населения                             |  |
| 1999–2023 гг.    | Рост городов регионов первого и второго порядков и Минска                               | Появление локополитов и регионов третьего порядка |  |

Как показали исследования, в этом процессе ключевое значение принадлежит внутренней миграции, которая позволила сформировать устойчивые пассажиропотоки внутриреспубликанского масштаба, что обеспечило отбор трудовых ресурсов особого социального качества, отличавшихся высокой мобильностью. Это было в основном молодое трудоспособное население из сельской местности, что впоследствии привело к депопуляции на селе и далее стало характерным для всей страны [2, 3].

В развитии городской системы расселения Республики Беларусь следует отметить переход г. Минска и областных центров к циклу агломерационного развития с активным вовлечением в инвестиционно-строительную дея-

тельность пригородных территорий и прилегающих городских поселений. Например, при формировании пригородной зоны Минска, помимо существующей Минской кольцевой автодороги, созданы два кольцевых элемента планировочного каркаса. Второе кольцо включает трассы стратегически значимых транспортных коридоров и связывает ряд населенных пунктов, замыкаясь на Национальном аэропорте. Третье, «зеленое», кольцо соединило между собой ряд рекреационных и особо охраняемых природных территорий и города-спутники Логойск, Смолевичи и другие населенные пункты (рисунок 4).



Рисунок 4 – Кольцевые элементы планировочного каркаса г. Минска

Следует отметить Восточный обход, который строится в г. Гомеле, обеспечит удобную связь с пригородными зонами города (рисунок 5) [6].

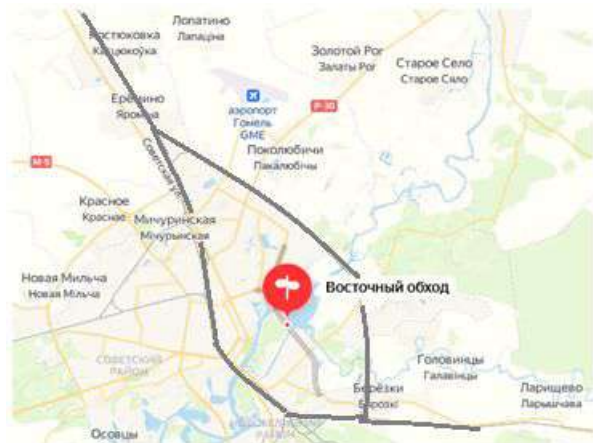


Рисунок 5 – Восточный обход г. Гомеля

Создание и развитие городов-спутников в радиусе 50–60 км от столицы и областных центров вызвано агломерационными процессами на территории страны, напрямую связанными с активной маятниковой миграцией между городами. Например, ежедневный оборот трудовых мигрантов в Минске достигает 60–70 тыс. человек с преобладанием направления движения «пригород – столица» (более 86 % миграционного оборота). В свою очередь, около 5 % трудовых ресурсов столицы ежедневно выезжают на работу в пригород, из них до 85 % работают на ближайших к столице территориях. Прилегающие к Минску зоны отличаются высокими темпами роста численности населения, наибольшей привлекательностью для осуществления жилищного строительства минчан, сюда же направлены основные потоки внешней миграции. Так, только в период с 2015 по 2022 год численность населения здесь увеличилась на 5 %, в то время как население самого Минска приросло лишь на 3 %.

Выполненный анализ позволил выделить следующие особенности урбанизации в Республике Беларусь:

- наличие иерархически соподчиненной системы центров расселения национального и регионального значения на базе больших и крупных городов с образованием агломераций, состоящих из города-центра и его спутников межрайонного (субрегионального) или местного значения;

- концентрация социально активного населения в больших и крупных городах и зонах их влияния, вдоль главных транспортных коридоров («урбанизационно-коммуникационного каркаса»), с одной стороны, и образование зон с низкой плотностью населения и с нарушенной демографической структурой – с другой (рисунок 6).



Рисунок 6 – Центры расселения на базе больших и крупных городов в Республике Беларусь с образованием агломераций

Таким образом, концентрация населения в больших городах свидетельствует о начале перехода от экстенсивного пути развития урбанизации к интенсивному, при котором качественные показатели становятся определяющими, так как они связаны, в первую очередь, с развитием городской среды и распространением городского образа жизни. Высокий уровень взаимодействия между городами-спутниками, входящими в городскую агломерацию, а также другими поселениями с городом-центром, позволяет сделать вывод о том, что агломерация характеризуется не только единством социального пространства, но и общностью территории. При этом, согласно исследованиям, основными критериями выделения агломераций сегодня, как и ранее, считается наличие города-ядра с численностью населения более 100 тыс. чел. и, что следует подчеркнуть, не более чем 1,5-часовая транспортная доступность до как минимум двух других городов или поселков городского типа, тяготеющих к ядру.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Бейлькин, Х.* Гомель в эпоху капитализма / Х. Бейлькин // Гомельскія ведамасці. – 1992. – 1 жніўня.

2 *Глик, Ф. Г.* Транспортное обслуживание пригородного населения в городе-центре / Ф. Г. Глик // Комплексные транспортные схемы городов. – Киев : Будівельник, 1975. – С. 46–51.

3 *Глик, Ф. Г.* Влияние внешних транспортных связей на формирование планировочной структуры малых городов / Ф. Г. Глик, Г. В. Мартишонко // Вопросы строительства и архитектуры : Респ. межвед. сб. – Минск : Выш. шк., 1978. – Вып. VIII. – С. 102–107.

4 *Жудро, Ф. А.* Город Гомель / Ф. А. Жудро, И. А. Сербов, Д. И. Довгяло // Записки Северо-Западного отдела императорского Русского Географического общества. – Вильна, 1911. – С. 67.

5 История Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://znzn.ru/istoriya-belarusi/stroitelstvo-zheleznikh-dorog-i-rost-gorodov-na-territorii-belarusi-v-vovto-roi-polovine-xix-v>. – Дата доступа : 12.10.2023.

6 Карта Гомеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://yandex.by/maps/155/gomel/geo/1931696171>. – Дата доступа : 12.10.2023.

7 *Власюк, Т. А.* Анализ влияния железнодорожного транспорта на процессы агломерирования городов в середине XX века в СНГ / Т. А. Власюк // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт, 2016. – № 2. – С. 87–92.

8 *Глазычев, В. Л.* Городская среда. Технология развития: настольная книга. / В. Л. Глазычев, М. М. Егоров, Т. В. Ильша. – М. : Ладыя, 1995. – С. 73.

9 *Власюк, Т. А.* Железнодорожный пассажирский транспорт в территориальной структуре городов-центров и их спутников в Республике Беларусь (ретропективный анализ и перспектива развития) : [монография] / Т. А. Власюк. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 230 с.



T. A. VLASIUK

## **ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN URBANIZATION PROCESSES AND DEVELOPMENT RAILWAY COMMUNICATION IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC BELARUS XIX-XX CENTURIES**

The historical aspect of the formation of urbanization in the territory of the modern Republic of Belarus is inextricably linked with the development of railway communication and its impact on population migration, based on inter-settlement labor relations, the formation of which was facilitated by transport communications (main roads and the provincial highway). It was the presence of railways and the subsequent formation of railway infrastructure that was the main factor in urbanization and obtaining urban status for many town.

Получено 21.10.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 51-7:656.2

*T. A. ВЛАСЮК, Л. А. ГОНЧАРОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,*

*ЦЗЭН СЯНЬФЭН*

*Гуанчжоуский профессионально-технический колледж железнодорожного транспорта, Китайская Народная Республика*

*vlasiuk.ta@gmail.com*

## **ПРИМЕНЕНИЕ КВАЛИМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ В РЕГИОНАЛЬНОМ СООБЩЕНИИ НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ТРАНСПОРТА**

Рассматриваются основные методы квалиметрии, которые позволяют переводить качественную оценку предоставляемого сервиса при перевозке пассажиров в количественные позиции по его различным характеристикам (функциональным, технологическим, стоимостным и др.).

Своевременное и качественное обслуживание пассажиров на различных видах транспорта в региональном сообщении является важнейшим направлением деятельности транспортных предприятий страны. Это связано с тем, что хорошо организованная система транспортного обслуживания способствует экономическому развитию регионов, а также своевременному и комфортному способу передвижения населения из города в его пригородные

зоны и обратно, и помимо этого, снижению транспортной усталости пассажиров. В настоящее время в сложившихся условиях конкуренции между различными видами транспорта, особенно между железнодорожным и автомобильным, качество предоставляемой ими транспортной услуги является одним из обязательных атрибутов рыночных отношений.

Достаточно расплывчатые и неопределенные качественные характеристики оценки уровня комфорта пассажиров становятся более точными при использовании квалиметрических методов. Квалиметрия как количественная оценка качества услуги включает горизонтальную и вертикальную составляющие и базируется на нескольких принципах (таблица 1).

Таблица 1 – Краткая характеристика основных принципов квалиметрии

| Принцип квалиметрии  | Краткая характеристика   |
|--|--|
| Свойство $i$ -го уровня качества продукции (услуги) определяется соответствующими свойствами $(i+1)$ -го уровня ( $i = 0, 1, 2, \dots, m$ )  | Отдельные свойства, составляющие иерархическую структуру качества, путем измерений или вычислений могут выражаться численными (абсолютными) характеристиками – $P_{ij}$ ( $j$ – число свойств, лежащих на $i$ -м уровне; $j = 0, 1, 2, \dots, n$ ) |
| Измерение отдельных свойств или качества в целом должно завершаться вычислением относительного показателя (оценки) качества $K$  | Качество продукции (услуги) оценивается с точки зрения предъявляемых к ним требований (т. е. с точки зрения определенных потребностей)   |
| Относительная оценка качества $K$ определяется в квалиметрии не индивидуальной потребностью какого-либо человека, а общественной потребностью, которая может быть представлена как средняя потребность большинства членов общества | Относительные оценки любого свойства $K_{ij}$ и качество в целом $K_0$ зависят от абсолютных показателей простых свойств $P_{ij}$  |
| Различные шкалы измерения абсолютных показателей свойств качества $P_{ij}$ обязательно должны быть трансформированы в одну общую шкалу   | На любом $i$ -м уровне показатели свойств (как абсолютные, так и относительные) имеют неодинаковую значимость (весомость) $M_{ij}$ с точки зрения оценок более высокого уровня, включая интегральную $K_0$   |
| Каждое свойство качества продукции определяется двумя числовыми параметрами: относительной оценкой $K$ и весомостью $M$  | Увеличение весомости одного свойства может происходить лишь за счет уменьшения каких-то других свойств этого же уровня   |
| Сумма весомостей свойств одного уровня есть величина постоянная  | Любое свойство качества (кроме простых свойств $m$ -го уровня) может быть разложено на некоторое число составляющих его менее общих свойств, находящихся на следующем по порядку уровне рассмотрения   |

Таким образом, изложенные принципы можно рассматривать как основу всех методов количественной оценки качества услуги или продукции. Следует отметить, что существует значительное число методов оценки качества, в числе которых специально созданные для решения именно квалиметрических задач, а также методы, адаптированные к задачам количественного оценивания качества (таблица 2).

Таблица 2 – Краткая характеристика основных методов квалиметрии

| Метод                                      | Краткая характеристика   | Форма проведения  | Формула расчета   |
|--|--|---|---|
| Метод экспертных оценок (экспертиза)       | Проведение требуемых измерений специалистами-экспертами при помощи специально выбранной шкалы, с последующей обработкой результатов соответствующими методами многомерного статистического анализа | Опрос   | $S_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_k} \alpha_{ij}}{m_{kj}},$ <p>где <math>m_{kj}</math> – количество экспертов, оценивающих <math>j</math>-й признак (<math>m_k \leq m</math>); <math>i</math> – номер эксперта; <math>i = 1, \dots, m</math>; <math>j</math> – номер признака, <math>j = 1, 2, \dots, n</math></p>   |
| Метод анкетирования (статистический метод) | Заполнение анкеты респондентами, для выявления мнения множества людей об изучаемом объекте   | Анкета  | $n_i = \frac{Z^2 p \theta}{e^2},$ <p>где <math>n</math> – объем выборки; <math>Z</math> – нормированное отклонение, определяемое исходя из выбранного уровня доверительной вероятности; <math>p</math> – найденная вариация для выборки; <math>\theta</math> – вероятность отсутствия исследуемого признака; <math>e</math> – допустимая ошибка</p> |
| Дифференциальный метод оценки качества     | Сопоставление единичных показателей объектов с соответствующими базовыми показателями  | Оценка результатов по таблице коэффициентов Харрингтона | $D_i = \frac{P_i}{P_{ia}}, \quad (i = 1, \dots, n),$ <p>где <math>D_i</math> – относительный показатель качества; <math>P_i</math> – значение <math>i</math>-го показателя оцениваемого изделия; <math>P_{ia}</math> – значение <math>i</math>-го показателя базового изделия (аналога); <math>n</math> – количество относительных показателей</p>  |

Окончание таблицы 2

| Метод   | Краткая характеристика  | Форма проведения  | Формула расчета  |
|---|---|---|--|
| Смешанный метод оценки качества                       | Оценка технического уровня и качества сложной и особенно многофункциональной, технической продукции   | Групповой (комплексный) показатель  | $K_y = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}, \quad (i=1, \dots, n),$ <p>где <math>K_y</math> – обобщающий показатель качества; <math>D_i</math> – относительный показатель качества; <math>n</math> – количество относительных показателей</p>   |
| Метод интегральной оценки уровня качества             | Учет функциональных и эксплуатационных характеристик  | Интегральный, обобщенный или комплексный показатель   | $И = \frac{ПЭ_T}{\sum_{t=0}^T (З_{ct} + З_{zt})} K_t,$ <p>где <math>ПЭ_T</math> – суммарный полезный эффект за расчетный период (срок использования); <math>З_{ct}</math> – затраты на создание технического устройства (разработку услуги) в <math>t</math>-м году; <math>З_{zt}</math> – затраты на эксплуатацию технического устройства (техническое обслуживание, ремонт и др.) в <math>t</math>-м году; <math>K_t</math> – коэффициент приведения разновременных затрат к одному году; <math>T</math> – расчетный период (полезный или нормативный срок службы)</p> |
| Оценка уровня качества по экономической эффективности | Определение требований и формирование качественных изменений в деятельности предприятия для эффективного хозяйствования с учетом объективных факторов внешней среды, в которой ему приходится функционировать | Определение разности между результатом экономической деятельности в виде дохода и суммарными затратами на его получение | $K_y = \frac{K_y \cdot Z_a}{K_{ya} \cdot Z},$ <p>где <math>K_y</math> и <math>K_{ya}</math> – соответственно обобщающие показатели качества оцениваемого изделия и базового образца; <math>Z</math> и <math>Z_a</math> – суммарные затраты потребителя на приобретение и эксплуатацию оцениваемого изделия и базового образца</p>  |

Как правило, экспертное оценивание (экспертиза) проводится в виде опроса или анкетирования группой экспертов, являющихся специалистами в рассматриваемой сфере деятельности. Поэтому подбор экспертов – важнейший этап данной работы, при выполнении которой требуются специалисты с высоким уровнем профессиональной подготовки, способные к критическому анализу полученных результатов.

Абсолютная эффективность деятельности эксперта определяется отношением количества случаев, верно им предсказанных, к общему числу экспертиз, проведенных данным специалистом. Например, если эксперт участвовал в 10 экспертизах и 6 раз его точка зрения подтвердилась, то эффективность деятельности такого эксперта равна 0,6. При экспертном методе оценку уровня качества или показателя того или иного свойства услуги определяют в безразмерных единицах. Обычно используется один из следующих методов экспертного оценивания качества:

- метод предпочтения;
- метод ранга;
- метод попарного сопоставления;
- метод последовательных сопоставлений;
- метод балльной оценки.

Таким образом, современная экспертиза – это система организационных, логических и математико-статистических процедур, направленных на получение от специалистов информации и ее анализ с целью выработки оптимальных решений.

Метод анкетирования, или статистический метод, основан на заполнении анкет с последующей их обработкой. Анкета представляет собой опросный лист, в который вносятся ответы респондента на поставленные вопросы в краткой форме, понятной респонденту, и должна иметь точное представление о цели исследования. Анкета состоит из двух структурных частей: демографической, характеризующей личность респондента, и основной, решающей основные задачи исследования.

Следует отметить, что характер вопросов определяет вид анкетирования (таблица 3).

*Таблица 3 – Виды анкетирования*

| Вид анкетирования | Краткая характеристика  |
|-------------------|---|
| Прямой            | Прямые ответы респондента об объекте исследований   |
| Косвенный         | Выбор ответов респондентом  |
| Безусловный       | Прямые ответы без каких-либо условий  |
| Условный          | Ответы респондента с соблюдением определенных условий   |
| Очный             | Заполнение анкеты респондентом в присутствии интервьюера (предоставляется возможность консультации по вопросам заполнения анкеты, выяснения мнения других респондентов и т. д.) |

Окончание таблицы 3

| Вид анкетирования | Краткая характеристика  |
|-------------------|---|
| Заочный           | Заполнение анкеты по усмотрению респондента с последующей отправкой анкеты по почте |
| Индивидуальный    | Заполнение анкеты одним лицом   |
| Групповой         | Заполнение анкеты группой лиц   |
| Персональный      | Заполнение анкеты с предоставлением паспортных данных респондента                   |
| Анонимный         | Проведение анкетирования без записи паспортных данных                               |
| Открытый          | Ответы на любые вопросы без ограничений   |
| Закрытый          | Составление вопросов с возможными ответами  |

При использовании экспертных методов рассчитываются коэффициенты весомости значений единичных показателей качества (таблица 4).

Таблица 4 – Расчет коэффициентов весомости значений единичных показателей

| Формула расчета  | Особенности применения  |
|--|---|
| По среднему арифметическому<br>$Q = \sum_{i=1}^l q_i p_i$                              | Единичные показатели однородны, а разброс между слагаемыми незначителен |
| По среднему гармоническому<br>$Q = \frac{1}{\sum_{i=1}^l \frac{q_i}{p_i}}$             | Разброс между слагаемыми несколько более значителен                     |
| По среднему квадратическому<br>$Q = \sqrt{\sum_{i=1}^l q_i^2 p_i^2}$                   | Значительный разброс между слагаемыми                                   |
| По среднему геометрическому<br>$Q = \sqrt[l]{\prod_{i=1}^l p_i^{q_i}}$                 | Неоднородные показатели качества, имеющие значительный разброс          |
| Примечание – $q_i$ – весовые коэффициенты (0,0–1,0); $p_i$ – относительный показатель. |   |

При оценке уровня качества экспертный метод используется для решения других задач, например, выбора номенклатуры свойств и т. п. Результатом экспертного метода всегда должны быть количественные оценки, обычно выражаемые в баллах. Эти результаты всегда зависят от квалификации экспертов так же, как точность измерительного метода зависит от точности используемых средств измерений.

Дифференциальный метод оценки качества устройств или услуги основан на использовании специальной таблицы безразмерных коэффициентов  $K_{ij}$ , предложенной Харрингтоном (таблица 5).

Таблица 5 – Таблица коэффициентов Харрингтона

|  |   |
|--|---|
| Градация значений относительных оценок (коэффициентов $K_{ij}$ ) | Качественная оценка значений коэффициентов $K_{ij}$ |
| 1,00   | Максимальный  |
| 1,00–0,80  | Превосходный  |
| 0,80–0,63  | Хороший   |
| 0,63–0,40  | Недостаточно хороший, но приемлемый                 |
| 0,40–0,30  | Граничная зона                                      |
| 0,30–0,00  | Неприемлемый  |
| 0,00   | Полностью неприемлемый                              |

В методике Харрингтона математическая зависимость оценки от показателя свойства определяется экспоненциальной функцией.

На основе выполненного анализа сопоставим основные методы квалиметрии с целью их последующего использования при оценке качества обслуживания пригородных пассажиров (таблица 6).

Таблица 6 – Сравнительная характеристика основных методов квалиметрии

| Метод квалиметрии                    | Особенности   | Преимущества   | Недостатки   |
|--------------------------------------|---|--|--|
| Метод экспертных оценок (экспертиза) | Необходимость научно обоснованной организации проведения всех этапов экспертизы, обеспечивающей наибольшую эффективность работы на каждом из этапов | Синтез опыта и интуиции для получения нового знания          | Достоверность и надежность результатов исследования зависят от компетентности и объективности привлекаемого эксперта |
|                                      |   | Возможность получения количественной оценки                  | Субъективность метода  |
|                                      |   | Качественная природа статистических сведений или показателей | Трудоемкость процедуры сбора структурированной и многофакторной информации   |
|                                      |   | Быстрота получения результатов                               | Потребность в профильных и высококвалифицированных специалистах для проведения системного опроса                     |

Окончание таблицы 6

| Метод квалиметрии                                     | Особенности  | Преимущества  | Недостатки   |
|---|--|---|--|
| Метод анкетирования (статистический метод)            | Формализация метода сбора социальной информации  | Оперативный анализ состояния и тенденции изменения общественного сознания больших групп людей | Зависимость качества получаемой информации от восприятия текста анкетой респондентом, а также от аккуратности и внимательности респондента при заполнении анкеты |
|   | Фиксирование явления в процессе его развития и проверка полученных концептуальных построений   |   |  |
| Дифференциальный метод оценки качества                | Оценка качества производится на основе нескольких наиболее значимых свойств объекта, условно рассматриваемых как равнозначные                        | Универсальность применения, простота расчетов   | Точность оценки качества зависит от величины изменения влияющих факторов   |
| Метод интегральной оценки уровня качества             | Обобщенный показатель качества переходного процесса, при этом качество системы оценивается с помощью числа, являющегося интегралом некоторой функции | Интегральная квадратичная оценка пригодна для любых переходных процессов                      | Величина интеграла представляет число, которое ничего не характеризует в переходном процессе, а только конкретные показатели качества                            |
| Оценка уровня качества по экономической эффективности | Наиболее полный экономический показатель, позволяющий в максимальной степени всесторонне характеризовать рассматриваемый проект                      | Расчет по данным бухгалтерской отчетности   | Метод «игнорирует» денежные поступления после истечения срока окупаемости проекта  |
|   |  | Оценка прибыльности проекта   | Проекты с равными сроками окупаемости, но различной временной структурой доходов признаются равноценными   |



Анализ основных методов квалиметрии показал, что каждый из них может быть применен для оценки качества транспортного обслуживания пассажиров в региональном сообщении.

Выполним оценку качества перевозки пассажиров в региональном сообщении на различных видах транспорта на основе квалиметрических методов исходя из анализа структуры пассажирооборота по видам транспорта в Республике Беларусь (рисунок 1).



Рисунок 1 – Структура пассажирооборота по видам транспорта в 2020 году (в процентах к итогу)

Наибольший удельный вес в общем объеме перевозок пассажиров приходился на автобусный (57,7 %) и троллейбусный (20,7 %) транспорт, доля воздушного, внутреннего водного и таксомоторного транспорта в общем объеме перевозок пассажиров, как и в предыдущие годы, оставалась незначительной. В общем объеме пассажирооборота наибольший удельный вес приходился на автобусный (39,6 %) и железнодорожный (33,8 %) транспорт. На начало 2020 года в республике более 9 тыс. автобусов общего пользования осуществляли перевозки на 5175 автобусных маршрутах, протяженность которых составила 249,5 тыс. км. Кроме того, перевозки пассажиров в регулярном сообщении осуществляли более 850 автобусов индивидуальных предпринимателей.

Значительное место в структуре перевозок пассажиров занимает городской электрический транспорт. На начало 2020 года в республике насчитывалось около 2000 троллейбусов, 300 трамваев и более 340 вагонов метрополитена. Протяженность троллейбусных линий в однопутном исчислении составила 1519,3 км, трамвайных путей – 157,5 км.

Трамваями в 2020 году перевезено более 85 млн человек, троллейбусами – более 508 млн человек, метрополитеном – более 400 млн человек.

В 2020 году в общем объеме перевозок пассажиров железнодорожным транспортом доля перевозок пассажиров в региональном сообщении (ре-

гиональные линии) экономкласса составила более 80 %; в региональном сообщении (региональные линии) бизнес-класса, межрегиональном сообщении (межрегиональные линии) экономкласса и бизнес-класса – более 15 %; в международном сообщении – более 7 %; в городском сообщении (городские линии) – 2 %.

Норма наполнения подвижного состава 4–5 чел./м<sup>3</sup> пола салона транспортной единицы обычно не выдерживается. В часы пик на 1 м<sup>3</sup> свободной площади пола приходится 8–10 чел. Это вызывает повышенную транспортную усталость и ведет к снижению производительности труда пассажиров.

Ограничение провозной возможности подвижной единицы приводит в отдельные часы суток и на отдельных направлениях либо к переполнению салонов транспортных единиц, либо к его перегрузке. Переполнение ухудшает качество поездок пассажиров, а недогрузка понижает эффективность использования подвижного состава. Возникает проблема соизмерения качества обслуживания пассажиров и эффективности использования подвижного состава (таблица 7).

**Таблица 7 – Приоритет качественных показателей, предъявляемых к пассажирскому транспорту**

| Показатель               | Пассажирский транспорт общего пользования | Поездки на работу и учебу | Поездки по служебным и производственным делам и за покупками | Туристические и экскурсионные поездки |
|--------------------------|---|---------------------------|--|---------------------------------------|
| Своевременность прибытия | 1   | 1                         | 3  | 2                                     |
| Регулярность маршрутов   | 3   | 4                         | 2  | 4                                     |
| Скорость движения        | 4   | 3                         | 6  | 6                                     |
| Безопасность процессов   | 5   | 6                         | 4  | 3                                     |
| Транспортная доступность | 6   | 5                         | 5  | 7                                     |
| Комфорт поездки          | 8   | 8                         | 8  | 8                                     |

При функционировании пассажирского транспорта независимо от цели поездки выше всего оценивается точность и своевременность прибытия, а ниже всего – стоимость проезда. Все прочие требуемые свойства располагаются по-разному с точки зрения предпочтительности в зависимости от цели поездки.

Мониторинг рассматриваемого пассажиропотока выполнен анкетным и табличными методами. Тип выборки определялся «гнездовым» методом

(отбор в качестве единиц анализа не отдельных людей, а групп (работников и студентов университета). Анкетирование (письменный опрос) заключалось в самостоятельном заполнении анкет, распространяемых анкетерами (представителями групп). Для проведения анкетирования была разработана анкета с вопросами, касающимися маршрута следования и вида транспорта.

В Беларуси в региональном сообщении на различных видах транспорта (железнодорожном и автомобильном) ежемесячно перевозится до 2 млн пассажиров. Однако, несмотря на значительный массовый пассажиропоток, региональные перевозки являются убыточными для транспортных предприятий. При этом принимаемые меры по ликвидации их убыточности сводятся в основном к устранению безбилетного проезда, субсидированию из местных бюджетов областей пригородных перевозок и увеличению стоимости проезда пассажиров без изменения в целом качества перевозок. Эти меры не дают в настоящее время должного эффекта. Более перспективным направлением в повышении рентабельности региональных перевозок является комплексное улучшение условий проезда и качества обслуживания пассажиров [3, 4, 11].

Мировая статистика показывает, что доля услуг за прошедшие 25 лет увеличилась в валовом национальном продукте развитых стран с 54 до 65 %, развивающихся стран – с 40 до 50 %. Сервисное обслуживание в этих странах очень широко распространено и часто превращается в самостоятельную отрасль экономики, принося в казну государства до 30 % от общего объема прибыли. В некоторых отраслях прибыль от сервисного обслуживания достигает 50 %, при этом задействовано до 25 % от основного персонала, обеспечивающего перевозки, что является хорошей базой для обеспечения активной роли молодежи в сфере услуг, а также увеличения доходов и повышения уровня жизни населения.

Однако сегодня, как показывает анализ опросов, значительная часть пассажиров не удовлетворена условиями проезда в региональном сообщении по скорости, расписанию поездов, сервису и комфорту. Причем за удовлетворение своих потребностей в комфорте транспортного обслуживания более 30 % пассажиров готовы платить выше на 20–30 % существующей цены билета на проезд в региональном сообщении. В этом направлении железнодорожный, как и автомобильный транспорт, сегодня работает недостаточно [2, 6, 12].

Качественное обслуживание в региональном пассажирском сообщении на различных видах транспорта респондентами представлено 12 вариантами ответов (таблица 8).

Таблица 8 – **Определение качественного обслуживания в региональном сообщении на различных видах транспорта**

| Качественный признак                   | Характеристика  | Степень удовлетворенности спроса, % |                         |
|--|---|-------------------------------------|-------------------------|
|  |   | Железнодорожный транспорт           | Автомобильный транспорт |
| Комфорт поездки                        | Скорость и продолжительность проезда  | 34                                  | 46                      |
|  | Удобство конструкции сидений в вагоне (салоне)                              | 42                                  | 52                      |
|  | Наличие свободных мест и отсутствие переполнения вагона (салона) в часы пик | 28                                  | 33                      |
|  | Санитарно-гигиенические требования  | 36                                  | 31                      |
|  | Возможность питания   | 23                                  | 68                      |
|  | Благоприятный температурный режим   | 37                                  | 45                      |
|  | Музыкальное сопровождение поездки и наличие видеосалона                     | 13                                  | 27                      |
|  | Наличие информации о передвижении по маршруту следования                    | 73                                  | 82                      |
| Организация транспортного обслуживания | Безопасность доставки пассажиров до места назначения                        | 94                                  | 74                      |
|  | Минимальное расстояние (время) подхода к остановочному пункту               | 68                                  | 77                      |
|  | Сервисное обслуживание  | 26                                  | 34                      |
|  | Приемлемое расписание движения пригородных поездов                          | 58                                  | 52                      |
|  | Минимальная стоимость проезда   | 64                                  | 55                      |

Проведенный анализ, показал, что качество транспортного обслуживания по оценке респондентов, включающего в себя комфорт и организацию перевозочного процесса, в основном не соответствует ожиданиям потребителя. Обозначенные показатели являются сегодня достаточно востребованными в региональном сообщении на различных видах транспорта и приобретают для его коммерческого успеха всё большее значение, так как, предоставляя основную услугу – «перевозку» – и развивая для пассажиров сектор услуг до начала поездки, в процессе ее осуществления и по прибытии поезда или автобуса, транспортное предприятие имеет возможность по-

вышать потребительскую ценность своего «продукта», привлекать на транспорт новых пассажиров и тем самым конкурировать с другими видами транспорта. При этом следует учесть, что неудовлетворительное качество предоставляемых услуг – основная причина обращения пассажиров к автомобильному или железнодорожному транспорту, на котором стоимость проезда иногда в 2 и более раза выше, чем на железнодорожном, или наоборот. Однако автомобильный транспорт оперативно реагирует на изменение спроса населения на услугу, особенно в предпраздничные и праздничные дни, когда увеличивается пассажиропоток и железнодорожный транспорт не справляется с его вывозом по требуемым направлениям.

Выявление величин, целей поездок, маршрутов следования, потребностей в услугах и их качество должно проводиться регулярными опросами и анкетированием на каждом направлении курсирования пригородных поездов или автобусов. При этом необходимо учитывать структуру регионального пассажиропотока, которую сегодня составляют не только рабочие, интеллигенция, служащие, студенты, учащиеся, но и пенсионеры, доля которых в выходные и праздничные дни на региональных направлениях садово-дачных кооперативов составляет около 70 % от всего пассажиропотока, а частота совершения ими поездок в течение рабочих дней незначительна. Основным побудительным фактором поездки для всех пассажиров является удобное время отправления и прибытия пригородных поездов или автобусов на начальноконечные пункты с минимальным временем нахождения в пути следования при достаточном числе предлагаемых мест, регулярности и безопасности движения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Горбашко, Е. А. Управление качеством: учеб. для бакалавров / Е. А. Горбашко. – М. : Юрайт, 2012. – 463 с.
- 2 Салимова, Т. А. Управление качеством / Т. А. Салимова. – М. : Омега-Л, 2012. – 416 с.
- 3 Квалиметрия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [www.rusmagistr.ru/page\\_0006/page\\_0056.htm](http://www.rusmagistr.ru/page_0006/page_0056.htm). – Дата доступа : 16.10.2023.
- 4 Абрамов, А. П. Маркетинг на транспорте / А. П. Абрамов, В. Г. Галабурда, Е. А. Иванова. – М. : Желдориздат. – 2001. – 329 с.
- 5 Власюк, Т. А. Моделирование взаимодействия железнодорожного и автомобильного транспорта по обслуживанию пассажиропотоков в крупных городах / Т. А. Власюк // Железнодорожный транспорт. – 2013. – № 7. – С. 54–60.
- 6 Власюк, Т. А. Квалиметрический подход к оценке качества пригородного сообщения на железнодорожном транспорте / Т. А. Власюк // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2013. – № 2. – С. 79–82.
- 7 Власюк, Т. А. Концептуальное моделирование пассажирских транспортных систем / Т. А. Власюк // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2014. – № 1. – С. 64–67.
- 8 Галабурда, В. Г. Методология корпоративного управления качеством транспортного обслуживания пользователей на железнодорожном транспорте / В. Г. Галабурда // Железнодорожный транспорт. – 2004. – № 2. – С. 1–22.

9 Организация железнодорожных пассажирских перевозок / А. А. Авдовский [и др.] ; под ред. В. А. Кудрявцева. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2008. – 256 с.

10 *Иловайский, Н. Д.* Сервис на транспорте (железнодорожном) : учеб. для студентов вузов ж.-д. трансп. / Н. Д. Иловайский, А. Н. Киселев. – М. : Маршрут, 2003. – 585 с.

11 *Киселев, А. Н.* Интермодальные системы в пригородных пассажирских перевозках / А. Н. Киселев, Е. В. Копылова // Железнодорожный транспорт. – 2003. – № 10. – С. 65–67.

12 *Каликина, Т. Н.* Пассажирские перевозки на ж.-д. транспорте : курс лекций / Т. Н. Каликина. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2007. – 136 с.

13 *Серин, С. А.* Управление качеством транспортной продукции : учеб. пособие / С. А. Серин. – М. : РГОТУПС, 2007. – 80 с.

*T. A. VLASIUK, L. A. GONCHAROVA, ZEN XIANFEN*

### **APPLICATION OF QUALIMETRIC METHODS FOR ASSESSING THE QUALITY OF PASSENGER TRANSPORTATION IN REGIONAL SERVICES ON DIFFERENT TYPES OF TRANSPORT**

The basic qualimetric methods are considered which allow to translate a qualitative estimation of given service by transportation of passengers in quantitative positions under his various characteristics (functional, technological, cost etc.).

Получено: 16.10.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 656.225:004.942

*М. Г. ГЕГЕДЕШ, С. А. ПЕТРАЧКОВ, Е. Н. ПОТЫЛКИН*

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

### **ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КРЕПЛЕНИЯ ГРУЗОВ НА ИХ ДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ**

Рассмотрены вопросы влияния деформируемости элементов крепления грузов на их поведение в процессе перевозки железнодорожным транспортом. Определены общие принципиальные особенности деформации растяжек в процессе транспортировки груза. Результаты исследования могут быть использованы при разработке схем размещения и крепления грузов в вагонах.

Наиболее часто используемыми средствами крепления груза в продольном и поперечном направлениях являются деревянные бруски и металлическая проволока. Исследовано растяжение проволочных растяжек, используемых

для закрепления тяговых генераторов ТД-802, размещенных на универсальной платформе. Схема размещения и крепления указанного груза массой 5,1 т в вагоне представлена на рисунке 1, где приведены следующие обозначения: 1 – растяжка из проволоки; 2 – гвозди К6×150 мм; 3 – деревянный брусок сечением 100×100 мм; 4 – деревянный брусок сечением 100×100 мм.

Предъявленное к перевозке оборудование в количестве двух штук соответствует требованиям [1, глава 5]: масса каждого грузового места не превышает 25 т; коэффициент трения не менее 0,4 (дерево по металлу); груз не препятствует закрыванию боковых и торцевых бортов; груз размещается на четырехосной платформе в пределах основного габарита погрузки.

Расчет коэффициентов запаса устойчивости груза от опрокидывания выполняется по формулам 30 и 31 [1, глава 1].

$$a_{np} = 1,2 - \frac{11(1,2 - 0,97)}{72} = 1,165 \text{ тс/т.}$$

$$l_{про} = 1300 \text{ мм; } h_{стр} = 965 \text{ мм; } b_{по} = 590 \text{ мм; } h_{yn} = 150 \text{ мм;}$$

$$h_{ппп} = 965 \text{ мм; } l_{гр2} = 3158 \text{ мм;}$$

$$W_{п2} = 50 \cdot 2,62 \cdot 1,7 = 222,7 \text{ кгс;}$$

$$\eta_{np} = \frac{1,3}{1,165(0,965 - 0,15)} = 1,37 > 1,25;$$

$$a_{п2} = a_c + \frac{2(a_{ш} - a_c)}{l_b} l_{гр2} = 330 + \frac{2(550 - 330)}{9720} \cdot 3158 = 473 \text{ кгс/т;}$$

$$\eta_{п2} = \frac{Q_{гр} b_{по}}{F_{п}(h_{стр} - h_{yn}) + W_{п}(h_{стр} - h_{yn})} = \frac{5,5 \cdot 590}{5,5 \cdot 473(965 - 100) + 223(965 - 100)} = 1,33 > 1,25.$$

Генераторы ТД-802 в продольном и поперечном направлениях от опрокидывания крепятся растяжками совместно с их креплениями от продольных поступательных перемещений. Усилия в растяжках от опрокидывания в соответствии с формулами 32, 32а [1, глава 1, формулы (32), (32а)]:

– в продольном направлении –

$$R_{про} = \frac{1,25 F_{np}(h_{стр} - h_{yn}) - Q_{гр} l_{про}}{n_{рп}(l_{рп} \sin \alpha + h_p \cos \alpha \cos \beta_{рп})}; \quad (1)$$

– в поперечном направлении –

$$R_{п}^o = \frac{1,25(F_{п}(h_{стр} - h_{yn}) + W_{п}(h_{ппп} - h_{yn})) - Q_{гр} b_{по}}{n_{рп}(b_{рп} \sin \alpha + h_p \cos \alpha \cos \beta_{рп})}, \quad (2)$$

$$l_{рп} = 1900 \text{ мм; } h_p = 1360 \text{ мм; } \alpha = 33^\circ; \beta_{рп} = 40^\circ;$$

$$R_{про} = \frac{1,25 \cdot 5,1 \cdot 1,167(1,19 - 0,1) - 5,1 \cdot 1,11}{2(1,9 \sin 33 + 1,36 \cos 33 \cdot \cos 40)} = 1,74 \text{ тс;}$$

$$b_{рп} = 910 \text{ мм; } \alpha = 33^\circ; \beta_{рп} = 50^\circ;$$

$$R_{по} = \frac{1,25(5,1 \cdot 0,477(1,19 - 0,1) + 0,215(1,19 - 0,1)) - 5,1 \cdot 0,58}{2(0,91 \sin 33 + 1,36 \cos 33 \cdot \cos 50)} = 1,20 \text{ тс.}$$

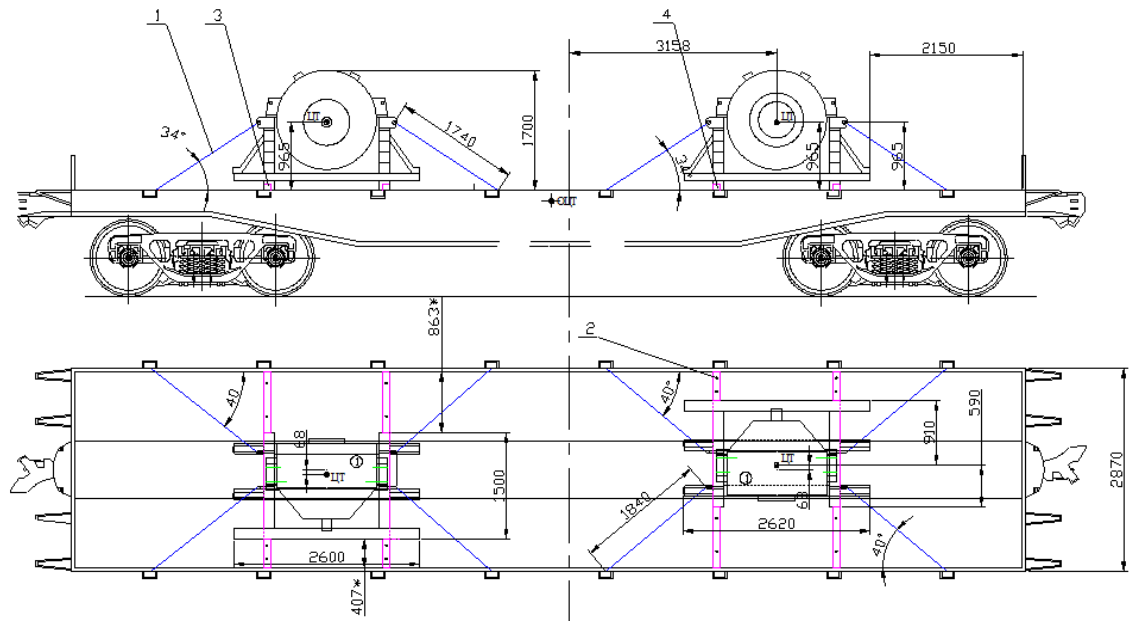


Рисунок 1 – Схема размещения и крепления двух тяговых генераторов ТД-802 на универсальной платформе с базой 9720 мм



Приняты растяжки из проволоки 6 мм в 6 нитей. В продольном и поперечном направлениях грузы устойчивы. Смещение общего центра тяжести груза в продольном и поперечном направлениях равно 0 мм.

Высота центра тяжести грузов над полом вагона  $h_{\text{онт}} = 0,965$  м.

Высота ОЦТ вагона с грузом определяется по формуле

$$H_{\text{онт}} = \frac{Q_{\text{гро}}h_{\text{цт}} + Q_{\text{в}}h_{\text{в}}}{Q_{\text{гро}} + Q_{\text{в}}} = \frac{11(0,965 + 1,3) + 22 \cdot 0,8}{11 + 22} = 1,288 \text{ м.}$$

Расчет площади наветренной поверхности вагона с грузом:

$$S = 13 + 2 \cdot 2,62 \cdot 1,7 = 21,91 \text{ м}^2.$$

Каждый генератор ТД-802 (5,1 т) от поперечного смещения в соответствии с [1, глава 5, таблица 8] должен удерживаться двумя брусками сечением  $100 \times 100$  мм с каждой стороны, прибитыми шестью гвоздями диаметром 6 мм каждый.

В процессе транспортировки представленного груза возможна деформация (растяжение) проволочных растяжек (рисунок 1, поз. 1), которая повлечет смещение груза в продольном направлении. Указанное смещение генератора будет сопровождаться изменением угла наклона растяжек к плоскости вагона как в продольном, так и в поперечном направлении.

Уточненный расчет нагрузок на проволочные растяжки, который осуществляется при закреплении единичного груза растяжками одинакового диаметра с различным количеством нитей ( $n_{ni}$ ), различных длин ( $l_i$ ) и расположенных под разными углами ( $\alpha_i, \beta_i$ ), усилие  $R_i$  в рассматриваемой  $i$ -й растяжке определяется по формулам:

– от продольной инерционной силы –

$$R_{piпp} = Z^{пp}(n_{ni} / l_i) \cos \alpha_i \cos \beta_{pi}), \quad (3)$$

где  $Z^{пp} = \frac{\Delta F_{пp}}{\sum((n_{ni} / l_i)(\mu_{ck} \sin \alpha_i + \cos \alpha_i \cos \beta_{pi}) \cos \alpha_i \cos \beta_{pi})}$

– от поперечной инерционной силы –

$$R_{piпn} = Z^{пn}(n_{ni} / l_i) \cos \alpha_i \cos \beta_{ni}), \quad (4)$$

где

$$Z^{пn} = \frac{\Delta F_{пn}}{\sum((n_{ni} / l_i)(\mu_{ck} \sin \alpha_i + \cos \alpha_i \cos \beta_{ni}) \cos \alpha_i \cos \beta_{ni})}$$

На основании выполненных расчетов получены зависимости, отражающие динамику параметров проволочной растяжки, представленные на рисунках 2, 3.

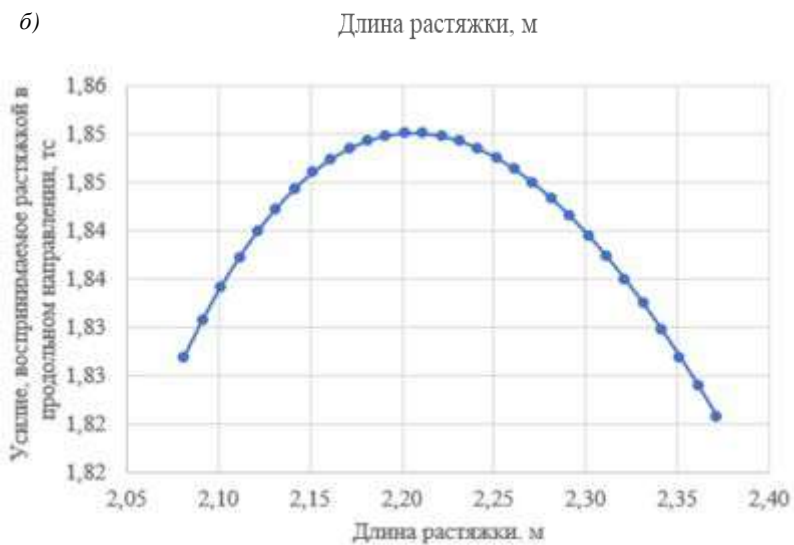
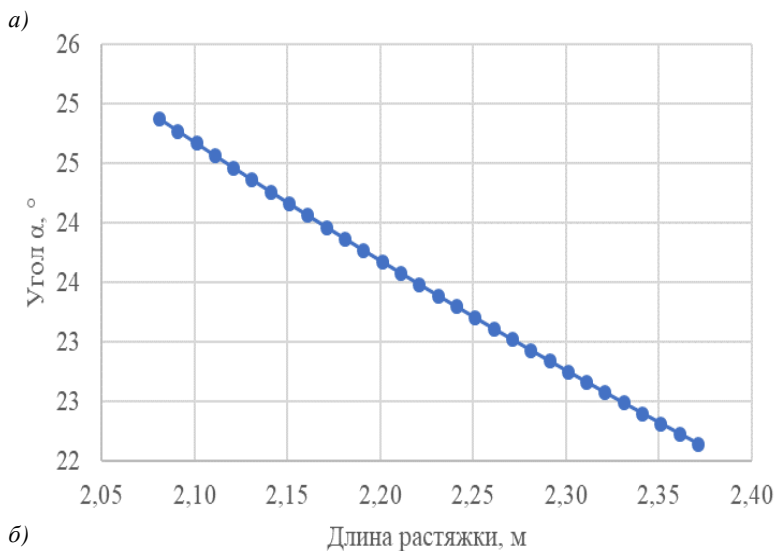


Рисунок 2 – Графики зависимости угла наклона растяжки (а) и усилия, воспринимаемого растяжкой в продольном направлении (б), от ее длины

Анализ полученных зависимостей показал:

1) удлинение проволочной растяжки в процессе транспортировки сопровождается изменением угла ее наклона к полу вагона. Для рассмотренного примера деформация растяжки на 30 см сопровождалась уменьшением угла наклона на 3°;

2) при изменении длины растяжки наблюдается динамика усилий, воспринимаемых ей в продольном и в поперечном направлениях, причем эти усилия могут принимать пиковые значения. Как видно из рисунка 2, б, рассмотренном примере пиковое значение усилия пришлось на продольное направление и составило 1,85 тс;

3) полученные зависимости отражают общие принципиальные особенности влияния деформируемости элементов крепления и упаковки тарноштучных грузов на их динамическое поведение в процессе транспортировки железнодорожным транспортом.

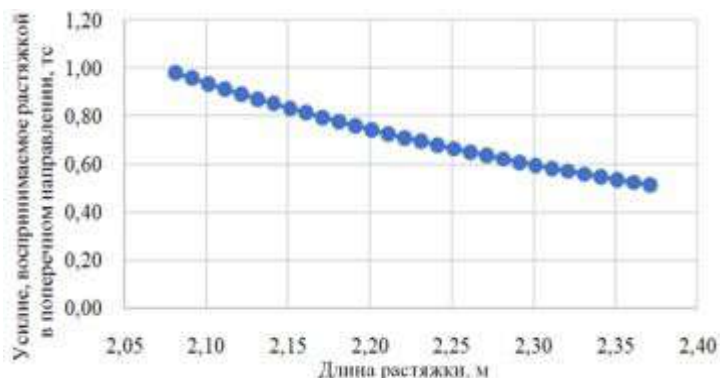


Рисунок 3 – График зависимости усилия, воспринимаемого растяжкой в поперечном направлении, от ее длины

Исследование колесных транспортных средств проводилось с помощью компьютерной модели в инженерном пакете MSC.ADAMS (рисунок 4). При геометрическом моделировании стержни использовались для элементов платформы, параллелепипеды – для тел, цилиндры – для осей и колес. Учитывались также такие кинематические связи, как цилиндрический шарнир вращения колес относительно осей, плоскостная связь, функциональные связи между движениями тела. Соединение платформы с транспортным средством осуществлялось рессорами (подрамниками) и с помощью задания контактного взаимодействия колес автомобиля и пола платформы.

При колебании груза силы трения между контактными поверхностями груза и полом вагона могут быть меньше сдвигающих сил. Именно поэтому был введен коэффициент динамического трения. Его значение составляет около 70 % значения для статического состояния.

В процессе моделирования исследовалось перемещение груза (рисунок 5). Жесткость пружин менялась несколько раз, пока не были определены оптимальные характеристики для безопасной транспортировки автомобиля.

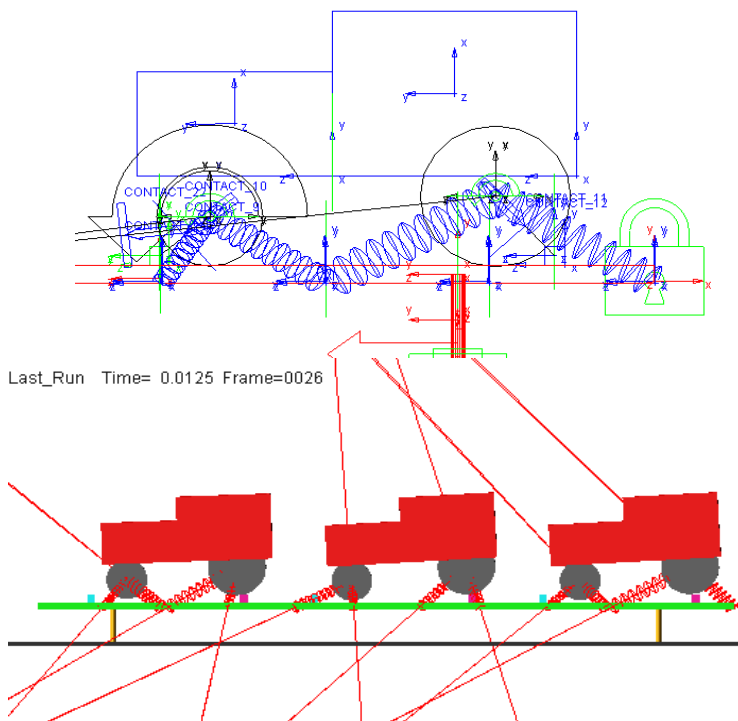


Рисунок 4 – Компьютерная модель транспортирования колесной техники

Расчеты показали, что неправильный выбор носилок может привести к угрозам сохранности и сохранности груза при транспортировке. При торможении и столкновении автомобилей носилки могут не вернуть груз в исходное положение из-за действия продольных, поперечных и вертикальных сил инерции. После удара груз меняет свое положение на полу платформы.

Результаты исследования компьютерной модели подвижного состава с колесными транспортными средствами на платформе представлены на диаграммах смещения центра тяжести (рисунок 5). На основе диаграмм скорости и перемещения были получены следующие данные:

- вертикальное смещение при столкновении автомобилей составляет 121 мм, но из-за эластичности креплений его максимальное значение достигло 145 мм;
- в поперечной плоскости в момент удара смещение центра масс составило 58 мм; Скорость центра масс в момент столкновения равна 5,96 м/с.

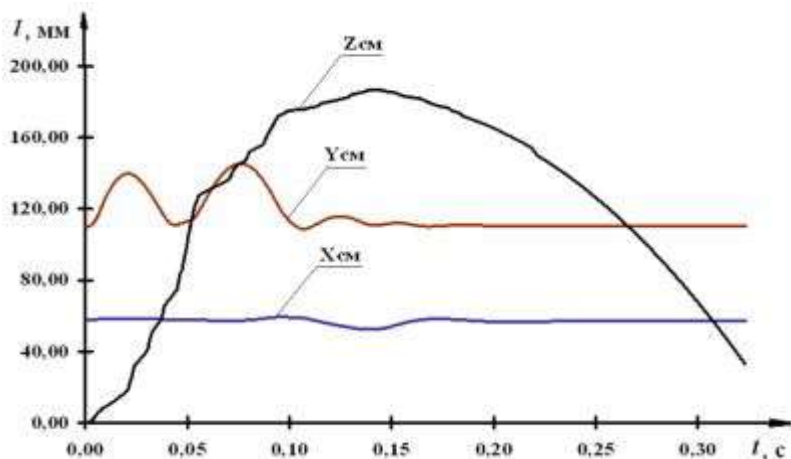


Рисунок 5 – Диаграмма относительных перемещений штучного груза с учетом деформируемости элементов крепления

Проведенные расчеты показали, что упругость шин привела к увеличению сил, действующих на подставники, в два и более раза. Этот факт необходимо учитывать при сопоставлении напряжений. Также результаты показывают, что бруски испытывают значительные динамические нагрузки. Это может привести к потере их прочности.

*Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект T22M–073).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Технические условия размещения и крепления грузов. Приложение 3 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) : по состоянию на 1 июля 2015 г. – Минск : Амалфея, 2015. – 704 с.

*M. G. GEGEDESH, S. A. PETRACHKOV, E. N. POTYLKIN*

### **STRATEGY FOR FORMING A CARGO FLEET OF RAILWAY TRANSPORT OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

The issues of the influence of deformability of cargo fastening elements on their behavior during transportation by rail are considered. The general principal features of stretch marks deformation during cargo transportation are determined. The results of the study can be used in the development of schemes for the placement and fastening of cargo in wagons.

Получено 14.12.2023

УДК 654.6.4

*А. К. ГОЛОВНИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТОЖДЕСТВЕННОГО ТРЕХМЕРНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБРАЗА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ**

Рассматриваются модельные схемы воспроизведения следствий влияния внешних факторов на железнодорожный путь и подвижной состав, которые непосредственно или косвенно воздействуют на технологические режимы работы железнодорожной станции, определяя задержки, ожидания, простои подвижного состава, вызывая нештатные ситуации и порождая опасные состояния объектов.

Реконструкция реалистичных модельных событий на информационной панели железнодорожной станции связывается с учётом влияния различных внешних факторов.

**1 Ветровая нагрузка.** Одним из значимых внешних влияний является воздействие на подвижной состав ветровой нагрузки. По возможным результатам действия следует рассматривать физические процессы влияния ветра на подвижной состав, находящийся на станционных путях (вагоны и локомотивы в ожидании выполнения технологических операций, а также под грузовыми операциями, технического и коммерческого осмотра в парках, под экипировкой, в ремонте, отстое и пр.) и в движении (при перестановке из парка в парк, на пункты местной работы, в депо).

Состав поезда, находящийся на приемоотправочном или сортировочном пути станции, может испытывать определенную нагрузку от ветра. В зависимости от его силы, направления действия и положения вагонов на пути возникает дополнительная сила, способная привести в движение незакрепленный подвижной состав. Из-за различной площади поверхности подвижного состава, встречающей сопротивление ветра (мидель), влияние ветровой нагрузки изменяется от минимального (при совпадении направления ветра и оси пути) до максимального (при их перпендикулярном взаимном расположении). Воздействие ветра на вагоны с большой площадью сопротивления (крытые, рефрижераторы, минераловозы) при недостаточном их закреплении и сильном ветре перпендикулярно оси пути может привести к опрокидыванию, а при действии ветра по оси пути – к самопроизвольному движению.

Действующими требованиями регламентируется закрепление локомотивов и вагонов на станционных путях. Если локомотив, прибывший с составом в парк, остаётся на этом пути, то он отцепляется от вагонов и закрепляется башмаками в заторможенном состоянии. Состав поезда или одиночные вагоны в зависимости от уклона пути фиксируются стояночным тормозом и (или) тормозными башмаками. Для модели важно следовать установленным требованиям безопасности. Если моделируются станционные технологические операции, то их проведение даже в таком своеобразном защищенно-информационном режиме невозможности получения тяжёлых последствий при возникновении критичных ситуаций («безопасная опасность») следует обеспечивать в строгом соответствии с требованиями согласно принципу полного соответствия модели прототипу.

Если на вагон действует ветровая нагрузка, то возникает сила, способная при преодолении трения покоя сдвинуть вагон с данного места нахождения на пути.

Дальнейшее его движение будет определяться соотношением величины внешнего усилия и сил трения. Модельная ветровая нагрузка инициирует фронтальное действие равной по величине внешней силы на все точки объекта, находящиеся в поле достижимости этой силы. Как правило, длительность постоянного действия ветровой нагрузки или кратковременный её импульс достаточны для того, чтобы получить ожидаемый негативный результат такого воздействия, т. е. возможного перемещения подвижного состава на станционном пути. Следует обратить внимание на различие моделируемых процессов влияния сил сопротивления при ветровой нагрузке на покоящиеся и движущиеся вагоны с соответствующей скоростью.

**2 Температурный фактор** оказывает существенное влияние на динамику взаимодействующих деталей и узлов подвижного состава и железнодорожного пути (рисунок 1).

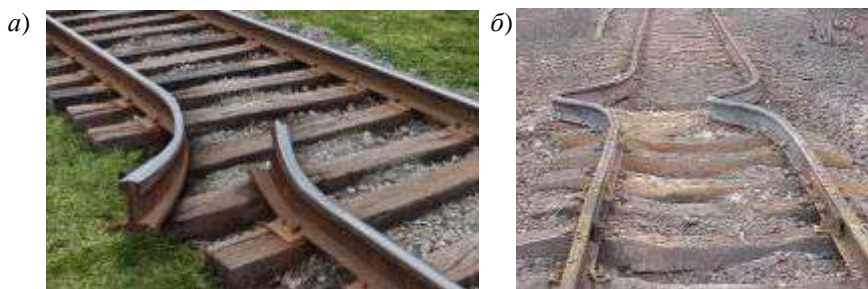


Рисунок 1 – Изменение состояние рельсовой колеи под воздействием температурного фактора;

а – разрыв рельса; б – смещение рельсоопальной решетки

Расширение металла при повышении температуры связывается с увеличением тепловой энергии свободных электронов, которые способны удаляться на большие расстояния от атомов, обеспечивая таким образом определенное «разбухание» всей решётки в целом. В соответствии с известным законом теплового расширения любое твердое тело с линейным размером  $L$  при увеличении температуры с  $T_1$  до  $T_2$  расширяется на величину  $\alpha L(T_1 - T_2)$ , где  $\alpha$  – коэффициент линейного теплового расширения.

Металлическая кристаллическая решётка претерпевает определенные изменения при колебаниях температуры наружного воздуха зимой и летом, которые могут привести к снижению надежности эксплуатации устройств пути и возникновению опасных состояний. Обратный процесс наблюдается при снижении температуры.

Для компенсации температурного расширения рельсов при их укладке устраиваются зазоры до 20 мм в стыках и увеличиваются размеры отверстий в рельсах и накладках по сравнению с диаметром стыковых болтов.

Известными фактами при низких температурах являются снижение прочности, пластичности, ударной вязкости (хладноломкость) и увеличение твердости стали. При наличии ползунов более 2 мм на колёсах вагонов в составах поездов при температурах ниже  $-25$  °С возникают опасные состояния пути вследствие ударного действия негладкой поверхности катания колеса на хрупкий рельс (рисунок 2).

При моделировании путевого развития станций данные физические процессы следует учитывать для адекватности с реальными условиями эксплуатации в различных температурных режимах. Поэтому предполагается формировать определённую микроструктуру цифровых объектов железнодорожного пути и отдельных деталей подвижного состава, составляющих между собой пары трения. Если к таким модельным объектам применить инструмент визуализации микроструктуры, то при определённой внешней нагрузке можно наблюдать изменения в кристаллической решётке соответствующего элемента железнодорожного пути или подвижного состава.

**3 Гравитационные воздействия.** Движение вагона под действием силы тяжести по железнодорожному пути с уклоном происходит при величине, превышающей значение, которое обеспечивает преодоление сопротивления среды, встречного ветра и суммарных сил трения в различных взаимодействиях узлов подвижного состава, а также трения покоя, скольжения и качения колеса и рельса.



Рисунок 2 – Разрушение рельса под действием ударной нагрузки от колеса при низкой температуре



Для начала движения вагона под уклон пути необходимо преодоление возникающих сил трения в буксах, зубчатых колёсах; автосцепке, поглощающих аппаратах; пятниках, подпятниках, шкворнях; рессорном подвешивании. Трение колеса и рельса происходит также в кривых и стрелочных переводах из-за скольжения реборд колес по боковой поверхности наружного рельса круговых, переходных кривых и в переводных кривых стрелочных переводов; ударного воздействия колес по стыкам рельсовых плетей. Кроме того, силы трения увеличиваются из-за наличия различных дефектов на поверхностях пар трения вагонов и железнодорожного пути.

Благодаря действию силы тяжести формируется угол естественного откоса груза, отсыпаемого на некоторую складскую поверхность или на пол вагона. При этом существенными условиями, определяющими угол естественного откоса, являются форма и размер частиц, их шероховатость, влажность, способ отсыпки, материал опорной поверхности, высота отсыпки. Эти условия влияют на результирующее значение силы трения, препятствующей распределению частиц груза параллельно опорной поверхности.

Модельная реконструкция процесса образования конусной формы отвала груза рассматривается как движение частиц груза из выходного устройства на приёмную поверхность склада или вагона и их последующие перемещения как по поверхности, так и со скатыванием по другим частицам под действием силы тяжести. Причём по мере увеличения массы насыпного груза в отвале возможно перемещение не только верхних, но и нижних слоёв частиц из-за увеличивающейся общей массы, способной «растекаться» далее по поверхности, нарушая установившееся ранее неустойчивое равновесие сил трения между частицами. Чем больше груза в отвале, тем более определённым будет фиксироваться угол естественного откоса, приближаясь к своему объективному значению, характеризующему связь между формой и размерами частиц груза, их влажностью, шероховатостью и другими параметрами, определяющими угол конусной направляющей откоса груза (рисунок 3).

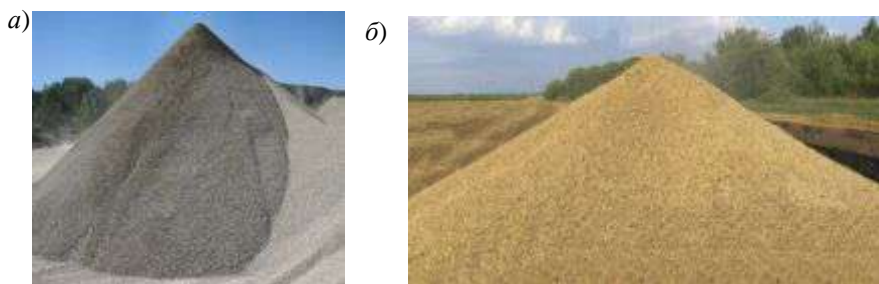


Рисунок 3 – Угол естественного откоса грузов:  
а – щебня; б – зерна

Если насыпной груз отгружен в вагон (например, зерно в минераловозе), то после начала движения вагона при производстве маневровых операций или в составе поезда угол откоса изменяется, уменьшаясь в зависимости от размеров фракций груза и других характеристик до 30 % по отношению к углу естественного откоса в покое. Таким образом, угол откоса в покое может рассматриваться как форма неустойчивого равновесия между силой тяжести частиц груза и силами трения между этими частицами. Движение вагона добавляет частицам энергию в виде передающейся вибрации от ударных воздействий по стыкам путей, ускоренных и тормозящих влияний от локомотива, возникающих центробежных сил при движении в кривых. Прирост кинетической энергии позволяет частицам противодействовать удерживающим силам трения и распределяться по полу вагона с ещё меньшим углом откоса. Однако после снятия внешних нагрузок (например, остановки вагона) обратное движение частиц груза с достижением первоначального угла откоса покоя не происходит, так как действие силы тяжести фиксирует достигнутое положение частиц груза, закрепляя таким образом факт произошедших изменений с грузом. Определяющими достигнутое конечное расположение частиц груза характеристиками являются их размер и гладкость (шероховатость).

Сравнение углов естественного откоса таких различных по размерам и форме грузов, как каменный уголь и щебень, зерно и семя льна при прочих равных условиях показывает достаточно широкий диапазон отклонения величины исследуемого параметра (от 30–45° для первой пары грузов до 20–25° – для второй). При значительной высоте штабеля верхние слои будут продавливать нижние, формируя более пологий угол откоса по сравнению с верхними слоями.

Моделирование механических процессов взаимодействия частиц груза, обладающих одинаковыми или эквивалентными физическими характеристиками, позволит визуально получить конусную форму макрообъекта, занимающего относительно устойчивые контуры внешних границ расположения груза, способных измениться при сообщении данному взаимосвязанному конгломерату частиц дополнительной энергии. Таким образом, сложная система силовых воздействий гравитации на формируемый отвал груза приводит к «выдавливанию» отдельных частиц с занятием большей площади опорной горизонтальной поверхности при преодолении силы трения частиц о поверхность и скольжением частиц между собой с их перемещением наружу к направляющей грузового конуса.

Непрерывное истечение груза из погрузо-выгрузочного устройства (конвейера, бункера) позволит моделировать динамически развиваемую макроскопическую структуру отвала груза из уравновешенных взаимной силой трения и притяжением к горизонтальной опорной поверхности достаточно

мелких (насыпного груза) или относительно крупных (навалочного груза) частиц. Если скорость истечения груза достаточно велика, то трение покоя, единожды преодоленное постоянным движением частиц, не будет более возникать вследствие постоянного дальнейшего перемещения частиц груза. При этом угол откоса груза будет формироваться одинаковым по всем конусным границам.

При малых скоростях истечения груза или погрузке порциями (например, ковшем стрелового крана) каждый раз формируемый отвал будет проходить через стадию преодоления силы трения покоя, которая из-за своего более высокого, чем сила трения скольжения, значения будет приводить к появлению интервалов времени, в течение которых будут образовываться своеобразные выступы груза с большими углами естественного откоса, выравниваемые лишь после преодоления силы трения покоя увеличивающейся массой сверху.

В целом динамика движения частиц при различных условиях выгрузки грузов в отвал достаточно сложная, в которой часто значимыми будут определенные сочетания свойств смежных частиц, входящих во взаимодействие друг с другом. Процессы формирования углов откоса для одного и того же груза на площадке и в вагоне будут различны, а следовательно, будут приводить к различным результатам по достигаемым значениям углов откоса.

**4 Атмосферные летние осадки** оказывают существенное влияние на характер сцепления колеса и рельса, снижая их сцепление в процессе движения и торможения. Снижение трения скольжения приводит к более мягкому, «вязкому» перемещению колеса относительно рельса и как результат к более длительному торможению вагона, группы подачи или поезда для достижения низкой скорости или остановки состава.

Вторым факторным влиянием дождя является усиление коррозионных процессов на металлических поверхностях железнодорожного пути и подвижного состава при длительном воздействии. Модельная реконструкция физических процессов корродирующего влияния дождя позволит оценить потери силы тяги локомотива и потенциальной энергии при движении вагонов на подъем с необходимостью дополнительных тяговых усилий.

Особые последствия имеют ливневые осадки, которые кроме указанных выше воздействий могут привести к вымыванию нижнего строения пути и последующим просадкам верхнего строения. Моделирование гидродинамических процессов в слагающих основания станционных путей грунтах обеспечит оценку устойчивости и надежности пути при его эксплуатации. Кроме того, следует отметить, что воздействие ливневых осадков рассматривается как влияние стихийных обстоятельств в одном ряду с возникновением землетрясений, ураганов и пр. Для моделирования таких природных катастроф требуется разрабатывать среду *моделирующей контрреальности*.

Воздействие, оказываемое снегом, связывается с его влиянием на металлические элементы подвижного состава и пути, в том числе на многочисленные поверхности вагонов и локомотивов, соприкасаемые друг с другом в процессе движения. По сравнению с влиянием дождя снег оказывается более агрессивным. Фактор низкой температуры приводит к намерзанию снега на металлических поверхностях. Образующие уплотнения из снега и льда на рабочей поверхности рельсов способны вызвать проскальзывание колеса, препятствуя устойчивому сцеплению с рельсом. Низкая температура влияет на внутреннюю структуру металла, приводит к потере упругости и возникновению его хрупкости. Кроме того следует различать физические процессы воздействия снега при температуре наружного воздуха выше и ниже нуля градусов Цельсия, когда ожидается изменение свойств металлических поверхностей пути и подвижного состава в зависимости от различных температурных диапазонов.

Переохлаждение капель дождя, мороси, тумана вызывает появление и рост кристаллов инея, изморози или замёрзшей росы в зависимости от взаимного действия влажности воздуха, изменений температуры, рельефа местности, силы и направления ветра. Иней образуется в виде мельчайших кристаллов в холодные, ясные и безветренные ночи на непокрытых или слабо запорошенных снегом путях, шпалах и балласте. Небольшой ветер может способствовать быстрому увеличению кристаллов инея.

Изморозь представляет собой мелкие кристаллы льда, которые образуются в результате быстрого перехода из состояния водяного пара. При слабом ветре и температуре ниже  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  такие кристаллы за весьма короткое время нарастают на проводах контактной и осветительной сетей с наветренной стороны. Резкий рост размеров изморози наблюдается при повышении температуры, приближающиеся к  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Изморозь образуется также при тумане или густой дымке при большом количестве водяного пара в воздухе. Различают зернистую и кристаллическую изморози. Кристаллическая изморозь состоит из тонких кристаллов с плотной стекловидной структурой. Зернистая изморозь имеет вид рассыпающегося льда белого или полупрозрачного цвета, возникающего в туманную и ветреную погоду на пересечённом и горном профиле. Зернистая изморозь – это состояние воды, более плотное чем кристаллическая изморозь и мене плотное, чем гололёд.

Гололёд возникает, когда после морозов наступает резкое потепление, которое приводит к выпадению на поверхностях рельсов, земляном полотне переохлаждённых капель дождя. Замечен интересный факт, что на проводах под напряжением гололёдные отложения на 30 % больше чем на обесточенных, что связано с нагреванием проводов под действием тока. При гололёде усиление ветра до 10–12 м/с приводит к резкому нарастанию льда на прово-

дах. Известен случай, когда в одном из регионов нижней Волги толщина льда на проводах линий электропередач достигала 38 см.

Моделирование этих процессов очень важно для обеспечения нормальной работы железнодорожной станции зимой, так как образование льда на контактных проводах увеличивает нагрузку на опоры и изоляторы и в некоторых случаях приводит к обрыву проводов и обрушению опор.

Достаточно негативное влияние на путевую инфраструктуру станции оказывает туман, который иногда называют наземными облаками. Туман состоит из микроскопических капель воды и возникает при очень высокой влажности воздуха. Для крупных промышленных районов и железнодорожных станций туман может образоваться и при влажности воздуха не более 50 %, чему способствуют общая загазованность воздуха и пыль. Действие тумана зависит от высоты над уровнем океана. Чем выше, тем чаще возникают туманы, тем они гуще и длительные по времени существования.

Таким образом, штатное выполнение технологических операций на станции зависит от целого ряда факторов, обособленное или комплексное влияние которых в значительной степени определяет динамику процессов и достигаемое состояние объектов инфраструктуры и подвижного состава. Факторное влияние постоянно сопровождают выполняемые станционные операции, часто неотделимые от той или иной технологической операции. Например, в зимних условиях ходовые качества отцепов расформировываемых составов существенно хуже из-за негативного влияния снега, наледи и отрицательных температур. Продолжительность операций выгрузки сыпучих грузов также возрастает из-за необходимости размораживания грузов, длительной зачистки от их остатков после выгрузки.

В модели станции факторное воздействие достаточно дозированное по сравнению с реальными условиями. Цепочки наведенных корреляционных влияний нескольких факторов существенно укорачиваются. Например, в реальных условиях возможна следующая ситуация. Из-за действия мощного грозового фронта произошло обесточивание электрифицированного участка железной дороги, вызвавшего нарушение в графике движения поездов и несвоевременное поступление гружёных вагонов в адрес одного из цехов предприятия химической промышленности, работающего в непрерывном режиме. После прибытия этих вагонов работники транспортного цеха предприятия для ускорения операции выгрузки попытались использовать дополнительные выгрузочные средства, но стреловой кран из-за неправильной установки по причине спешки аварийно вышел из рабочего состояния. Стрела упавшего крана перекрыла соединительный путь, по которому внутриузловые передачи из соседней станции узла поступали в парк приёма для последующего расформирования на горке. Необслуженные за время устранения на предприятии последствия аварии передачи не позволили своевре-

менно сформировать другие передачи, подать на грузовые фронты вагоны, что обусловило появление многочисленных негативных постэффектов на достаточно обширном поле событий.

Однако в действительности подобная цепная волна нерегламентного отклика быстро затухает благодаря высокой «стрессоустойчивости», ригидности технической системы. Запас прочности в работе железнодорожных станций создаётся своеобразным технологически разрешённым покачиванием значений ответственных параметров транспортного процесса, и даже кажущееся значительное их превышение или занижение погашается соответствующим снижением или возрастанием связанных характеристик на другом этапе процесса. В результате многие негативные проявления взаимно погашаются, и модельные реконструкции технологического процесса обслуживания вагонопотоков на станции могут корректно реализовываться при учёте двух, реже – трёх и более гармоник коррелирующего воздействия.

Так как цифровой двойник станции должен отражать реальные технологические процессы, важным условием является выполнение всех модельных операций по законам физического взаимодействия тел. Поэтому модельные образы железнодорожного пути и подвижного состава должны быть максимально приближены к прототипам не только по внешней форме, но и по внутренней структуре, способной отражать изменение их состояний в результате возникающих внешних и внутренних воздействий. Все объекты второго плана в модельном исполнении представляют собой абсолютно твердые сплошные тела с жесткой и постоянной координатной привязкой, интегрируемые в базовую модель адекватности прототипу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Санакулов, А. Х.* Проблемы обледенения электрических и контактных сетей. [Электронный ресурс] / А. Х. Санакулов. – Режим доступа : <https://kpfu.ru/portal/docs/F83065962/Sanakulov.pdf>. – Дата доступа : 02.12.2023.

2 *Швер, Ц. А.* Атмосферные осадки на территории СССР / Ц. А. Швер. – Л. : Гидрометеиздат, 1976. – 302 с.

3 *Транспортные системы и оборудование в деревообработке : метод. указания к лаб. работам / сост. С. П. Трофимов.* – Минск : БГТУ, 2023. – 46 с.

*А. К. GOLOVNICH*

#### **MODELING OF PHYSICAL CONDITIONS THE FUNCTIONING THE IDENTICAL 3D-INFORMATION IMAGE RAILWAY STATION**

The article considers model schemes for reproducing the consequences of the influence external factors on the railway track and rolling stock, which directly or indirectly affect the technological modes of operation a railway station, determining delays, waits, downtime of rolling stock, causing abnormal situations and generating dangerous conditions of objects.

Получено 10.11.2023

УДК 656.212.001

*И. А. ЕЛОВОЙ, Л. В. ОСИПЕНКО, М. М. КОЛОС*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
ugkr@bsut.by*

## **ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ**

Рассматриваются основные положения теории и методологии прогнозирования грузовых и транспортных потоков, проектирования транспортной инфраструктуры и разработки технологий перевозочного процесса с учетом требований логистики в условиях перехода от рынков продавца к рынкам покупателей. Предлагаемый подход рекомендуется использовать также при расчете технических и технологических параметров транспортных узлов и железнодорожных станций.

Современный этап развития экономики характеризуется переходом от рынка продавца к рынкам покупателей, что требует новых подходов с учетом требований логистики к расчету технических и технологических параметров транспортных объектов, включая железнодорожные станции. «Логистический подход предусматривает процесс организационно-аналитической оптимизации сложных целенаправленных систем, в том числе слабоструктурированных» [2, с. 5].

В качестве базы при прогнозировании потоков, проектировании инфраструктуры и разработки технологий перевозочного процесса в современных условиях должны использоваться сложные логистические производственно-транспортные и транспортно-сбытовые системы (рисунок 1) [2, с. 9]. Эти системы в большинстве случаев относятся к международным, так как, например, добыча исходного сырья, производство полуфабрикатов и комплектующих изделий, сборка конечной готовой продукции и ее реализация осуществляются на территории нескольких государств. При этом производство материальных ресурсов, конечной готовой продукции и ее реализация выполняются в соответствии со спросом на конечную готовую продукцию в конкретных секторах товарного рынка, который характеризуется объемом потребления, ценой, качеством продукции и уровнем допродажного и послепродажного сервисного обслуживания. Кроме того, дополнительно к вышеуказанным параметрам конечная готовая продукция должна производиться и реализовываться в течение логистического цикла, например, со-

стоящего из этапов продолжительности транспортирования, добычи исходного сырья, производства полуфабрикатов и комплектующих изделий, сборки конечной готовой продукции и ее доведения до конечного потребителя. При этом будет обеспечиваться производство большого ассортимента конечной готовой продукции в соответствии со спросом в определенных секторах товарного рынка. Достигнуть данной цели можно в условиях наличия гибких производств материальных ресурсов и конечной готовой продукции в условиях цифровизации закупки материальных ресурсов, производства конечной готовой продукции и ее сбыта [3, с. 122–125].

Объектом исследования в сложных логистических производственно-транспортных и транспортно-сбытовых системах являются логистические потоки: материальные, информационные, финансовые и сервисные. Данные потоки конкретных сложных логистических систем, подвязанных под конкретные сектора товарных рынков своей конечной готовой продукцией, суммируются на производственно-сбытовых элементах территориальной инфраструктуры одного или нескольких государств [3, с. 68]. В качестве таких элементов будут: производственные предприятия, снабженческие, сбытовые, транспортные и другие организации, а также соответствующие им пункты концентрации, распределения, концентрации-распределения. Например, на промышленных предприятиях в качестве инфраструктуры будут выступать: промышленные склады материальных ресурсов и готовой продукции; на магистральном транспорте – терминалы в пунктах взаимодействия различных видов транспорта; в снабженческо-сбытовых организациях – торговые и сбытовые склады и др. Примером пунктов концентрации-распределения на магистральном железнодорожном транспорте являются сортировочные и другие станции (рисунки 2) [2, с. 56].

Таким образом, объектом исследования в логистических цепях движения ресурсов являются логистические потоки с учетом следующих специфических свойств (на примере материального потока):

а) в складах у производителя и потребителя конечной готовой продукции и оптовиков – материальный поток в форме товара, который подлежит купле-продаже, т. е. изменяется форма собственности. По этой причине данные виды складов названы производственными (ПЛЦ) и торговыми логистическими центрами (ТрЛЦ), так как здесь происходит управление товарными потоками с изменением их форм собственности;

б) в терминалах (пунктах концентрации-распределения) – грузовые (транспортные) потоки, которые не подлежат купле-продаже, так как в процессе доставки груза должна быть обеспечена сохранность перевозимой продукции. В связи с этим на схеме рассматриваемые терминалы названы транспортно-логистическими центрами (ТЛЦ), так как с их участием происходит управление грузовыми (транспортными) потоками без изменения



формы собственности, а также должна быть обеспечена сохранность перевозимого груза.

Инфраструктура существующих сложных логистических производственно-транспортных и транспортно-сбытовых систем постоянно совершенствуется, в том числе за счет создания современных объектов с учетом экономических, технических, технологических, правовых, политических, экологических и других факторов. При этом существующая и создаваемая инфраструктура должна обеспечивать возможность реализации принципов, правил и законов логистики, а также выполнение требований рынка к товарам и услугам. В частности, последние требования характеризуются такими параметрами, как объем спроса, цена и качество товара, продолжительность логистического цикла производства и реализации товара в условиях спроса на наличие большого ассортимента товаров и конкуренции на товарном рынке. В свою очередь, инфраструктура логистических цепей движения ресурсов является составляющими элементами эшелонированных логистических систем. Транспортирование ресурсов от производителя до потребителя осуществляется в рамках схем доставки, где может участвовать один или несколько видов транспорта (см. рисунок 2). Данная логистическая цепь доставки конечной готовой продукции от производителя до потребителя имеет три схемы доставки: от производителя до оптовика; от оптовика до розничного оптовика; от розничного оптовика до потребителя. При этом она связана с конкретным договором (контрактом) на поставку конечной готовой продукции.

Транспортно-логистическая система в части управляющей и управляемой составляющих совпадает с транспортной системой общего и необщего пользования, которая совместно с ее инфраструктурой обеспечивает выполнение принципов, правил и законов логистики и по этой причине обладает свойствами логистической системы [1, с. 11–12]. Причем элементы транспортно-логистической системы используются в эшелонированной логистической системе или логистической системе, имеющей прямые связи. В результате транспортно-технологические системы реализовывают в логистических цепях движения ресурсов транспортирование грузов в пределах схем доставки. Причем данные схемы совпадают с контрактами (договорами) на поставку продукции, заключаемыми между хозяйствующими субъектами. В результате каждой схеме соответствует транспортно-технологическая система, состоящая из управляющей и управляемой подсистем. В пределах логистической цепи движения ресурса формируется интегрированная (логистическая) схема доставки, которой соответствует логистическая транспортно-технологическая система, где в качестве управляющей подсистемы выступает один или несколько экспедиторов или оператор интер-, мультимодальной перевозки.

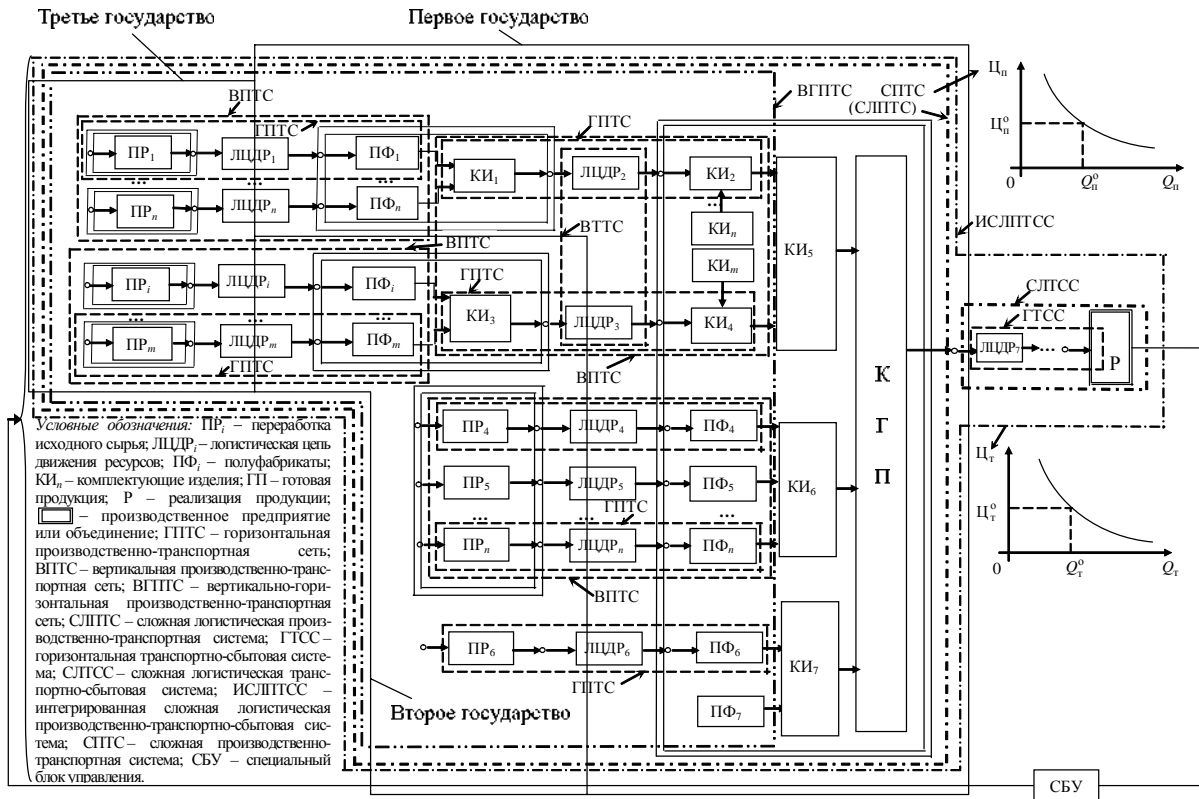
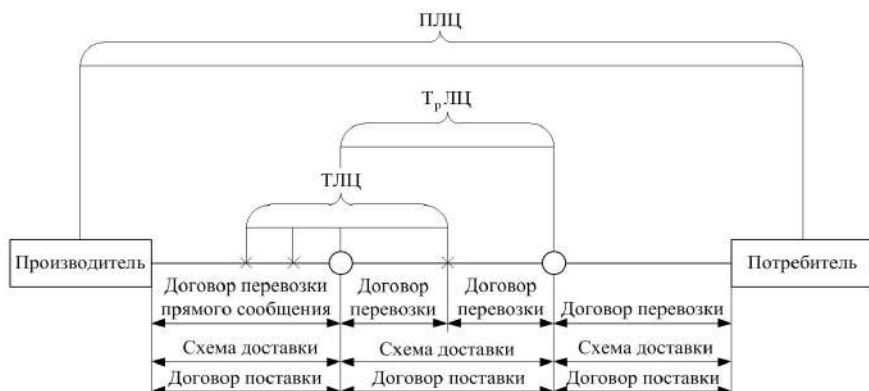


Рисунок 1 – Интегрированная международная сложная логистическая производственно-транспортно-сбытовая система



ПЛЦ – производственные логистические центры (склады); ТЛЦ – транспортно-логистические центры, включая пункты перевалки; Тр.ЛЦ – торговые логистические центры (оптовые, розничные)

Рисунок 2 – Взаимосвязь договоров поставки и перевозки в логистической цепи движения ресурса

В соответствии с вышеизложенным должна проектироваться инфраструктура и разрабатываться технология перевозочного процесса в современных условиях. В частности, предварительный анализ элементов сложных логистических производственно-транспортных систем показал (см. рисунок 1):

а) на начальных элементах данных сложных логистических систем доставлять исходное сырье целесообразно большими партиями, с небольшой скоростью и работать с запасами. Последнее обстоятельство обусловлено также смерзаемостью большинства сырьевых грузов в зимний период времени, что требует размораживания такой продукции в транспортных средствах;

б) на следующих элементах рассматриваемых сложных логистических систем при доставке полуфабрикатов следует применять меньшие партии грузов, доставлять их с большей скоростью, по сравнению с исходным сырьем, и содержать меньшие запасы;

в) на последних элементах сложных логистических систем рационально доставлять комплектующие изделия небольшими партиями к определенному времени с большой скоростью и работать без запасов на складах, что объясняется большим ассортиментом комплектующих изделий и сложностью прогнозирования таких потоков. Следует отметить, что избежать наличия страховых запасов невозможно. В связи с этим их хранение во многих случаях целесообразно осуществлять в транспортных средствах, которые должны находиться в непосредственной близости от места их потребления (использования).

Рынок транспортных услуг с позиций грузоотправителей и грузополучателей характеризуется схемами доставки со следующими параметрами: объем перевозок, провозные платежи, продолжительность доставки, сохранность грузов и уровень транспортно-экспедиционного обслуживания. В терминалах транспортных узлов происходит взаимодействие различных видов транспорта, участвующих в конкретных схемах доставки грузов. С учетом расчета технических и технологических параметров транспортных узлов и железнодорожных станций связаны: объемы перевозок грузов различными видами транспорта не только в существующих условиях, но и на перспективу; продолжительность доставки и обеспечение сохранности грузов. Значения этих параметров ограничены спросом на материальные ресурсы и конечную готовую продукцию на товарных рынках, их логистическими циклами производства и реализации продукции, а также требованиями к обеспечению сохранности грузов в процессе перевозки с учетом расформирования поездов на сортировочных горках сортировочных станций.

Предлагаемый логистический подход к расчету технических и технологических параметров транспортных узлов и железнодорожных станций позволяет:

а) разработать требования к прогнозированию грузовых и транспортных потоков, проектированию инфраструктуры и разработке прогрессивных технологий в целом перевозочного процесса в современных условиях, которые базируются на эффективном взаимодействии рынка транспортных услуг с товарным, на реальных сложных логистических производственно-транспортных и транспортно-сбытовых системах;

б) учитывать реальную структуру и направления движения товаро- и грузопотоков, формируемых в соответствии со сложными логистическими производственно-транспортными и транспортно-сбытовыми системами, что создает объективную информационную базу для проектирования и создания оптимальной перспективной транспортной инфраструктуры, включая транспортные узлы и сортировочные железнодорожные станции, а также необходимые перевозочные средства: морские и речные суда; универсальные и специализированные вагоны, автомобили, контейнеры и др.;

в) улучшить сохранность перевозимых грузов за счет их перевозки в специализированных перевозочных средствах, учитывающих прочностные характеристики подвижного состава, параметры которых должны быть сопряжены с характеристиками сортировочных горок на железнодорожных станциях и другими элементами транспортной инфраструктуры, участвующей в перевозочном процессе;

г) увеличить объем перевозимых грузов железнодорожным транспортом за счет его участия в мультимодальных схемах доставки и обеспечения выполнения экологических требований по сравнению с другими видами транспорта. Например, расход топлива на перемещение одной тонны груза на один километр железнодорожным транспортом в 10–12 раз меньше по сравнению с автомобильным транспортом и др.

В заключение следует отметить, что к вышеперечисленным преимуществам предлагаемого подхода расчета технических и технологических параметров транспортных узлов и железнодорожных станций следует отнести также обеспечение ценовой конкурентоспособности производимой конечной готовой продукции, в том числе за счет выбора эффективных схем доставки грузов, обеспечивающих поддержание цены доставляемой продукции в местах ее потребления ниже рыночной и непревышения верхнего предела логистического цикла производства и реализации, задаваемого рынком, товара. При этом количество доставляемой конечной готовой продукции должно быть не менее рыночного спроса. Данные положения следует закладывать также в основу проектирования и создания транспортной инфраструктуры, разработку плана формирования составов поездов и принятия других технических и технологических решений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Федоров, Л. С. Общий курс транспортной логистики : учеб. пособие / Л. С. Федоров, В. А. Персианов, И. Б. Мухаметдинов ; под общ. ред. Л. С. Федорова. – М. : КНОРУС, 2011. – 312 с.

2 Еловой, И. А. Управление потоками в логистических цепях (теория, методология расчетов) : [монография] / И. А. Еловой, М. А. Гончар. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 227 с.

3 Медведев, В. Ф. Логистические системы в реализации стратегии национального суверенитета / В. Ф. Медведев, И. А. Еловой ; под науч. ред. П. Г. Никитенко // Институт экономики НАН Беларуси. – Минск : Право и экономика, 2023. – 146 с.

*I. A. YELOVOY, L. V. OSIPENKO, M. M. KOLOS*

#### **THE LOGISTIC APPROACH TO THE CALCULATION TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS TRANSPORT HUBS AND RAILWAY STATIONS**

The main provisions of the theory and methodology of forecasting freight and transport flows, designing transport infrastructure and developing technologies for the transportation process, taking into account the requirements of logistics in the context of the transition from seller's markets to buyer's markets, are considered. The proposed approach is also recommended for calculating the technical and technological parameters of transport hubs and railway stations.

Получено 22.10.2023

УДК 654.6.4

KANGNI L.

*Guangzhou Railway Polytechnic, Chinese People's Republic*

## **ANALYSIS OF TRAVEL BEHAVIOR CHARACTERISTICS OF GUANGZHOU – ZHUHAI INTERCITY PASSENGERS BASED ON SURVEY**

Conducts a questionnaire survey on passengers traveling between Guangzhou and Zhuhai cities, analyzes the characteristics of intercity travel behavior of passengers, and combines utility functions and Logit models to study the sharing rate of travel modes under different ticket prices. The aim is to provide a basis for coordinating the intercity passenger transportation market and formulating ticket prices.

In recent years, intercity railways have occupied a place in intercity travel due to their advantages of safety, comfort, speed, economy, and convenience. Studying the travel characteristics of intercity passengers is of great significance for optimizing intercity train operation plans and improving passenger service quality. Scholars at home and abroad have conducted extensive research on passenger travel choices, starting from Deserpa [1] constructing a travel consumer behavior model and studying the contribution of microeconomic theory to saving travel time, to Luce proposing the Logit model, McFadden [2] and Ben Akiva [3] gradually improving and perfecting the Logit model, taking into account factors such as travel purpose, travel cost, and travel time, Study the travel mode choice behavior of intercity travelers [4]. Scholars such as Feng Yan [5], Xiang Hongyan [6], and Hao Xiaoni [7] applied a random coefficient Logit model to analyze the intercity transportation travel choice behavior of passengers. Li Wanwen [8] and Zheng Xuelin [9] analyze the preference patterns of passengers for intercity travel choices and compare the marginal utility values of various influencing factors.

1 Analysis of the connotation and characteristics of intercity travel.

1.1 The definition of intercity travel.

This article defines intercity travel as the entire process of intercity passengers traveling from one city to adjacent cities by taking a certain intercity transportation to achieve a certain travel purpose [10].

1.2 The influencing factors of intercity passenger travel mode choice behavior.

1.2.1 Characteristics of intercity travelers.

This article mainly analyzes passenger travel mode choice behavior from the characteristics of transportation facilities, intercity travelers, intercity travel characteristics, and other macro influencing factors.

### 1.2.2 Characteristics of intercity travel.

Each individual traveling will choose a different mode of transportation due to differences in gender, age, occupation, income, and other factors. The characteristics of intercity travel mainly include factors such as travel distance, travel purpose, travel time, travel cost, etc.

### 1.2.3 Characteristics of intercity transportation facilities.

The characteristics of intercity transportation facilities mainly include safety, speed, convenience, economy, comfort, punctuality, and other characteristics [11]. Due to different characteristics, there are also differences in the choice of transportation modes among intercity travelers. Summary of Characteristics of Transportation Facilities as shown in Table 1.

*Table 1 – Transportation Facility Properties*

| Transportation facility attributes | Meaning of indicators  |
|------------------------------------|--|
| Security                           | Operation, personal and property safety protection   |
| Fastness                           | Running speed, transfer time, waiting time   |
| Convenience                        | Transfer, ticket purchase, station entry convenience, and departure frequency                |
| Economy                            | Ticket prices and transfer fees  |
| Punctuality                        | Timeliness of departure and arrival  |
| Comfort                            | Waiting environment, occupancy rate, carriage environment, and degree of carriage congestion |

## 2 The behavioral model for intercity passenger travel mode selection.

### 2.1 Investigation and analysis of passenger travel between Guangzhou and Zhuhai cities.

In order to more accurately reflect the travel characteristics of passengers between Guangzhou and Zhuhai, and to make the data more authentic and effective, this article conducted a survey on passengers between Guangzhou and Zhuhai. The survey was conducted at Guangzhou South Station, Guangzhou Passenger Bus Station, Zhuhai Station, etc., with 480 respondents and 453 valid questionnaires. The content of this survey questionnaire mainly includes:

- characteristic information of intercity travelers: gender, age, occupation, and income;
- travel demand information for intercity travelers: travel purpose, travel time, travel frequency, and transportation mode chosen for travel;
- information on the choice of transportation modes for intercity travelers: factors influencing the choice of transportation modes.

The survey content of Guangzhou – Zhuhai intercity passenger travel is shown in Figure 1.

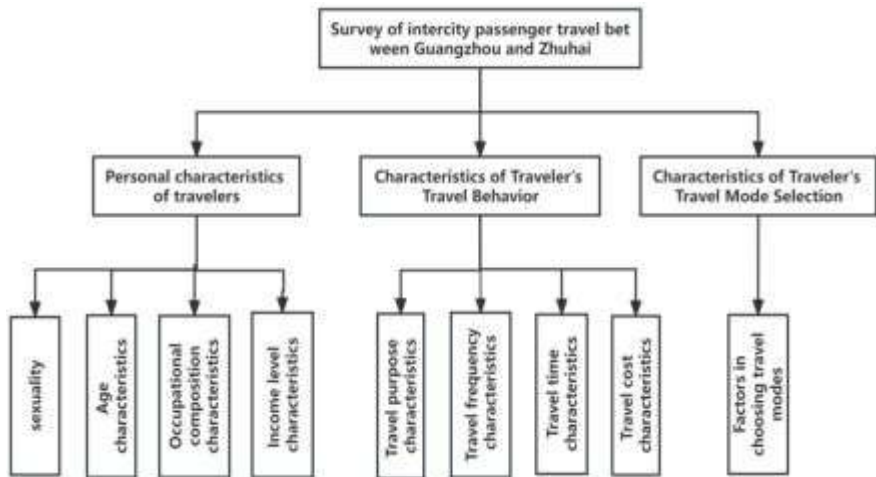


Figure 1 – The survey content of Guangzhou – Zhuhai intercity passenger travel

Through data processing using SPSS software, it was found that the top three preferred factors for intercity travelers to choose their travel modes were safety (35,2 %), convenience (22,8 %), and punctuality (15,7 %). The preferred transportation modes from highest to lowest were intercity railways (56,4 %), intercity buses (19,8 %), trains (12,4 %), private cars, taxis, and others (11,4 %) (Tables 2, 3).

Table 2 – Preferred factors for intercity travel mode selection

| Factor   | Economy | Fastness | Comfort | Security | Punctuality | Convenience |
|----------|---------|----------|---------|----------|-------------|-------------|
| Ratio, % | 6,2     | 9,2      | 11,4    | 36,2     | 15,5        | 21,5        |

Table 3 – Priority transportation modes for intercity travelers

| Transportation mode | Intercity bus | Intercity railway | Train | Other |
|---------------------|---------------|-------------------|-------|-------|
| Ratio, %            | 15,7          | 59,5              | 10,4  | 14,4  |

## 2.2 Application of Utility Theory in Intercity Travel.

In intercity travel, utility refers to the satisfaction obtained by travelers after considering various factors such as cost, time cost, convenience, and comfort, and deciding to choose a certain mode of transportation. From the psychological perspective of intercity travelers, analyze various intercity travel plans, and each plan has a utility value. The magnitude of utility value represents the amount of benefits that travelers receive from choosing a certain travel plan.

The utility function relationship can be represented by following equation.

$$U_{in} = U_{in}(X_{in}), \quad (1)$$



where  $U_{in}$  – the utility brought by passenger's choice of travel mode  $i$ ;  $X_{in}$  – the comprehensive characteristic variable when selecting transportation mode  $i$ .

The behavioral analysis model of intercity passenger travel mode selection can be understood as a multi option selection problem. Analyze the travel mode selection behavior of intercity passengers from a probabilistic perspective, and analyze the impact of various influencing factors on the probability of transportation mode selection. The probability of passenger  $n$  choosing Class  $I$  transportation plan can be expressed as

$$P_{in} = \text{Prob}(U_{in} > \max U_{jn}, i \neq j, i, j \rightarrow A_n), \quad (2)$$

where  $A_n$  – set of transportation methods available for passenger  $n$  to choose from;  $U_{in}$  – the utility of passenger  $n$  choosing the  $i$ -th mode of transportation;  $U_{jn}$  – the utility of passenger  $n$  choosing the  $j$ -th mode of transportation;  $U_{in}$  – the utility function when passenger  $n$  chooses the  $i$ -th mode of transportation.

Due to errors in the judgment of passengers for each mode of transportation, as well as different subjective preferences of passengers, the utility function is divided into two parts: a fixed term and a random term, expressed as

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in}, \quad (3)$$

where  $V_{in}$  – the fixed term calculated for the observable characteristic variable;  $\varepsilon_{in}$  – random term caused by errors or unobservable influencing factors.

### 2.3 Model for intercity passenger travel mode selection.

According to the intercity travel mode between Guangzhou and Zhuhai, a binomial Logit model is used for prediction. By establishing utility value functions for each intercity transportation mode, the sharing rate of each transportation mode is predicted, and the utility value of each transportation mode is determined by the facility characteristics of the transportation mode [12]. The main influencing factors selected for the Logit model include economy, speed, comfort, safety, and convenience, and it is assumed that each influencing factor is independent of each other. Multiple Logit models are selected to predict the sharing rate.

The utility function relationship used is as follows:

$$U_{in} = w_1 E_i + w_2 T_i + w_3 C_i + w_4 S_i + w_5 R_i, \quad (4)$$

where  $U_{in}$  – the utility value of the  $i$ -th transportation method chosen by the  $n$ -th type of passengers;  $w_i$  – weight coefficient of influencing factors;  $E_i, T_i, C_i, S_i, R_i$  – characteristic values of the  $i$ -th mode of transportation.

The Guangzhou – Zhuhai intercity transportation channel includes two modes of transportation: railways and highways, including ordinary railways, intercity railways, intercity buses, and cars. For the convenience of studying the passenger volume sharing rate within the Guangzhou – Zhuhai Intercity Railway, the following restrictions are made: due to the extremely low frequency and passenger flow of ordinary railways between Guangzhou and Zhuhai, only the Guangzhou – Zhuhai Intercity Railway is analyzed in railway transportation, and no research is

conducted on ordinary railways. In road transportation, research is only conducted on operating vehicles, namely intercity buses, and private cars are no longer studied.

### 3 Results.

#### 3.1 Solving the Utility Function Model.

By analyzing the characteristics of each facility, determine the characteristic values of each influencing factor.

##### 3.1.1 Security.

When calibrating the characteristic values of safety, the average mortality rate per unit of passenger turnover is used as a quantitative indicator of safety. According to existing survey data in China, the safety indicators for high-speed trains and buses are 0,018 people/100 million person kilometers and 18 people/100 million person kilometers, respectively.

##### 3.1.2 Fastness.

According to the current transportation conditions in Zhuhai, the transportation time for each mode of transportation within the city is approximately 0,5 hours. The average operating time for the Guangzhou – Zhuhai Intercity Railway is 0,88 hours, and the average operating time for buses on highways is 2,5 hours. Therefore, the total time for the intercity railway and bus between Zhuhai and Guangzhou is 1,38 hours and 3 hours, respectively.

##### 3.1.3 Convenience.

In the Guangzhou – Zhuhai intercity transportation channel, the frequency of urban rail departures is about 3,2 times/h, and the frequency of bus departures is about 2 times/h. The average waiting time for intercity passengers is taken as half of the departure time interval. Therefore, the total time required for the Guangzhou – Zhuhai intercity rail and bus services is 0,468 hours and 0,6 hours, respectively.

##### 3.1.4 Economy.

When calibrating the characteristic values of economy, the fare of transportation modes is used as the economic indicator. The average ticket price for intercity buses from Zhuhai to Guangzhou is 43,5 yuan; The first class ticket price for intercity railway is 90 yuan, and the second class ticket price is 70 yuan.

Based on the analysis of survey data, considering that intercity passengers tend to choose relatively economical second-class seats on the Guangzhou – Zhuhai Urban Railway in most cases, this article selects the ticket price of second-class seats as the economic measure.

##### 3.1.5 Comfort.

The measurement standards for passenger comfort of transportation vehicles include indicators such as the smoothness of transportation facility operation, riding environment, cabin congestion, and facility service quality. Quantify the per capita space occupied by vehicles and the vibration acceleration during operation as measurement indicators, and then scale these quantification indicators to form a comfort index  $C_i$ :

$$C_i = C_{space}^i + \frac{1}{C_a^i}, \quad (5)$$

where  $C_{space}^i$  – the quantified value of the space occupied by each person of the  $i$ -th type of transportation vehicle;  $C_a^i$  – the quantified value of the average vibration acceleration during the operation of the  $i$ -th type of carrier.

According to the study on the main technical and economic issues of high-speed railway passenger dedicated lines in China, the per capita occupancy space of high-speed trains and cars is 3,6 and 1,5, respectively, and the peak vibration acceleration is 1,5 and 3,6. According to formula 6, the comprehensive comfort indicators for urban rail and buses are 4,27 and 1,78, respectively.

In order to facilitate the comparison of the indicators of the influencing factors between the two transportation modes, the indicator values of the service attributes of each transportation facility are dimensionless in the following way, as shown in formulas 6 (Positive indicator) and 7 (Negative indicator).

$$X_i^* = \frac{X_i}{\max X_i}; \quad (6)$$

$$X_i^* = \frac{X_i}{\min X_i}, \quad (7)$$

where  $X_i$  – the measurement of each influencing factor;  $X_i^*$  – the characteristic values obtained through dimensionless transformation of various influencing factors.

The converted results, namely the characteristic values of each influencing factor in the utility function, are shown in Table 4.

**Table 4 – Eigenvalues of various influencing factors of utility function**

| Transportation method | Security | Fastness | Convenience<br>(negative indicator) | Economy<br>(negative indicator) | Comfort |
|-----------------------|----------|----------|-------------------------------------|---------------------------------|---------|
| Intercity railway     | 1,000    | 1,000    | 0,591                               | 1,000                           | 1,000   |
| Bus                   | 0,390    | 0,504    | 1,000                               | 0,875                           | 0,417   |

(Note – According to the «Research on the Passenger Transport Structure of Transportation Channels in China»[13], the safety index is first transformed into data of "people/billions of person kilometers", then transformed using natural logarithm method, and finally processed using formulas.)

By using SPSS software to analyze and process the data obtained from the survey questionnaire, the proportion of travelers with different income levels in the total sample data can be obtained. Meanwhile, the weighted average method is used to determine the weight coefficients of each influencing factor in the utility function. The weight coefficient represents the contribution of the influencing factors of each transportation mode to the utility value:

$$\tilde{\omega} = q_1\omega_{1i} + q_2\omega_{2i} + \dots + q_n\omega_{ni},$$

where  $\omega_i$  – the weight values of each influencing factor;  $q_i$  – type  $i$  the percentage of intercity travelers with the  $n$ th income level in the total number;  $\omega_{ni}$  – the weight value of intercity travelers with the  $n$ -th income level on the characteristics of transportation modes.

Thus, the degree to which intercity travelers with different income levels attach importance to the various characteristics of transportation facilities, as well as the weight coefficients of various influencing factors in the utility function, can be obtained. See Tables 5 and 6 respectively.

**Table 5 – Weight coefficients of influencing factors for travelers with different income levels**

| Passenger type           | Security | Fastness | Convenience | Economy | Comfort |
|--------------------------|----------|----------|-------------|---------|---------|
| Below 3000 yuan (26,7 %) | 0,16     | 0,24     | 0,14        | 0,35    | 0,11    |
| 3000–4500 yuan (24,2 %)  | 0,18     | 0,18     | 0,22        | 0,27    | 0,15    |
| 4500–6000 yuan (22,8 %)  | 0,12     | 0,23     | 0,25        | 0,28    | 0,12    |
| 6000–7500 yuan (12,9 %)  | 0,18     | 0,21     | 0,22        | 0,18    | 0,21    |
| Over 7500 yuan (12,4 %)  | 0,18     | 0,27     | 0,18        | 0,15    | 0,21    |

**Table 6 – Weight coefficients of various influencing factors in the utility function**

| Influence factor   | Security | Fastness | Convenience | Economy | Comfort |
|--------------------|----------|----------|-------------|---------|---------|
| Weight coefficient | 0,14     | 0,23     | 0,22        | 0,25    | 0,16    |

### 3.2 Calculation of intercity passenger flow sharing rate.

Calculate the utility value of intercity railways and buses using formula 5, as follows. The utility value of the Guangzhou – Zhuhai Intercity Railway is:

$$0,14 \cdot 1 + 0,23 \cdot 1 + 0,22 \cdot 0,591 + 0,25 \cdot 1 + 0,16 \cdot 1 = 0,910.$$

The utility value of intercity buses is:

$$0,14 \cdot 0,39 + 0,23 \cdot 0,504 + 0,22 \cdot 1 + 0,25 \cdot 0,875 + 0,16 \cdot 0,417 = 0,676.$$

The passenger volume sharing rate of intercity railways and expressways within the Guangzhou – Zhuhai intercity transportation channel is calculated as follows calculation of urban rail sharing rate:

$$p_1 = \frac{\exp(0,910)}{\exp(0,910) + \exp(0,676)} = 57,37 \ %.$$

Calculation of highway sharing rate:  $p_2 = 1 - p_1 = 42,63 \ %$ .

Comparing the current intercity passenger flow sharing rate and predicted sharing rate obtained from the survey, we can identify the gap between the two, providing support for coordinating the passenger transportation market and improving the passenger transportation structure. Based on actual survey data and predicted results, the comparison between the two is shown in Table 7.

**Table 7 – Comparison of Guangzhou – Zhuhai Intercity Passenger Transport Structure**

| Transportation method    | Intercity railway | Expressway |
|--------------------------|-------------------|------------|
| Actual survey value, %   | 59,50             | 30,10      |
| Model predicted value, % | 57,37             | 42,63      |

Through comparison, it can be seen that intercity railways are accepted and prioritized by most intercity passengers. The cancellation of intercity buses has a certain impact on the travel mode choices of passengers. In actual investigations, some intercity travelers are affected by the suspension of intercity buses. But overall, the prediction of passenger flow sharing rate on intercity railways has a certain degree of accuracy.

### 3.3 Calculation of Guangzhou Zhuhai City Railway Share Rate under Different Ticket Prices.

The changes in indicators such as operating speed and comfort of transportation modes require a significant amount of technology and material investment. Therefore, based on the above situation, assuming that the other characteristics of each mode of transportation remain unchanged, only considering changes in ticket prices, calculate and analyze the changes in the sharing rate of the Guangzhou – Zhuhai intercity railway under different ticket price conditions. Considering the policies and costs of the two modes of transportation, the fluctuation range of ticket prices for the Guangzhou – Zhuhai Intercity Railway is set to be 10 % lower and 30 % higher, while the ticket prices for the expressway are set to be 10 % higher and 10 % lower respectively. From the above conditions, it can be inferred that, the passenger sharing rate of the Guangzhou – Zhuhai Intercity Railway under different ticket prices is shown in Table 8.

**Table 8 – The passenger sharing rate of the Guangzhou – Zhuhai Intercity Railway under different ticket prices, yuan**

| Intercity Railway ticket price | Highway ticket price |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                | 39,2                 | 41,2   | 43,5   | 45,7   | 47,9   | 50,0   | 52,2   | 54,4   | 56,6   |
| 63,0                           | 0,5723               | 0,5692 | 0,5660 | 0,5640 | 0,5601 | 0,5574 | 0,5551 | 0,5529 | 0,5509 |
| 66,5                           | 0,5751               | 0,5733 | 0,5725 | 0,5665 | 0,5635 | 0,5606 | 0,5581 | 0,5559 | 0,5536 |
| 70,0                           | 0,5778               | 0,5751 | 0,5737 | 0,5695 | 0,5668 | 0,5638 | 0,5613 | 0,5588 | 0,5566 |
| 73,5                           | 0,5802               | 0,5776 | 0,5749 | 0,5723 | 0,5695 | 0,5670 | 0,5643 | 0,5618 | 0,5593 |
| 77,0                           | 0,5825               | 0,5798 | 0,5773 | 0,5749 | 0,5723 | 0,5797 | 0,5672 | 0,5638 | 0,5621 |

According to Table 8, when the ticket price of intercity buses is fixed, the lower the ticket price of urban rail, the higher the passenger flow sharing rate of urban rail; On the contrary, as the ticket price of urban rail increases, the passenger flow sharing rate of urban rail decreases. Overall, ticket prices have a certain impact on the passenger flow sharing rate. With the increase in intercity railway ticket prices, intercity travelers will also have fewer choices for this mode of

transportation. Therefore, it is necessary to establish reasonable ticket prices and coordinate the intercity passenger transportation system. By calculating and predicting the passenger flow sharing rate of urban rail under different ticket prices, it can provide strong basis for the fare formulation and facility improvement of transportation operation departments.

#### 4 Suggestions for the operation plan of the 4 trains.

By analyzing the travel behavior characteristics of passengers between Guangzhou and Zhuhai, as well as predicting the passenger flow sharing rate, feasible suggestions are provided for train operation, and more convenient and high-quality services are also provided for the travel of passengers between Guangzhou and Zhuhai.

In terms of travel time slots, the travel time slots for passengers are not fixed, and the distribution of travel time slots is not entirely the same. According to the investigation and analysis, railway operation departments should increase the frequency of train departures during peak passenger travel hours, and increase the number of train departures during weekends or holidays to alleviate the tense peak passenger flow.

In terms of balancing train occupancy, the comfort of residents is closely related to the occupancy rate of the train. A high occupancy rate can lead to a decrease in passenger comfort; A low occupancy rate can lead to wastage of operating costs. Therefore, the operations department should consider comprehensively and strive to find a balance between the two.

#### REFERENCES

1 *Deserpa, A.* Microeconomic theory and the evaluation of travel time: Some clarification / *A. Deserpa* // *Regional and Urban Economics*. – 1973 (4). – P. 401–410.

2 *McFadden, D.* A Method of Simulated Moments for Estimation of Discrete Response Models Without Numerical Integration / *D. McFadden* // *Econometrica*, 1989(5). – P. 995–1026.

3 *Ben-Akiva.* Discrete Choice Analysis: The Theory and Application to Travel Demand / *Ben-Akiva, R. L. McFadden.* The MIT Press, Cambridge Massachusetts, 1987. – P. 21–24.

4 *Espino, R.* Understanding Suburban Travel Demand: Flexible Modeling With Revealed and Stated Choice Data / *R. Espino, J. Ortuzar, C. Roman* // *Transportation Research Part A Policy & Practice*. – 2007(10). – P. 899–912.

5 *Feng, Yan.* Research on the Calculation of Passenger Volume Sharing Rate in Intercity Transportation Channels Based on Logit Model / *Yan Feng, Li Dewei* // *Railway Transportation and Economy*. – 2016 (4). – P. 47–51.

6 *Hongyan, Xiang.* Modeling the behavior of intercity short distance travel mode selection within urban agglomerations / *Xiang Hongyan, Ren Xiacong, Chen Jian* // *Journal of Chongqing Jiaotong University*, 2016 (3). – P. 129–133.

7 *Xuelin, Zheng.* Analysis of Factors Influencing Residents' Transportation Mode Choice Behavior / *Zheng Xuelin, Gan Hongcheng* // *Journal of Shanghai University of Technology*. – 2013 (6). – P. 563–566.

8 Hao, Xiaoni. A study on the behavior of intercity travel mode selection in urban agglomerations based on the random coefficient Logit model / Xiaoni Hao, Wenhan Shi, Jianrong Liu // Traffic Information and Safety. – 2022 (5). – P. 139–146.

9 Li, Wan-wen. The influencing factors of travel mode choice in intercity tourism / Wan-wen Li, Yi-chi Liu // Integrated Transport. – 2022(10). – P. 24–29.

10 Fuli, Chen. Study on the characteristics of intercity travel behavior in urban agglomerations / Chen Fuli. Xi'an. – Chang'an University, 2010. – P. 6–15.

11 Li, Honghui. Analysis of Transportation Mode Choice Behavior of Residents in the Beijing Tianjin Hebei Urban Agglomeration for Intercity Travel / Honghui Li. Beijing. – Beijing Jiaotong University, 2020. – P. 5–12.

12 Shao, Chunfu. Principles of Urban Planning / Chunfu Shao. – Beijing : China Railway Press, 2014. – P. 182–196.

13 Fan, Yanlong. Research on the Passenger Transport Structure of Transportation Channels in China / Y. Fan. – Chang'an University, 2005. – P. 12–16.

*Л. КАННИ*

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАССАЖИРОПОТОКА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ГУАНЧЖОУ – ЧЖУХАЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЗАПРОСОВ ПАССАЖИРОВ**

Представлены результаты анкетного опроса пассажиров железнодорожного транспорта, курсирующего по маршруту Гуанчжоу – Чжухай с оценкой характеристик качества пассажирских перевозок на основании анализа сервисных функций Logit-модели, что позволяет изучить спрос на транспортные услуги при различных ценовых диапазонах по стоимости билета и тем самым найти наиболее эффективные и экономически целесообразные решения по обслуживанию пассажиров.

Получено 29.11.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 656.225.073:656.064

*Н. А. КЕКИШ*

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

### **ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МАССОВОГО КОНТЕЙНЕРПОТОКА НА ТЕРМИНАЛЬНО-СОРТИРОВОЧНОМ КОМПЛЕКСЕ**

Рассматривается один из аспектов потенциальной трансформации технологии перевозочного процесса при потенциальной массовой контейнеризации грузопотока – изменение технологии переработки вагонов на технических станциях. Показано, что в

условиях массовой контейнеризации возникает дуальность объекта переработки, в качестве которого может выступать как вагон, так и контейнер, за счет чего расширяется спектр возможных технологических решений по сортировке. Предлагается принципиально новая технология переработки массового контейнеропотока на инфраструктурной базе терминально-сортировочного комплекса. Общее описание предлагаемой технологии переработки контейнеропотока, приведенное в статье, включает принципиальное планировочное решение терминально-сортировочного комплекса, особенности применения на линиях с тепловозной и электровозной тягой, а также сравнительный анализ преимуществ по отношению к традиционной технологии горочной сортировки вагонов.

Контейнеризация перевозок на железнодорожном транспорте многими исследователями рассматривается как не более чем одна из удобных технологий транспортировки мелких и средних партий груза. В отношении интермодальных транспортных систем с участием железнодорожного транспорта эффект контейнеризации, как правило, сводится к классическим сравнительным преимуществам перевозки в контейнере: повышение сохранности груза, ускорение доставки за счет сокращения продолжительности грузовых операций в начально-конечных пунктах перевозки и в пунктах смены видов транспорта [1, 2]. В настоящее время контейнерная технология транспортировки интегрирована как частный случай в повагонную технологию. Хотя она и имеет некоторые особенности реализации, прежде всего в части терминальной обработки, в целом подчиняется общепринятым принципам организации перевозочного процесса. Планирование контейнерных перевозок осуществляется по тому же заявительному механизму, что и повагонных. План формирования ориентирован на включение в процесс поездобразования в качестве элементарных единиц вагонов с контейнерами и не опускается на уровень контейнеров. Существующие методики расчета плана формирования недостаточно учитывают влияние организации контейнеропотоков на систему организации вагонопотоков в целом [3]. Переработка транзитного контейнеропотока на технических станциях осуществляется как переработка вагонопотока без разъединения единицы подвижного состава и соответствующих комплектов контейнеров. Если же предусматривается сортировка именно контейнеров, то с точки зрения работы с вагонами процесс протекает по принципу работы с местным вагоном (прибытие – расформирование состава – подача вагонов с контейнерами на терминал – выгрузка – простой на терминале – погрузка на поданный вагон – уборка на техническую станцию – сортировка – включение в состав – отправление). Технология выполнения местной работы с контейнерами также базируется на развозе вагонов с контейнерами непосредственно до пункта назначения, т. е. используется тот же метод разграничения доли видов транспорта в интермодальной логистической цепи, что и для неконтейнеризируемых грузов.



Данный подход в целом можно считать оправданным при сравнительно небольшой доле контейнерных отправок в общем объеме. Однако при наблюдающемся сейчас устойчивом тренде к контейнеризации грузопотоков, поддерживаемом как со стороны перевозчиков, так и со стороны грузовладельцев, можно ожидать, что в определенный момент контейнеры перейдут в категорию приоритетного вида отправок. Массовая контейнеризация потребует изменения существующей парадигмы организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте во всех ее аспектах для максимально полной реализации преимуществ контейнерной технологии. В данной работе рассматривается один из таких аспектов потенциальной трансформации технологии перевозочного процесса – переработка вагонов на технических станциях.

Технологическая сущность переработки вагонопотока на технических станциях состоит в необходимости подбора в один состав вагонов общего назначения по плану формирования. Элементарной единицей состава является вагон. Для накопления на состав используются вагоны прибывших транзитных поездов и поездов, выполняющих местную работу. Подбор вагонов в состав поезда определенного назначения выполняется двумя основными методами: сортировкой прибывших в расформирование составов (через горку и вытяжные пути) или перецепкой групп. Следует отметить, что для формирования групп, с которыми на дальнейших станциях будет выполняться операция перецепки, тоже задействуются сортировочные устройства. Вагоны дальних маломощных струй вагонопотоков при такой системе проходят несколько последовательных сортировок, если не применяется групповой принцип формирования.

При преобладании маломощных струй в общей структуре вагонопотока данная технология поездообразования имеет множество недостатков: растут простои и затраты, связанные с переработкой вагонопотока, повышается риск повреждения вагонов и грузов в процессе выполнения сортировочной и маневровой работы. Однако без наличия достаточного объема вагонопотока на дальние назначения сократить потенциальное количество переработок можно только за счет отправления составов переменной величины, что далеко не всегда может быть экономически оправдано.

При контейнеризированном грузопотоке состав, состоящий только из вагонов с контейнерами, можно рассматривать в качестве совокупности как вагонов, так и находящихся на них контейнеров. Дуальность элементарной единицы системы поездообразования в этих условиях (вагон с контейнером / комплектом контейнеров общего назначения или каждый отдельный контейнер) требует изменения подхода к самому принципу сортировки. Задача по-

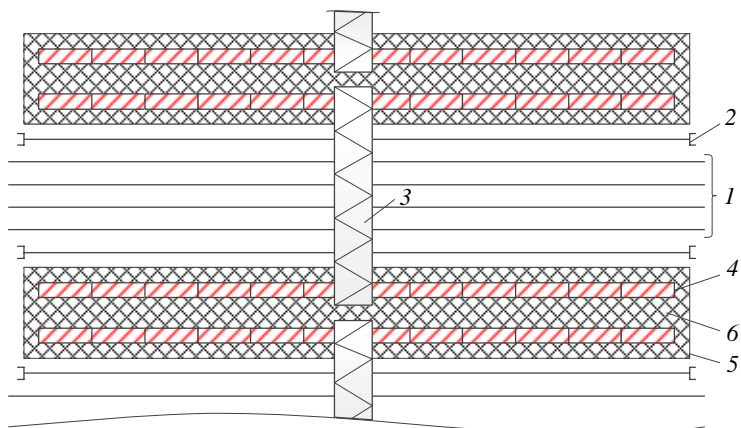
ездообразования состава своего формирования может быть сформулирована в нескольких постановках:

- 1) подбор вагонов одного назначения плана формирования;
- 2) подбор групп вагонов с комплектами контейнеров одного назначения плана формирования;
- 3) подбор комплекта контейнеров на весь состав одного назначения плана формирования.

Третья постановка задачи дает возможность использования интермодального характера контейнерной перевозки, а именно быстрого механизированного перемещения между разными транспортными средствами. Традиционно интермодальность понимается как взаимодействие различных видов транспорта, но в контексте переработки на технической станции тот же принцип может быть реализован и в отношении двух различных транспортных средств одного вида транспорта. Таким образом, если задача ездообразования ставится как задача формирования комплекта контейнеров общего назначения плана формирования, то арсенал методов переработки дополняется перегрузкой, которая для массово контейнеризованного грузопотока может выступать в качестве основной технологии формирования поездов.

Для реализации технологии переработки уже не только вагонопотока, но и контейнеропотока, необходим специальный терминально-сортировочный комплекс (ТСК), который представляет собой сочетание сортировочного парка и перегрузочного терминала, аналогичного по принципу работы перегрузочному терминалу в пунктах смены ширины колеи. На линиях с электрической тягой парк приема и отправления должны располагаться отдельно от ТСК, последовательно или параллельно по отношению к нему.

ТСК работает как динамическая система, в которой непрерывно идет процесс перемещения контейнеров между находящимися на путях составами и промежуточными площадками. Результатом этого процесса является комплектование вагонов каждого из поездов, планируемого к отправлению, набором контейнеров соответствующих назначений. При организации процесса перестановки должна использоваться система приоритетов и ограничений, которая позволит выполнить сортировку безопасно и экономически эффективно. Параметрами комплексного критерия эффективности в данном случае могут быть минимум выполняемых контейнеро-операций, минимум затрат на одну контейнеро-операцию, минимум контейнеро-часов и вагоно-часов простоя в сутки на ТСК и др. Принципиальная схема фрагмента ТСК, расположенного последовательно с парками приема и отправления, представлена на рисунке 1.



Условные обозначения:

- 1 – пути для обрабатываемых поездов; 2 – подкрановые пути; 3 – кран;  
 4 – место для постановки контейнеров; 5 – промежуточная площадка;  
 6 – технологический проезд

Рисунок 1 – Принципиальная схема терминально-сортировочного комплекса (фрагмент)

Перестановка контейнеров идет в обоих направлениях между составами и площадками (состав ⇄ состав, площадка ⇄ состав, площадка ⇄ площадка). Состав в ТСК является конечным пунктом перестановки контейнеров, площадка – промежуточным пунктом, на который контейнеры переставляются исходя из технологических соображений (невозможность прямой перестановки в один цикл из-за большого расстояния между начальным и конечным пунктами; необходимость освобождения вагона для операции перестановки с более высоким приоритетом, отсутствие на ТСК в данный момент состава, в который нужно переставить транзитный или местный контейнер). Если планом формирования и существующей технологией работы это предусмотрено, то в составах могут быть как груженные контейнерами, так и порожние вагоны.

В общем случае предполагается, что состав поезда в смысле количества вагонов на ТСК не изменяется, поэтому операции перецепки вагонов не производятся. При необходимости отцепки вагонов в связи с переломом массы / длины поездов на направлении на ТСК поступает первоначальный состав, контейнеры из отцепляемой хвостовой / головной части перегружаются на другой состав или промежуточную площадку, после чего вагоны отцепляются и убираются, состав закрепляется и процесс сортировки продолжается. Отцепка и прицепка порожних вагонов с связи с переломом массы / длины составов производится в парке прибытия.

ТСК как инфраструктурная основа для реализации технологии переработки контейнерных поездов методом перегрузки предполагает реализацию

совершенно новых принципов расчета потребности в путевом развитии и по сравнению с сортировочными парками, и по сравнению с грузовыми контейнерными терминалами, и по сравнению с перегрузочными комплексами в пунктах смены ширины колеи. На потребность в путевом развитии ТСК одновременно влияет целый комплекс взаимосвязанных факторов, которые при аналогичном расчете для перечисленных выше инфраструктурных объектов либо учитываются изолированно, либо вообще не учитываются: количество назначений плана формирования для данной станции, интенсивность прибывающего вагонопотока и контейнеропотока, структура контейнеропотока по типам прибывающих и отправляющихся контейнеров (типоразмер, груженный / порожний), величина прибывающих и отправляющихся составов, средняя продолжительность одной контейнеро-операции, среднее количество контейнеро-операций на каждый перерабатываемый контейнер, средний простой состава каждой категории (транзитные, местные, подачи). Кроме потребности в путевом развитии для ТСК потребуется выполнить расчет потребной перерабатывающей способности сортировочных устройств, в качестве которых в данном случае выступают перегрузочные механизмы, а также расчет потребной площади промежуточных перегрузочных площадок для временной постановки перемещаемых контейнеров.

На линиях с тепловозной тягой или любыми другими видами автономной тяги, не предполагающими наличия контактной сети, парк приема, отправления и ТСК теоретически могут быть объединены в многофункциональный парк, в котором последовательно выполняются операции по прибытию, сортировке контейнеров, отправлению поезда без перемещения состава. Достоинством такого объединенного парка является его компактность по сравнению с отдельными парками приема, отправления и ТСК, что позволит при реконструкции станции в условиях жестких территориальных ограничений выполнить ее в пределах существующей станционной площадки, особенно при изначальной схеме станции с параллельным расположением парков. При необходимости отцепки вагонов в составе из-за технической неисправности можно сразу же выполнить съём стоящих на вагоне контейнеров и включить их в процесс сортировки, параллельно выполняя маневровую работу по отцепке неисправных вагонов.

Преимущества выполнения переработки вагонопотока с контейнеризированными грузами методом перегрузки на ТСК по сравнению с технологией горочной сортировки:

- параллельная обработка сразу всех составов, находящихся в парке, включая группы контейнеров, временно стоящие на промежуточных площадках;

- возможность задания любой последовательности перестановки контейнеров исходя из предпочтительного критерия оптимальности или ком-

плексного критерия, определяющего приоритет обработки определенной категории контейнеров или вагонов;

- возможность гибкого изменения количества назначений плана формирования;

- отсутствие направления сортировки и в связи с этим гибкая адаптация к любой смене направления следования вагонопотоков / контейнеропотоков;

- отсутствие необходимости подбора комплектов контейнеров по направлениям следования на начальных пунктах погрузки (грузовые терминалы, пути необщего пользования);

- возможность комплектования контейнеров и детального подбора по вагонам в составах местных поездов и подач в соответствии с порядком дальнейшего следования для минимизации маневровой работы на станциях обслуживаемого района;

- возможность эффективного управления процессом сортировки при различных объемах сортировочной работы, гибко регулируя количество задействованных механизмов и персонала;

- сортировку можно выполнять только с необходимым количеством контейнеров и вагонов, а не со всеми контейнерами. Например, комплекты контейнеров дальних назначений, стоящие на вагонах, не проходят процедуру сортировки, если состав, в котором находятся такие вагоны, после сортировки продолжает следование в направлении их конечного пункта назначения. При горочном способе все вагоны в расформировываемых составах проходят процедуру роспуска или осаживания в парк локомотивом, что приводит к дополнительной сортировке вагонов дальних назначений;

- способ сортировки является универсальным для всех типов контейнеризированных грузов, включая опасные (для роспуска с горки не подходит значительная часть вагонов с грузами, для перегрузки подходят контейнеры всех типов);

- способ сортировки является универсальным для различных типов фитинговых платформ, включая длиннобазные вагоны;

- широкие возможности для автоматизации планирования и выполнения сортировочной работы с контейнерами;

- практически полное исключение маневровой работы, связанной с сортировкой вагонов (заезд, надвиг, роспуск, осаживание, маневры с вагонами, запрещенными к роспуску с горки, повторные сортировки);

- полное исключение повреждений вагонов, связанных с горочной сортировкой вагонов и сопутствующей маневровой работой;

- существенное сокращение персонала, связанного с горочной сортировкой вагонов и сопутствующей маневровой работой;

- благодаря автоматизированному плану перегрузки и сформированному составу из конкретных вагонов ускоряется документальное оформление поездов своего формирования;

Непосредственно в процессе сортировки могут быть выполнены съём и перестановка контейнера с техническим или коммерческим браком на специально выделенную площадку, где можно выполнить осмотр контейнера или груза, очистку, наложить отсутствующие пломбы, перегрузить на вагон либо автомобиль для доставки в ремонт.

Среди недостатков предлагаемой технологии переработки на ТСК можно выделить следующие наиболее значимые:

- большие инвестиции в сооружение нового ТСК либо реконструкцию существующего сортировочного парка в ТСК, а также в перегрузочное оборудование;

- необходимость разработки программных продуктов для расчета оптимального порядка выполнения сортировочной работы методом перегрузки, а при автоматизации ТСК – программно-аппаратных средств для управления его работой;

- затруднения в работе перегрузочного оборудования в экстремальных погодных условиях (сильный продолжительный снегопад, шквальный ветер). Следует отметить, что горочные комплексы испытывают затруднения при работе в обычных зимних условиях (изменения условий скатывания и торможения вагонов в сильный мороз, при снегопаде, гололеде, шквальном ветре).

Важно понимать, что ТСК как техническое средство реализации альтернативного горочной технологии метода переработки вагонопотока со всеми его достоинствами и недостатками должен рассматриваться не сам по себе, а как часть процесса массовой контейнеризации. Системный трансформирующий эффект массовой контейнеризации грузопотока в интермодальных системах с участием железнодорожного транспорта проявляется на всех этапах перевозочного процесса. На этапе переработки вагонопотока, перераспределения грузопотоков по направлениям новая элементарная единица перевозочного процесса – контейнер – требует радикально нового подхода к переработке, который способен не только реализовать все заложенные в нем преимущества, но и решить десятилетиями копившиеся проблемы традиционной технологии путем отказа от нее. Технология переработки путем обмена групп может быть при определенных условиях органично интегрирована в процесс переработки контейнеропотока как вспомогательный метод. Горочная технология при массовом контейнеропотоке, как показал приведенный выше анализ, переносит на контейнерную перевозку все имеющиеся в ней на сегодняшний день недостатки и никак не использует одного из главных преимуществ контейнера – возможности разделения подвижной части и грузового отсека, поэтому вряд ли сможет способствовать повышению качественных показателей железнодорожных перевозок с преимущественно контейнеризованным потоком.

Суммируя вышесказанное, можно сделать вывод, что массовая контейнеризация наряду с другими значимыми изменениями в организации пере-

возочного процесса потребует трансформации технологии переработки вагонопотока на технических станциях. Выбор технологии перегрузки на инфраструктурной базе ТСК обусловлен ориентацией на контейнер как на объект сортировки и использованием в этой технологии изначальных интермодальных характеристик контейнера: универсальность принципа перемещения, возможность комбинирования с разными подвижными единицами и другими контейнерами, возможность параллельного выполнения операций. Именно адаптация технологии к объекту и интеграция ее в перевозочный процесс железнодорожного транспорта в данном случае дает возможность реализовать преимущества контейнерной логистики на уровне интермодальной системы в целом, а не только на уровне выполнения отдельного этапа перевозки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Резер, С. М. Контейнеризация грузовых перевозок / С. М. Резер // Транспорт: наука, техника, управление : науч. инфор. сб. / гл. ред. С. М. Резер. – 2010. – № 6. – С. 2–6.
- 2 Лёвин, С. Б. Формулы эффективности контейнеризации грузопотоков / С. Б. Лёвин // Мир транспорта. – 2015. – Т. 13, № 2. – С. 74 – 85.
- 3 Осьминин, Л. А. Расчет плана формирования вагонов с контейнерами в международном сообщении : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.08 / Л. А. Осьминин. – СПб. : ПГУПС, 2009. – 16 с.
- 4 Сычев, Е. А. Повышение эффективности работы сортировочных горок железнодорожных станций / Е. А. Сычев, Е. И. Сычев // Проблемы безопасности на транспорте : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1 ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2019. – С. 81–82.

*N. A. KEKISH*

#### **PRINCIPAL FUNDAMENTALS OF TECHNOLOGY FOR PROCESSING MASSIVE CONTAINER FLOW AT THE TERMINAL SORTING COMPLEX**

This paper examines one of the aspects of the potential transformation of the technology of the transportation process with the potential large-scale containerization of cargo flow – a change in the technology for processing wagons at technical stations. It is shown that in the conditions of large-scale containerization, a duality of the processing object arises, which can be either a wagon or a container, due to which the range of possible technological solutions for sorting expands. A fundamentally new technology for processing massive container flow on the infrastructure base of a terminal-sorting complex is proposed. The general description of the proposed technology for processing container flow, given in the article, includes the fundamental planning solution of the terminal-sorting complex, features of application on lines with diesel and electric locomotive traction, as well as a comparative analysis of the advantages in relation to the traditional technology of hump-type sorting of wagons.

Получено 22.11.2023

УДК 656.21.001:004

*С. С. КОЖЕДУБ, И. П. ДРАЛОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*kozhesdub@gmail.com*

## **РАЗРАБОТКА ВИЗУАЛЬНОГО РЕДАКТОРА МАСШТАБНЫХ ПЛАНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ**

Представлен подход к созданию компьютерного редактора проектирования плана железнодорожных станций, который является важным инструментом для разработки и оптимизации инфраструктуры железнодорожных станций. Описываются процесс разработки редактора, его функциональные возможности, преимущества, а также результаты проведенных экспериментов с использованием приложения.

Масштабный план путевого развития и технического оснащения железнодорожной станции представляет собой графическое представление объектов станции в заданном масштабе. На плане полностью отображается путевое развитие станции, включающее такие элементы, как участки пути, стрелочные переводы, глухие пересечения и т. д. На плане также указываются объекты технического оснащения станции: сигналы, предельные столбики, упоры, здания и сооружения. Однако на масштабном плане путевого развития и технического оснащения железнодорожной станции отражаются и условные графические элементы, не соответствующие заявленному масштабу. Обозначения стрелочных переводов, сигналов и многих других объектов станции формируются как определённые визуальные образы, совпадающие с реальными прототипами только по координатам точек привязки. Эти условные формы на плане занимают в пять-шесть раз большую площадь, чем реальные прототипы на станционной площадке.

Каждый графический объект на плане приводится во взаимно однозначное соответствие со сведениями, хранящимися в базе данных о соответствующем физическом объекте. Все графические объекты разделяются на точечные (светофоры, предельные столбики), линейные (участки пути, стрелочные переводы) и площадные (здания и сооружения).

Точечные и площадные объекты являются изолированными, отграниченными от прилегающих объектов. Линейные объекты, обеспечивающие целостность путевой схемы при хранении цифрового плана, должны контролироваться по точкам связи (рисунок 1).





Рисунок 1 – Пример связи линейных объектов

Точки связи являются общими для двух смежных графических объектов, вступающих во взаимодействие, которое заключается в том, что некоторые параметры, называемые контактными, имеют одинаковые значения соответствующего атрибута для обоих графических объектов.

Существующая технология производства изыскательских и проектных работ на станциях основывается на использовании информационных технологий, однако по причине отсутствия профильной среды автоматизации обработки данных съемки и дальнейшего их применения в проектировании эффективность САПР незначительная.

Задачу повышения эффективности проектной работы может решить графический редактор, обеспечивающий создание, основных элементов путевого развития железнодорожных станций. Определим алгоритм приложения и используемые классы для формирования взаимосвязи объектов между собой.

Чертеж как некоторая объектная сущность, имеющая геометрические размеры, прямоугольную форму или некоторые другие геометрические фигуры и отображаемая на поверхности, описывается отдельным классом. Набор методов класса сформирован исходя из следующих соображений. Каждая фигура, существующая в рамках чертежа, является объектом соответствующего класса. Верхним в иерархии является абстрактный класс `Shape`. Потомками `Shape` являются классы, представляющие собой линию, прямоугольник / квадрат, эллипс / окружность и произвольный контур, используемый для построения таких элементов как участки пути, стрелочные переводы, глухие пересечения и т. д.

Внутри чертежа инкапсулировано хранилище геометрических фигур (`shapes`), представленное списком. Важной особенностью данного хранилища является то, что в его содержание можно вносить изменения. Важнейшим элементом интерфейса графического редактора является рабочая область (она же область проектирования, в некоторых программах называется «холст»), визуализирующая чертеж. В данной программе рабочая область является пользовательским компонентом, унаследованным от `UserControl` (`class DrawCanvas : UserControl`). Ключевой особенностью данного компонента является способность к масштабированию. Вызывая соответствующие методы, пользователь может увеличивать или уменьшать размер рабочей области.

Поскольку рабочая область может иметь произвольный масштаб, а масштаб объектов внутри чертежа всегда равен 100 %, при работе с мышью возникает необходимость пересчёта координат курсора, а при отображении графических объектов – необходимость пересчёта их размеров с учётом коэффициента масштабирования.

Программа предоставляет пользователю определённые инструменты для работы с графическими объектами (рисование фигур, заливка и т. д.). Каждый существующий в программе инструмент является объектом соответствующего класса. Верхним в иерархии является абстрактный класс Shape. От него унаследованы остальные классы инструментов. Всего их 5, но благодаря использованию объектного подхода их количество может быть увеличено без существенных изменений в коде программы.

Для удобства все доступные инструменты реализованы в виде набора, из которого пользователь выбирает необходимые нажатием соответствующей кнопки на панели инструментов. Такой набор инкапсулирован в отдельном классе. Использование набора инструментов позволяет упростить код.

Структура классов проекта представлена на рисунке 2.

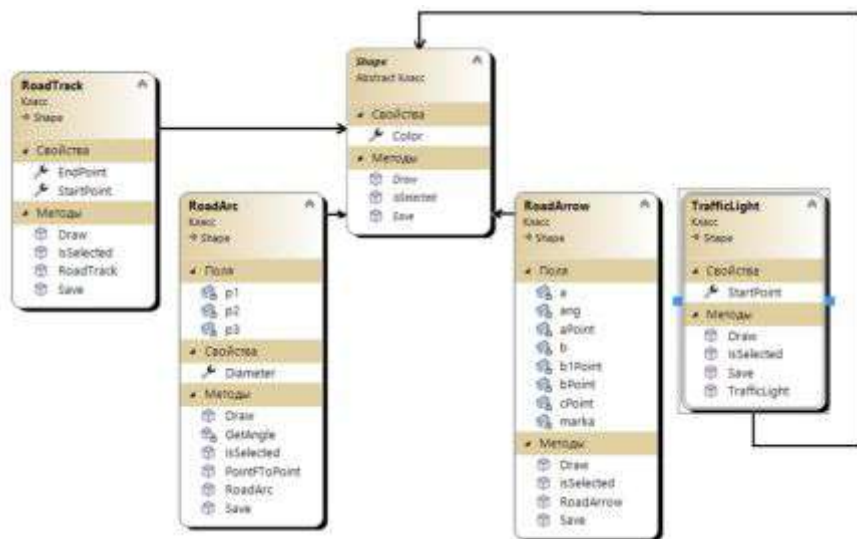


Рисунок 2 – Структура классов графических примитивов в проекте

Для того чтобы вычертить в приложении железнодорожный путь, необходимо выбрать на панели инструментов пиктограмму «Путь» и активизировать её в области рисования, после чего обработчик данного события определит, что в момент нажатия был выделен соответствующий инструмент. После этого будет создан динамический объект этого типа с присвоением первой точки координат текущего положения курсора (рисунок 3).

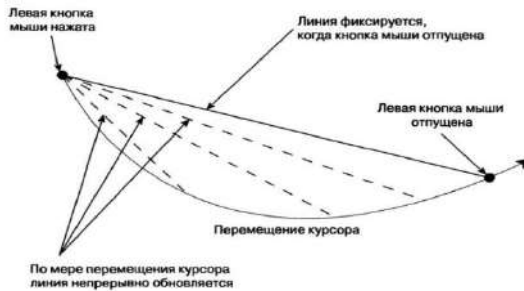


Рисунок 3 – Построение железнодорожного пути

По мере перемещения мыши объект должен перерисовываться, соединяя первую точку с положением курсора. В момент опускания кнопки, линия приобретает свою окончательную форму. Построение остальных фигур происходит аналогичным образом.

Чтобы обеспечить программе возможность рисования фигур указанным способом, необходимо использовать определенные свойства манипулятора мыши:

- нажатие кнопки мыши сигнализирует о начале операции рисования;
- местоположение курсора при нажатии кнопки мыши определяет начальную точку фигуры;
- перемещение мыши после обнаружения нажатия кнопки мыши является сигналом рисования фигуры, а позиция курсора представляет точку привязки фигуры;
- позиция курсора во время отпускания кнопки мыши сигнализирует о том, что нарисован окончательный вариант визуального образа фигуры.

Вся эта информация предоставляется операционной средой в форме сообщений, отправленных программе. Реализация процесса вычерчивания почти полностью состоит из формирования обработчиков сообщений.

Программа должна обрабатывать любую последовательность элементов. Поэтому предполагается, что применение указателя базового класса для выбора функции конкретного класса элемента с целью его рисования может упростить задачу. При этом не нужно знать, какая это фигура. До тех пор, пока обращение к элементу происходит через указатель его базового класса, всегда можно нарисовать этот графический элемент с помощью виртуальной функции. Классы, определяющие конкретные фигуры, разделяют общий базовый класс, и в этом классе все функции, которые должны выбираться автоматически во время выполнения, являются виртуальными.

Редактор основан на графическом интерфейсе пользователя, который позволяет визуализировать и редактировать план станции. Также редактор обладает возможностями автоматической расстановки элементов инфраструктуры и оптимизации плана станции (рисунок 4).

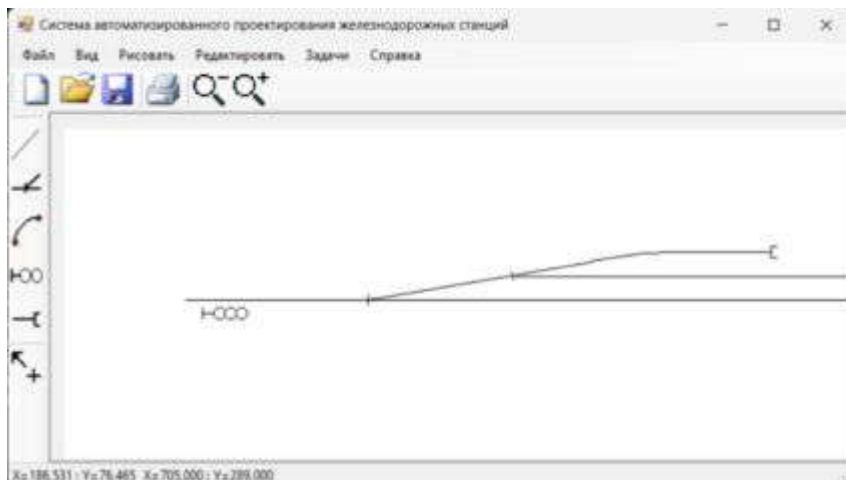


Рисунок 4 – Общий вид программы

Таким образом, реализована технология построения масштабного плана железнодорожной станции, на основании которой были получены все необходимые входные данные для разработки базы данных соответствующей автоматизированной системы. Разработанное приложение позволяет проектировать широкий перечень наименований объектов путевого развития железнодорожной станции. Разработка приложения осуществлялась на объектно-ориентированном языке C# в среде Microsoft Visual Studio 2022. Интерфейс приложения построен с использованием технологии Windows Forms.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Техника и технология автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов (практика применения и перспективы) : учеб. пособие / Н. В. Правдин [и др.]. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2014. – 400 с.
- 2 Бондарь, А. Г. Microsoft SQL Server 2012 / А. Г. Бондарь. – СПб. : БХВ-Петербург, 2013. – 608 с.
- 3 Тюкачев Н. А. C#. Программирование 2D и 3D векторной графики : учеб. пособие / Н. А. Тюкачев, В. Г. Хлебостроев. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2020. – 320 с.

*S. S. KOZHEDUB, I. P. DRALOVA*

#### **DEVELOPMENT OF THE VISUAL EDITOR THE SCALE PLANS RALWAY STATIONS**

The approach to creation of the computer editor designing the plan railway stations is submitted which the important tool for development and optimization of an infrastructure of railway stations. The process of development the editor, his functionality, advantage, and also results of the carried out experiments with use of the appendix is described.

Получено 26.10.2023

УДК 656.212.6.073.235

*М. М. КОЛОС, Е. Н. ПОТЫЛКИН*

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

## **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФРОНТОВ ПОГРУЗКИ-ВЫГРУЗКИ**

Рассмотрены проблемные ситуации, с которыми сталкиваются грузоотправители, грузополучатели на железнодорожном транспорте в Республике Беларусь при определении перерабатывающей способности фронтов погрузки-выгрузки. Предложено выделять максимальную и эксплуатационную перерабатывающую способность фронтов для планирования работы предприятия. Результаты исследования могут быть использованы при организации взаимодействия железнодорожных станций с путями необщего пользования.

Важнейшую роль в обеспечении эффективной деятельности промышленных предприятий Республики Беларусь имеет организация перевозок грузов, которая должна полностью удовлетворять их потребности. Для предприятий, перевозка грузов которых осуществляется в основном железнодорожным транспортом, решение данной задачи обеспечивается реализацией единой технологии работы железнодорожных путей необщего пользования и станций примыкания, внедрением передовых методов труда, прогрессивных технических норм, направленных на рациональное использование подвижного состава и сокращение простоев вагонов. При осуществлении указанного взаимодействия в качестве ограничивающих параметров выступают перерабатывающая способность фронтов погрузки-выгрузки и пропускная способность путей и участков.

Перерабатывающая способность фронта погрузки-выгрузки в соответствии с Методическими рекомендациями по расчету пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных сооружений и устройств определяется по формуле [1]

$$m_{\text{тр}} = \frac{T_{\text{р}}^{\phi} - \sum t_{\text{пост}}^{\phi}}{T_{\text{ц}}^{\phi}(1 + \rho_{\phi})} E_{\phi}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{р}}^{\phi}$  – период работы фронта погрузки-выгрузки,  $T_{\text{р}}^{\phi} = 1440$  мин/сут;  
 $\sum t_{\text{пост}}^{\phi}$  – время выполнения на грузовом фронте постоянных операций (текущий осмотр и ремонт погрузочно-разгрузочных механизмов и др.),

$\sum t_{\text{пост}}^{\Phi} = 60$  мин;  $E_{\Phi}$  – вместимость фронта погрузки-выгрузки (размер фронта одновременной подачи), ваг.;  $T_{\text{ц}}^{\Phi}$  – продолжительность цикла обработки одной подачи, мин/подачу,

$$T_{\text{ц}}^{\Phi} = t_{\text{раст}} + t_{\text{гр}} E_{\Phi} + t_{\text{сб}} + t_{\text{доп}}, \quad (2)$$

$t_{\text{раст}}$  – время расстановки вагонов у фронта, мин/подачу;  $t_{\text{гр}}$  – средняя продолжительность грузовой операции с группой одновременно поданных вагонов, мин/подачу;  $t_{\text{сб}}$  – время сборки вагонов на фронте погрузки-выгрузки, мин/подачу;  $t_{\text{доп}}$  – продолжительность дополнительных операций с вагонами, например подтягивание вагонов вдоль фронта, снятие, наложение пломб и др., мин/подачу;  $\rho_{\Phi}$  – коэффициент, учитывающий возникновение отказов технических устройств на фронте;

При этом продолжительность цикла обработки одной подачи может принимать разные значения в зависимости от рода подвижного состава, подаваемого на фронт. Поскольку каждый род вагона будет характеризоваться своей продолжительностью грузовой операции, необходимость выполнения подготовительно-заключительных операций.

В результате проведенных исследований выявлено, что промышленные предприятия могут поставлять насыпные грузы без упаковки или упакованными в одноразовые биг-бэги или многооборотные биг-бэги для сыпучих грузов. Соответственно, погрузка груза может производиться по одному из возможных вариантов:

- неупакованный груз насыпью в вагон-хоппер;
- неупакованный груз насыпью в специализированный балкерный 20-футовый контейнер на фитиновой платформе;
- неупакованный груз насыпью в полувагон со вкладышем, с последующей увязкой вкладыша;
- груз, упакованный в одноразовые биг-бэги, с загрузкой в полувагон;
- груз, упакованный в одноразовые биг-бэги, с загрузкой в универсальный контейнер на фитиновой платформе;
- груз, упакованный в многооборотные биг-бэги с загрузкой в полувагон.

Необходимо учитывать, что вместимость фронта погрузки-выгрузки  $E_{\Phi}$  также будет меняться ввиду того, что различный подвижной состав имеет разную длину по концам автосцепки.

В такой ситуации фронт погрузки-выгрузки будет иметь различные значения перерабатывающей способности для разного рода подвижного состава. При этом на практике в подавляющем большинстве случаев состав подачи на фронт включает вагоны различного рода, а предприятиям необходимо знать, какие максимальные объемы продукции они могут отгрузить в условиях неопределенности структуры поставок по роду подвижного со-

става. Решением может являться дифференциация перерабатывающей способности фронта погрузки-выгрузки на максимальную и эксплуатационную.

Под максимальной перерабатывающей способностью понимается классическое определение перерабатывающей способности – количество вагонов, которое может быть переработано фронтом за сутки при наилучшем использовании путевого развития и технического оснащения. Эксплуатационная перерабатывающая способность – это количество вагонов, которое может быть переработано фронтом за сутки при наилучшем использовании путевого развития и технического оснащения с учетом конкретных особенностей работы фронта, в том числе и рода подвижного состава.

Рассчитать эксплуатационную перерабатывающую способность можно на перспективу исходя из статистических данных за определенный базовый период либо за предыдущий месяц.

Сравнительный анализ рассматриваемых величин для железнодорожного пути необщего пользования промышленного предприятия Республики Беларусь приведен в таблице 1.

Анализ таблицы 1 показал следующее:

а) максимальная перерабатывающая способность рассчитана исходя из использования наиболее удобного рода подвижного состава (для насыпных грузов – вагон-хоппер), она не меняется в течение рассматриваемого периода;

б) эксплуатационная перерабатывающая способность позволяет учесть особенности работы грузовых фронтов с учетом доли различных вагонов, подаваемых под погрузку;

в) значения в столбце 5, большие 100 %, объясняются тем, что структура вагонопотока в текущем месяце поменялась по сравнению со структурой вагонопотока в базовом периоде;

г) превышение 100 % в столбце 7 свидетельствует о том, что обработка вагонов на фронтах осуществлялась быстрее нормативов. Это возможно за счет ускорения грузовых операций, нарушения техники безопасности, осуществления перезарядки фронта с использованием дополнительных маневровых средств.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что в отдельные периоды времени значения эксплуатационной перерабатывающей способности могут не превышать 60 % от значений максимальной перерабатывающей способности. Это объясняется разницей в продолжительности загрузки сыпучих грузов. Для вагона-хоппера данное время составляет около 20 минут, а загрузка двух контейнеров биг-бэгами с последующей установкой контейнеров на фитинговую платформу может занимать 2 часа.

Очевидно, что в таких условиях использование значений перерабатывающей способности в классическом определении создает искаженное представление о потенциале грузоотправителя, затрудняет планирование перевозок и усложняет нормирование оплаты труда.

**Таблица 1 – Значения показателей перерабатывающей способности для железнодорожного пути необщего пользования промышленного предприятия**

| Месяц    | Максимальная перерабатывающая способность, ваг./сут | Фактическое количество погруженных вагонов, ваг./сут | Эксплуатационная перерабатывающая способность, определенная по итогам работы за базовый период (январь – сентябрь), ваг./сут | Отношение фактического количества погруженных вагонов к эксплуатационной перерабатывающей способности за базовый период, %<br>(3 / 4 · 100 %) | Эксплуатационная перерабатывающая способность, определенная по итогам работы за месяц, ваг./сут | Отношение фактического количества погруженных вагонов к эксплуатационной перерабатывающей способности за месяц, %<br>(3 / 6 · 100 %) |
|----------|---|--|--|---|---|--|
| 1        | 2   | 3  | 4  | 5   | 6   | 7  |
| Январь   | 144   | 74   | 93   | 80  | 102   | 72   |
| Февраль  | 144   | 75   | 93   | 81  | 100   | 75   |
| Март     | 144   | 77   | 93   | 83  | 98  | 79   |
| Апрель   | 144   | 81   | 93   | 87  | 92  | 88   |
| Май      | 144   | 85   | 93   | 91  | 92  | 92   |
| Июнь     | 144   | 74   | 93   | 80  | 80  | 93   |
| Июль     | 144   | 90   | 93   | 97  | 85  | 106  |
| Август   | 144   | 80   | 93   | 86  | 85  | 94   |
| Сентябрь | 144   | 125  | 93   | 134   | 107   | 117  |
| Октябрь  | 144   | 128  | 93   | 138   | 103   | 124  |
| Ноябрь   | 144   | 123  | 93   | 132   | 110   | 112  |



Обобщая представленный материал, можно сделать следующие выводы.

1 В настоящее время в сложных геополитических условиях промышленным предприятиям Республики Беларусь приходится строить новые логистические схемы доставки продукции.

2 Новые схемы могут характеризоваться особыми требованиями покупателя или порта перевалки к затариванию продукции и использованию определённого подвижного состава.

3 Для планирования работы предприятия целесообразно использовать результаты расчёта не только максимальной, но и эксплуатационной перерабатывающей способности фронтов погрузки-выгрузки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Методические рекомендации по расчету пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных сооружений и устройств. Ч. 1. – Минск : Бел. ж. д., 2009. – 120 с.

2 Методические указания по расчету норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте. – М. : МПС России, 1998 г. – 84 с.

3 Положение по расчету технологических норм на выполнение погрузочно-разгрузочных работ с вагонами [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [zinref.ru/000\\_uchebniki/04600\\_rasnie\\_6/343\\_Belarus\\_RJD\\_pravila\\_1/008.htm](http://zinref.ru/000_uchebniki/04600_rasnie_6/343_Belarus_RJD_pravila_1/008.htm). – Дата доступа : 17.10.2023.

*М. М. KOLOS, E. N. POTYLKIN*

#### **ACTUAL ISSUES OF CALCULATING THE PROCESSING CAPACITY OF THE LOADING AND UNLOADING FRONTS**

The problematic situations faced by shippers and consignees on railway transport in the Republic of Belarus in determining the processing capacity of loading and unloading fronts are considered. It is proposed to allocate the maximum and operational processing capacity of the fronts for planning the operation of the enterprise. The results of the study can be used in organizing the interaction of railway stations with non-public tracks.

Получено 21.11.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 656.2

*И. В. КОРОТКЕВИЧ*

*АО «Объединенная химическая компания «„Уралхим”», г. Москва*

#### **ПОВЫШЕНИЕ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

Рассматривается практическая возможность повышения эффективности работы промышленных железнодорожных станций при внедрении системы позиционирования

ния и онлайн-телеметрии локомотивов (СПОТ-Л), использующей координатно-реперное позиционирование с обменом информацией между бортовыми и напольными устройствами в режиме реального времени, что позволяет формировать адекватный визуальный динамический образ станции с отображением текущего состояния и места дислокации подвижного состава.

Традиционным способом повышения перерабатывающей способности станций является реконструкция сортировочных горок с повышением их мощности. Во времена плановой экономики высокую эффективность показали методы подбора групп вагонов (белорусский метод) и организация движения многогруппных поездов (групповой план формирования). Данные методы позволяли, незначительно увеличивая загрузку перерабатывающих мощностей опорных (узловых) сортировочных станций, значительно снизить маневровую работу на грузовых станциях, что сокращало оборот вагонов. Однако в настоящее время сложившаяся технология обработки вагонопотоков приводит к значительной среднесуточной неравномерности грузопотоков, высокой доле специализированного подвижного состава в грузопотоке, а также к конфликтам бизнес-интересов участников перевозочного процесса и владельцев подвижного состава.

Крупные промышленные компании, грузовладельцы и владельцы инфраструктуры путей необщего пользования за последние десятилетия адаптировались к современным требованиям путем создания «кэптивных» операторских компаний, владеющих собственным подвижным составом, в том числе и локомотивами, диспетчерским аппаратом и системами управления логистикой, увязанными с АСУ перевозками публичного оператора ОАО «РЖД», а также с системами планирования и управления производства и продаж собственной компании.

События последних лет коренным образом изменили географию грузопотоков. Изменения параметров грузопотоков и возникновение новых логистических коридоров требуют значительного повышения перерабатывающей способности грузовых станций, находящихся в промышленных железнодорожных узлах.

Следует отметить, что крупные промышленные предприятия были построены во второй половине прошлого века и в настоящее время экспансивное развитие железнодорожной инфраструктуры путем строительства новых парков, переустройства станционных горловин с применением параллельных путей и съездов часто невозможно по причинам отсутствия свободной территории.

В целях интенсификации переработки вагонов использовались электрическая централизация стрелок и сигналов и маневровая радиосвязь, которая снижает время передачи заданий и информации между составителем, машинистом и диспетчером. Контроль качества работы локомотивного парка осуществлялся постфактум методом анализа скоростемерных лент (рисунок 1).

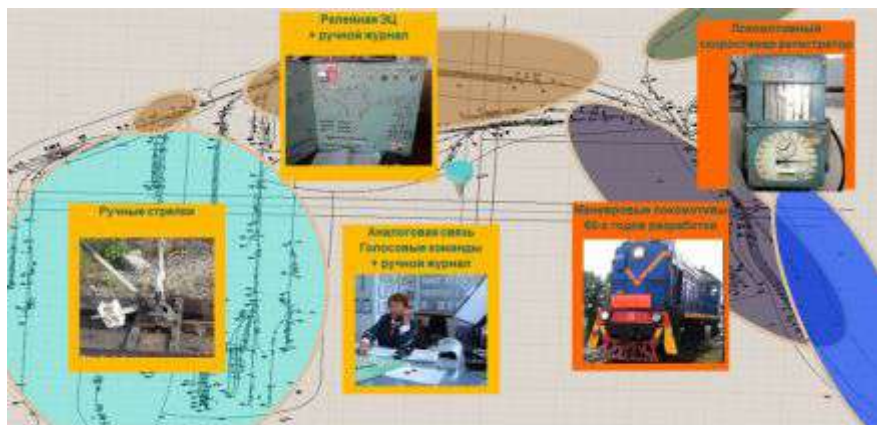


Рисунок 1 – Техническое оснащение железнодорожной промышленной станции

В качестве руководящих документов используются технологический процесс работы станции и регламент взаимодействия с производственными подразделениями предприятия. В качестве суточного задания на работу определяется перечень мест с количеством вагонов, которые необходимо подать для погрузки. В числе важных данных – дислокация вагонов на путях ОАО «РЖД, следующих в направлении станции. Однако при этом время прибытия вагонов на конечную станцию в системе ОАО «РЖД» отсутствует, а существует понятие нормативного срока доставки.

Последние десятилетия большинство операторских компаний активно используют станционные логистические АСУ, позволяющие диспетчерскому аппарату на станции планировать погрузку за периоды смены или суток, а также оформлять пакет перевозочных документов для передачи публичному оператору. Данные системы построены по принципу электронных таблиц с ручным вводом, усиленных автоподстановкой данных о вагонах, загруженных из смежных систем, что позволяет значительно повысить производительность персонала, осуществляющего коммерческие операции. К сожалению, из-за специфики маневровой работы данные по выполненным техническим операциям с вагонами в систему попадают на основании информации по коммерческим операциям. В целях повышения эффективности использования парка подвижного состава персонал заносит в систему сведения о нахождении вагонов в начале и конце смены.

Для целей обобщенного анализа в настоящее время на промышленных станциях применяется практика введения графика исполненной работы станции ручным способом. В ОАО «РЖД» созданы системы автоматизированного отображения графика исполненной работы сортировочной станции на основании данных ручного ввода и разметки сортировочного листа. Од-

нако специфика маневровой работы на промышленных предприятиях такова, что руководитель маневров не имеет возможности передавать всю информацию оператору, ответственному за ведение графика, а в условиях проведения интенсивных манёвров передача дополнительной информации по линиям оперативной технологической связи невозможна. Таким образом, оператор отображает или вводит в информационную систему не все события, а только те, которые получены по докладу диспетчера в основном при завершении перестановки вагонов и по докладам персонала коммерческой и вагонной служб.

При этом следует отметить, что данные ручного ввода не проходят валидацию и могут содержать некорректные значения параметров технологических процессов. Часто отсутствует такая важная для анализа и оптимизации маневровой работы информация:

- остановки перед нецентрализованными стрелочными переводами, предполагаемыми не по маршруту следования подачи;
- остановки перед занятой стрелкой другими маршрутами;
- состояние вагонов на парковых путях;
- вытягивание и осаживание нецелевой группы вагонов (практика, когда для подачи нескольких вагонов в центре отцепа начальная часть отцепа участвует в трех полурейсах по причине отсутствия вместимости на соседнем пути, отсутствия башмаков или иным причинам нерациональности отставки и закрепления);
- информация о простоях, стоянках и остановках локомотивов, а также местах, где это происходит.

Обусловленный сложившейся технологией субъективизм в части отображения исполненной работы и недостаток информации не позволяет рассматривать график исполненной работы станции как эффективный инструмент для последующего анализа. Для оценки эффективности работы локомотивной бригады и маневрового локомотива единственным доступным источником информации является скоростемерная лента локомотива или ее аналог в программе расшифровки.

На предприятиях, на которых в ручном режиме ведется график исполненной работы, можно сопоставлять графическую информацию суточника с информацией на ленте. К сожалению, скоростемерная лента не имеет навигационной привязки, а представляет собой график зависимости скорости на шкале времени или расстояния. В принципе имеющиеся программы расшифровки позволяют отображать сигналы кодов АЛС, но станционные пути, где производится маневровая работа, не кодируются и привязка к железнодорожным путям отсутствует.

При известном времени начала выполнения полурейса, наличии скоростемерной ленты и масштабного плана станции графически-аналитическим способом можно определить количество остановок, однако вычислить, на каких именно стрелках они были в случае возможности альтернативных маршрутов, не представляется возможным. Необходимо отметить, что со-

поставление данных скоростемерной ленты и графика исполненной работы станции – достаточно трудоемкая по времени процедура, и для ее выполнения требуется профильный и знающий местные условия специалист. Поэтому такой анализ выполняется очень редко.

В последнее время различные производители систем железнодорожной автоматики активно предлагают модернизировать релейную электрическую централизацию на микропроцессорную. Однако под модернизацией подразумевается замена части релейных стативов на микропроцессорный вычислительный комплекс, эмулирующий или реализующий принципы релейной логики. Поэтому после модернизации предприятие, как правило, получает:

- реконструированное табло, где демонтированы кнопки, взамен которых устанавливаются компьютерные мониторы с АРМ ДСП;
- для специалистов технической службы – АРМ электромеханика, позволяющее просматривать предыдущие состояния станционных объектов, что оказывается полезно при анализе нештатных ситуаций;
- не увеличивающуюся перерабатывающую способность станции;
- возможность расширения зоны управления с подключением удаленных маневровых районов, но при условии дополнительных капиталовложений;
- передачи данных о занятости путей, положении стрелок и показаний сигналов в информационные системы верхнего уровня.

Предлагаемая модернизация МПЦ по сути является чуть более компактной версией релейной ЭЦ, в своей логике не содержит принципиально новых решений, а учитывая высокую стоимость реконструкции (5–9 млн рублей за стрелку), является чрезмерно дорогим средством повышения эффективности работы станции.

Рациональным способом повышения перерабатывающей способности грузовой станции является комплексный метод, включающий следующие компоненты.

1 Анализ узких мест в маневровой работе.

1.1 Сбор детализированных данных о маневровых передвижениях.

1.2 Выявление узких мест, обусловленных конфликтами бизнес-интересов участников процесса.

1.3 Выявление узких мест, обусловленных конфликтами в ожидании освобождения инфраструктуры (например, регулярные длительные стоянки на некотором маршруте у стрелочного перевода в определенные часы и отсутствие занятости в остальное время).

1.4 Выявление узких мест, обусловленных путевым развитием (например, один соединительный путь с ограничениями скорости).

1.5 Формирование ключевых показателей оценки перерабатывающей способности и эффективности.

1.6 Комплексный анализ качества планирования и управления станцией.

2 Разработка системных мер оценки и валидация их эффективности.

2.1 Выбор технологических решений.

2.2 Выбор технических средств.

2.3 Выбор рекомендаций по параметрам и детализации планирования.

2.4 Имплементация решений в цифровом двойнике.

2.5 Проведение валидации методом имитационного моделирования с использованием цифрового двойника высокой детализации и реальных данных.

2.6 Расчет модельных показателей перерабатывающей способности и эффективности.

3 Формирование технико-экономического обоснования проекта и задания на проектирование.

Сложившийся образ технического и технологического оснащения станции не позволяет персоналу компании и оператора комплексно подходить к решению задачи повышения перерабатывающей способности станции. Персонал на местах загружен рутинными операциями, а попытки анализировать скоростемерные ленты, сопоставлять их с журналами перестановок или переводами стрелок чрезмерно трудоемки и не позволяют накопить технологически значимый объем информации. Гораздо более эффективно можно организовать работу железнодорожного узла и станции, оснащенных системой позиционирования и онлайн-телеметрии локомотивов (СПОТ-Л). Основанная на высоконадежной координатно-реперной технологии позиционирования с обменом информацией между бортовыми и постовыми устройствами в режиме реального времени система может предоставлять диспетчерскому аппарату визуальный динамический образ в виде мнемосхемы станции, на которой в квазимасштабном режиме отображается текущее состояние и дислокация локомотивов. Контроллер станционной работы ежесекундно обменивается информацией с бортовыми устройствами. Следует отметить что в отличие от традиционных систем телеметрии, передающих скорость, линейный пробег и GPS-координату, система СПОТ-Л построена по принципам ETCS/ERTMS level 2/3, которые позволяют определять состояние подсистемы по статусу целостности и протоколу синхронизации времени со станционным контроллером (например, оценить исправность бортового оборудования или работу двигателя внутреннего сгорания). Измеренная средняя задержка передачи данных с борта на пост с использованием радиоканала публичного оператора связи составляет менее 70 мс, что для систем такого назначения является очень хорошим показателем.

Решение по онлайн-отображению дислокации для диспетчера, безусловно, обеспечивает эффект в части повышения производительности работы диспетчера. Однако детализированное отображение технологических процессов в режиме реального времени следует дополнить расширенными временными интервалами данных от нескольких месяцев до нескольких лет. Средства визуального отображения и плеер-архив перемещений непригодны для проведения такого анализа. Обработка массивов телеметрии, содержащих сотни миллионов записей средствами языков обработки данных позволяет получить только средние значения (например, среднюю скорость локомотива за год, суммарный пробег локомотива). Попытки получения бо-

лее сложных параметров для анализа путем сопоставления посекундных координат и параметров движения с цифровой моделью инфраструктуры средствами баз данных трудновыполнимы из-за высокой вычислительной сложности. В ходе только одного такого расчета порождаются гигантские промежуточные структуры данных, время выполнения расчета которых измеряется часами, и для формирования качественного запроса требуется специалист с профилем знания языков обработки данных и владеющий практическим опытом работы на станции.

Важно отметить, что достигнутый в настоящее время уровень развития технических средств и информационных технологий обеспечивает глубокую обработку структуры Big Data в онлайн-режиме. Реализованная в СПОТ-Л онлайн-система обработки телеметрии способна без участия оператора анализировать изменения положения локомотива на цифровой модели станции, параметров движения и состояния бортовых систем и автоматически генерировать сообщения о технологически значимых событиях для постового контроллера и АРМ диспетчера.

В настоящее время данная система работает со следующими типами технологических событий:

- трогание и остановка;
- освобождение и занятие элемента;
- въезд и выезд из зоны;
- заход и выход из депо;
- стоянка в депо;
- полурейс;
- движение;
- стоянка;
- вход и выход за пределы станции;
- начало и окончание работы смены;
- запуск и остановка дизеля;
- разворот локомотива.

Создание механизма автоматического формирования технологических событий избавляет от необходимости хранения и обработки громоздких массивов исходной телеметрии, что значительно повышает возможности системы в части анализа результативности маневровой работы. Данный подход коренным образом меняет принципы учета событий, анализа и поиска проблемных / узких мест в маневровой работе. Так, технологическое событие «полурейс (осаживание группы вагонов)», занимающее порядка 14 минут, с точки зрения традиционных систем телеметрии – это 840 записей по изменению скорости и пробега. В новой нотации – это всего лишь одна запись, содержащая основные параметры полурейса (время и место начала движения), параметры траектории (перечень путей и стрелок с определением времени занятия, простоя на каждом элементе, средняя или техническая скорости).

Использование методологии оценки технологически значимых событий и применение выборки по задаваемым объектам и зонам позволяет без больших затрат формировать структурированные и пригодные для анализа массивы данных за длительные периоды (месяц, квартал, год). Например, исходный массив данных телеметрии за год – это более 600000 остановок и троганий локомотива, и анализ такой информации на предмет выявления узких мест – бесперспективная задача.

Первоочередной проблемой, требующей безотлагательного решения для крупных железнодорожных промышленных операторов, является формирование ключевых показателей оценки эффективности маневровой работы. Попытки оценивать такие средние параметры, как общее время в движении, пробег за сутки, простой, требуют определённого маркера-норматива для принятия решения об уровне их качества. Перспективным вариантом решения задачи является использование цифрового двойника высокой детализации с выполнением на его структуре имитационного моделирования.

*I. V. KOROTKEVICH*

#### **INCREASE PROCESSING ABILITY OF INDUSTRIAL HUB AT USE THE DIGITAL TWIN TRANSPORT SYSTEM**

The practical opportunity of increase an overall performance of industrial railway stations is considered at introduction of system positioning and online-telemetry of locomotives, using reper positioning with information interchange between onboard and other objects by devices in a mode of real time, that allows to form an adequate visual dynamic image of station with display of the current condition and place location of the rolling stock.

Получено 13.10.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 656.2

*П. В. КУРЕНКОВ*

*Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара,*

*А. В. АСТАФЬЕВ, В. В. ПРОЗОРОВ*

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

#### **ИСТОРИЯ ВАРШАВО-ВЕНСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ И ВАРШАВСКОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЗЛА**

Представлен исторический анализ по развитию железных дорог западных областей Российской империи после начала эксплуатации Царскосельской дороги, открывшей широкие перспективы эффективного применения железных дорог, железнодорожных станций и узлов для перевозки грузов и пассажиров.



Первая в России железная дорога, торжественно открытая 30 октября 1837 г., соединила столицу с Царским Селом, а вскоре и с Павловском. Однако открытие движения по ней не стало сигналом к бурному железнодорожному строительству. Царскосельская дорога, строившаяся как опытный объект, стала использоваться прежде всего в качестве аттракциона для петербургской публики, тогда как на Западе железные дороги возводились для сугубо производственно-коммерческих целей. До ввода в эксплуатацию двухпутной Петербурго-Московской (Николаевской) железной дороги, действительно ставшей основой железнодорожной сети страны, оставалось долгих 14 лет.

Но проекты строительства новых железных дорог стали появляться почти сразу после открытия Царскосельской. Государство не торопилось строить дорогу за свои деньги, тщательно рассматривая проекты, так как среди чиновников было много противников такого строительства, но на постройку дорог за счет частных финансовых средств разрешение давало. 1 апреля 1848 г. началось движение поездов по второй железнодорожной магистрали Российской империи, первой в Царстве Польском и незаслуженно забытой историей Варшаво-Венской железной дороге. В учебнике «История железнодорожного транспорта» А. В. Гайдамакина этому событию посвящён лишь один абзац: «В 1848 г. был введён в строй действующий участок железной дороги протяжённостью 308 км от Варшавы до австрийской границы. Этот участок с учётом государственных границ того времени проходил по территории Российской империи. В итоге общая длина российских железных дорог составила в середине XIX в. около 1000 км». В школьных учебниках вообще нигде нет упоминания об этой дороге, короткая справка есть лишь во втором томе «Полного курса истории России для учителей» Е. Ю. Спицына. Между тем эта дорога заслуживает внимания хотя бы потому, что она всё-таки была одной из первых.

Проект железнодорожной линии, которая должна была соединить «Русскую Польшу» с «Австрийской» и «Прусской», появился ещё в 1835 г. Представлял проект банкир Генрих Лубенский, а проектировщиком и главным инженером проекта был Станислав Высоцкий (1805–1868) (рисунок 1) – будущий главный инспектор железных дорог Царства Польского. Через три года по инициативе предпринимателя Петра Штайнкеллера было учреждено акционерное общество Варшаво-Венской железной дороги, а ещё через два года, в 1840 году, началось строительство на участке Варшава – Скерневице.

Линия от Варшавы до станции Граница (ныне Сосновец-Мачки) в городе Сосновец должна была соединяться со строящейся тогда австрийской Северной железной дорогой между Веной и Краковом, поэтому для беспрепятственного сообщения была принята европейская ширина колеи – 1435 мм, таким образом Варшавско-Венская железная дорога была обособленной сис-

темой в структуре российских железных дорог. При проектировании было непонятно, будет ли железная дорога на конной или на паровой тяге, и окончательный выбор в пользу последней был сделан только после начала строительства. Железная дорога строилась однопутной, однако земляное полотно и искусственные сооружения возводились сразу под перспективный второй путь, который был уложен в 1872–1881 гг.

В ноябре 1841 г. работы были приостановлены, в мае следующего года акционерное общество Варшаво-Венской железной дороги обанкротилось, а ещё год спустя, в июле 1843 г., строительство продолжилось, уже финансируемое Ссудным банком Российской Империи. Руководителем строительства был назначен инженер-генерал Эдуард Герстфельд (1798–1878) (рисунок 2).



Рисунок 1 – С. Высоцкий



Рисунок 2 – Э. Герстфельд

28 ноября 1844 г. первый поезд с наместником Царства Польского, Светлейшим князем Варшавским, генералом-фельдмаршалом Иваном Паскевичем проследовал до варшавского предместья Прушкава, Дорога заняла 26 минут.

С 15 июня 1845 г. было открыто регулярное сообщение между Варшавой и Гродизском-Мазовецким, 1 октября того же года железная дорога, наконец, достигла Скерневице, а 13 апреля 1848 г. на станции Граница соединилась с австрийской Краковско-Верхнесилезской железной дорогой (частью ещё не достроенной Северной дороги), обеспечив прямое сообщение между русской Варшавой, австрийским Краковом и прусским Вроцлавом. В том же году стало возможно сообщение с Веной транзитом через Пруссию, а с 1856 г. – непосредственно по австрийской территории (рисунок 3).

1848 **ATA** **DROGA ŻELAZNA WARSZAWSKO-WIEDENSKA**



Рисунок 3 – Выход из Варшавы на Австрию

Дорога протяжённостью 308 вёрст (327,6 км) имела 27 станций и началась с Венского вокзала в Варшаве. Великолепное здание в стиле классицизма было построено на главной улице польской столицы – Иерусалимских Аллеях – в 1844–1845 гг. архитектором итальянского происхождения Энрико Маркони (1792–1863). Вокзал включал центральное трёхэтажное здание, соединённое флигелями с двумя 25-метровыми башенками, что должно было напоминать два паровоза. Восточная башня была часовой, а в западной располагалась станция оптического телеграфа (рисунок 4).



Рисунок 4 – Венский вокзал в Варшаве

Оптический телеграф был и на Царскосельской железной дороге, и с его помощью можно было подавать сигналы об остановке поезда, о затребовании резервного локомотива и резервного поезда, но именно на Варшавско-Венской железной дороге впервые стало возможно определять ещё и направление движения поезда, относительно которого подаются сигналы. Согласно инструкции 1846 г. при всяком телеграфе полагались два шара: жёлтый и чёрный; жёлтый – для сигналов по направлению от Варшавы к Кракову, чёрный – от Кракова к Варшаве. В ночное время шары заменялись соответственно жёлтым и красным фонарями. С течением времени шары – дубовые бочонки – были заменены на большие плетёные корзины, потом на деревянные, а позже и на металлические крылья, напоминавшие уже привычный семафор (рисунок 5).



Рисунок 5 – Семафоры на железнодорожной станции Варшавы

Внутри Венского вокзала были отдельные помещения для пассажиров трёх классов, но ни одного большого зала, так что довольно скоро здание оказалось слишком маленьким для растущего пассажиропотока. Поэтому в 1900 г. рядом был построен новый зал ожидания, и пассажиропотоки были разделены: старый вокзал обслуживал теперь пассажиров отправляющихся поездов, а новый – прибывающих. В 1919 г. Венский вокзал получил название Главного.

Вокзал на второй конечной – Граница (ныне Сосновец-Мачки) – тоже был спроектирован Энрико Маркони и его учеником Теофилом Шуллером. Здание не было таким монументальным, однако, в отличие от Венского вокзала, сохранилось до наших дней, хотя находится в плачевном состоянии и для обслуживания пассажиров не используется (рисунок 6).



Рисунок 6 – Не используемое здание второго вокзала Варшавы

В первый год работы (1845 г.) по Варшаво-Венской железной дороге было перевезено 14,3 тыс. тонн грузов и 143,6 тыс. пассажиров. Подвижной состав состоял из восьми паровозов (на дровах), 58 пассажирских и 62 грузовых вагонов, а к 1848 г. число паровозов достигло 35, пассажирских и грузовых вагонов – 87 и 312 соответственно. В 1913 г. грузооборот по Варшаво-Венской железной дороге составил 1,69 млрд т·км, объём пассажиро-перевозок – 13,3 млн пассажиров, подвижной состав состоял из 469 паровозов (на угле), 576 пассажирских и 15 778 грузовых вагонов. Варшаво-Венская железная дорога была самой прибыльной железной дорогой Российской Империи. С момента начала движения и до 1901 г. на этой дороге эксплуатировались бельгийские и немецкие паровозы, после началось использование российских паровозов, построенных специально для работы на колее 1435 мм (рисунок 7).



Рисунок 7 – Тяговый подвижной состав на Варшавско-Венской железной дороге:  
а – немецкий паровоз «Borsig»; б – российский паровоз С<sup>В</sup>

Второй железной дорогой в Царстве Польском и четвёртой в России стала Петербурго-Варшавская (1280 км). Её строительство, начавшееся в 1851 г. под руководством Эдуарда Герстфельда (к тому моменту уже генерала-майора), было прервано Крымской войной и завершилось лишь в 1862 г. Начальным пунктом железной дороги был Варшавский вокзал в Санкт-Петербурге, закрытый в 2001 г. и использующийся ныне как торговый центр, а конечным – Петербургский, ныне Виленский вокзал в Варшаве.

Третьей железной дорогой в Царстве Польском стала Варшавско-Тереспольская (212 км), построенная в 1866–1867 гг. между Варшавой и Брест-Литовском, куда в 1871 г. пришла железная дорога из Москвы. Начальным пунктом железной дороги был Тереспольский, ныне Восточный вокзал в Варшаве. Железнодорожная сеть Польши сложилась так, что к западу от Варшавы шла «Виденка» (в западославянских языках Вена называется Виднем) с шириной колеи 1435 мм, а к востоку – железные дороги колеи 1524 мм, что вместе с отсутствием железнодорожного моста через Вислу затрудняло перевозки. В 1876 г. была построена окружная линия (на конной тяге), соединившая станции Тереспольской и Петербургской дорог на правом берегу Вислы с Варшавско-Виленской на левом берегу. Перегрузочной станцией была Варшава-Окружная (ныне Варшава-Западная) рядом с Венским вокзалом.

В нынешнем виде Варшавский железнодорожный узел сложился уже после Первой мировой войны, когда польские железные дороги были перешиты на европейскую колею и началось строительство по проекту выдающегося железнодорожника-путейца, выпускника Петербургского института инженеров путей сообщения, профессора Варшавского политехнического университета Александра Васютынского (1859–1944) (рисунок 8).

Проект предусматривал соединение Тереспольского и Венского вокзалов напрямую, по новому мосту через Вислу и тоннелю под Иерусалимскими Аллеями (рисунок 9).



Рисунок 8 – А. Васютынский

Сооружение Варшавской диаметральной линии началось в 1924 г. и было завершено в 1933 г., при строительстве было снесено восточное крыло Венского (тогда Главного) вокзала с часовой башней. Этот вокзал был уничтожен в годы Второй мировой войны (рисунок 10). Архитектурный ансамбль Варшаво-Виленской железной дороги не сохранился. Последнее оставшееся здание мастерских было разрушено в 2013 г. Нынешний Центральный вокзал Варшавы расположен примерно на том же месте, что и самый

первый, а на соседней платформе Варшава-Средместье установлена мемориальная доска в память о Венском вокзале и отправлении с него в 1845 г. первого поезда по Варшаво-Венской железной дороге, – первой в Польше и второй в России (рисунок 11).



Рисунок 9 – Строительство туннеля диаметральной линии у Главного вокзала, 1931 г.



Рисунок 10 – Руины Венского вокзала, 1940-е гг.

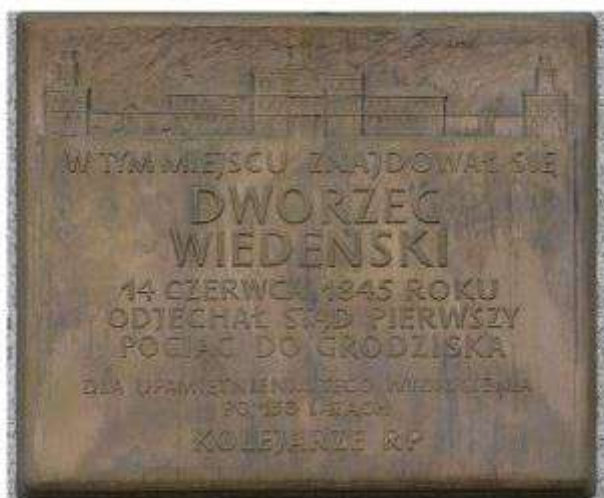


Рисунок 11 – Памятная доска о Варшавско-Венской железной дороге на платформе станции Варшава-Средместье

Таким образом, Варшаво-Венская железная дорога имеет богатую историю и внесла свой вклад в развитие железных дорог Российской империи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Железнодорожный транспорт: Энциклопедия / гл. ред. Н. С. Конарев. – М. : БРЭ, 1994. – 559 с.
- 2 *Лулал, Н. В.* Устройства сигнализации, централизации и блокировки на железных дорогах Российской империи / Н. В. Лулал; под ред. В. В. Сапожникова, Вл. В. Сапожникова, Д. В. Ефанова. – СПб. : Наука, 2020. – 159 с.



3 Скубневский, В. А. Польша в системе общероссийского рынка во второй половине XIX – начале XX века / В. А. Скубневский // Сборник трудов конференции, Омск. – 2015. – С. 104–110.

4 Шашкова, Н. О. Управленческий и экономический аспекты формирования железнодорожной политики России в 1820–1850-е годы / Н. О. Шашкова // ЭТАП. – 2016. – № 2. – С. 74–98.

5 В историю – по рельсам. Варшавский железнодорожный музей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.liveinternet.ru/community/moja\\_polska/post351872481](https://www.liveinternet.ru/community/moja_polska/post351872481). – Дата доступа : 29.11.2023.

6 Одна из первых железных дорог России, забытых историей транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://korenev.org/index.php/ru/2011-04-07-13-55-37/2011-04-07-14-09-17/170-odna-iz-pervykh-zheleznykh-dorog-rossii-zabytykh-istoriej-zh-d-transporta>. – Дата доступа : 29.11.2023.

7 Варшаво-Венская железная дорога [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [ru.wikipedia.org/wiki/Варшаво-Венская\\_железная\\_дорога](ru.wikipedia.org/wiki/Варшаво-Венская_железная_дорога). – Дата доступа : 29.11.2023.

8 Kolej Warszawsko-Wiedeńska [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [pl.wikipedia.org/wiki/Kolej\\_Warszawsko-Wiedeńska](pl.wikipedia.org/wiki/Kolej_Warszawsko-Wiedeńska). – Дата доступа : 29.11.2023.

9 Warsaw–Vienna railway // Wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [en.wikipedia.org/wiki/Warsaw%E2%80%93Vienna\\_railway](en.wikipedia.org/wiki/Warsaw%E2%80%93Vienna_railway). – Дата доступа : 29.11.2023.

10 Kolej średnicowa w Warszawie [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [pl.wikipedia.org/wiki/Kolej\\_%C5%9Brednicowa\\_w\\_Warszawie](pl.wikipedia.org/wiki/Kolej_%C5%9Brednicowa_w_Warszawie). – Дата доступа : 29.11.2023.

*P. V. KURENKOV, A. V. ASTAFIEV, V. V. PROZOROV*

## **HISTORY OF THE WARSHAVA-VIENNESE RAILWAY AND WARSAW RAILWAY JUNCTION**

The historical analysis on development of iron roads of western areas in the Russian empire after opening the road Carskoe Selo which has opened wide prospects of effective application iron roads, railway stations and units for transportation of cargoes and passengers is submitted.

Получено: 30.11.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 654.6.4

*Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ, М. А. АХЛАМОВ, М. Ю. САВЕЛЬЕВ, О. Н. ПАНОВА*  
*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

## **ПРЕДПОСЫЛКИ ВНЕДРЕНИЯ МАЯТНИКОВОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИГОРОДНЫХ ПОЕЗДОВ**

Рассматриваются отличительные характеристики, которые должна иметь железнодорожная станция, чтобы проводить на ее базе организацию маятниковое движения пригородных поездов на участке. Указываются достоинства и недостатки маятникового движения, приводятся соответствующие примеры.

Пригородные поезда выполняют немаловажную транспортную функцию, соединяя мегаполисы и города-спутники, областные центры с периферийными районами, тем самым помогая образовывать транспортные сети и агломерации. Пригородное сообщение за последнее 10 лет претерпело ряд изменений. За эти годы обновился моторвагонный подвижной состав, ужесточился контроль за безбилетными пассажирами, построены новые пассажирские платформы, произошло изменение тарифных зон, в связи с изменением и перераспределением пассажиропотока разработаны новые технологии организации движения поездов.

Основателем идеи пригородного движения поездов можно считать академика В. Н. Образцова. Именно он в 1930 году представил научные взгляды на формирование единой рельсовой сети СССР и переустройство трамвайных, внутризаводских путей с перспективами развития метрополитена. Вопросами пригородных перевозок занимался профессор Шубко В. Г., в трудах которого исследовались методические основы формирования тарифов на пригородные пассажирские перевозки. Проблемы организации движения пригородных поездов и ценообразования в своих работах освещали сотрудники кафедры «Железнодорожные станции и транспортные узлы» РУТ Ю. О. Пазойский, М. Ю. Савельев, А. А. Сидраков. Анализом отечественных подходов к классификации пассажирских поездов в пригородном и региональном сообщении занимались С. П. Вакуленко, А. В. Колин. Моделирование пассажиропотоков на пригородных поездах проводилось В. Г. Санковым и С. А. Морозовым.

В зависимости от характера и направления пассажиропотоков в рабочие и выходные дни определяются различные варианты графика движения поездов: параллельный, зонный параллельный, зонный параллельный график с чередованием остановок, зонный непараллельный график, маятниковый и др. В силу изменений, которые произошли на последние десятилетия в сфере пригородного движения и повышения эффективности использования моторвагонного подвижного состава, идея внедрения маятникового графика движения пригородных становится актуальной. Во многих работах освещены достоинства и недостатки данной технологии; описаны предпосылки для ее применения, приведены удачные примеры внедрения.

Маятниковое движение пригородных поездов подразумевает под собой ритмичное движение составов с сокращением плеча оборота поезда до головной станции с учетом одновременного прибытия поездов с нескольких направлений и пересадкой пассажиров. Маятниковое движение может быть организовано на железнодорожных линиях, проходящих через густонаселенные районы с характерным изменением пассажиропотока. При этом головная станция М сквозного типа (рисунок 1) обслуживает два и более участка пригородных поездов.

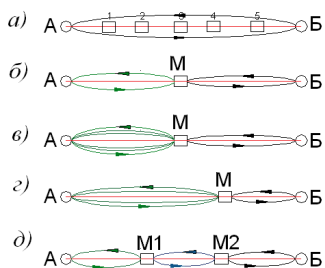


Рисунок 1 – Схемы расположения головных станций при маятниковом движении: *а* – участок без маятникового движения; *б* – головная станция равноудалена и движение поездов имеет одинаковую интенсивность; *в* – головная станция равноудалена и на участках разная интенсивность движения поездов; *г* – головная станция находится асимметрично, на участке разная интенсивность движения поездов; *д* – на участке имеется несколько головных станций

- увеличить заполняемость состава на малонаселенных участках;
- сократить эксплуатационные расходы на участках с низким пассажиропотоком.

К недостаткам такой организации движения можно отнести:

- неудобство для пассажиров. Пассажиры, следующие до конечной станции участка, постоянно пересаживаются на головной станции в другой поезд, также в некоторых случаях ожидают поезд с другого участка в зависимости от интенсивности движения;
- проектирование дополнительного путевого развития головной станции для ритмичного приема и отправления поездов с обоих участков;
- наличие заторов и плотного пассажиропотока на платформах головной станции. Из-за одновременной пересадки встречных пассажиропотоков возможно затруднение движения пассажиров к поездам;
- создание на головной станции зала ожидания для пассажиров.

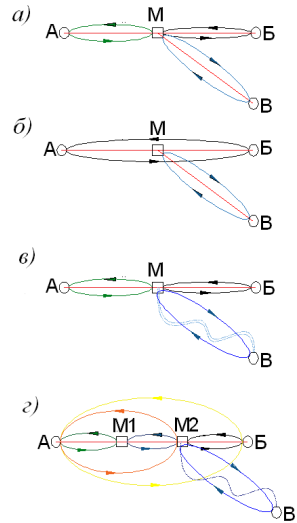
В результате исследования различных вариантов взаимодействия маятникового пригородного сообщения с другими видами транспорта и комбинаторикой с прямым сообщением, выделены типичные схемы организации движения (рисунок 2).

Пригородные поезда, прибывающие на головную станцию, оборачиваются, при этом пассажиры, следующие дальше, делают пересадку, что является недостатком данного вида движения. По сравнению с обычным движением поездов (рисунок 1, *а*) маятниковое движение имеет существенные преимущества:

- позволяет варировать составность поездов на участках. В результате того, что пригородные поезда не выходят из своей зоны (А – М, М – Б), количество вагонов в составе на этих участках может отличаться;
- позволяет менять интенсивность движения поездов на одном из участков без дополнительных путей для отстоя поездов;
- позволяет рассредоточить пассажиров по районам города и за счет возможности расположения большого количества остановок в черте города выполнять функции городского транспорта, тем самым сократить загрузку центральной части города;

Рисунок 2 – Схемы взаимодействия с другими видами транспорта при организации маятниково-го движения и комбинирования с прямым сообщением:

*а* – привязание нескольких направлений с маятниковым движением; *б* – ответвление на участке с прямым сообщением, где организовано маятниковое движение; *в* – взаимодействие головной станции с автомобильным транспортом; *г* – комбинирование на участке прямого и маятникового сообщения и взаимодействие с автомобильным транспортом



В зависимости от роста или падения пассажиропотока на участке движения поездов и перераспределения пассажиров между видами транспорта, организация маятникового движения может быть представлена одной из схем, изображенных на рисунках 1 и 2. Для определения потенциально пригодной головной станции на участке для организации маятникового движения должны соблюдаться следующие требования.

1 Раздельный пункт должен являться транспортным узлом (районным центром с развитым автомобильным транспортом и отправной точкой в другие города района, области, региона, желательно равноудаленным от станций А и Б. Например, Крюково, Подольск, Одинцово, Балашиха, Пушкино).

2 На станции должен наблюдаться существенный перелом пассажиропотока, например, по участку М – ТВ станция перелома КРК (рисунок 3).

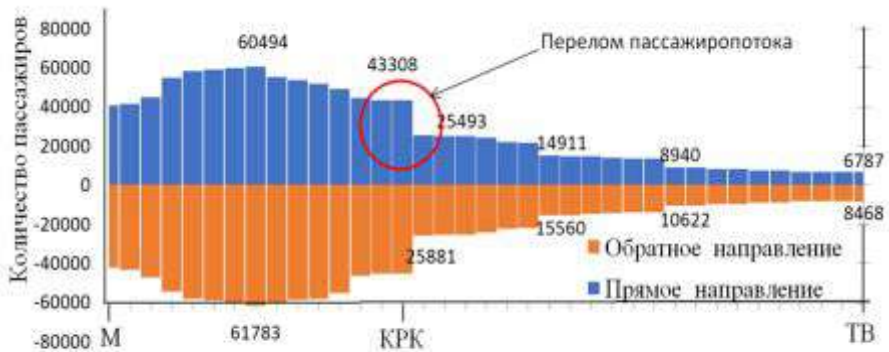


Рисунок 3 – Диаграмма пассажиропотока на участке М – ТВ

3 Обеспеченность достаточным количеством путей и платформ для приема / отправления поездов с прилегающих направлений, а также путей отстоя электропоездов (рисунок 4).

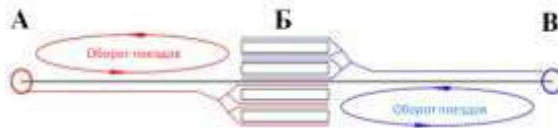


Рисунок 4 – Схема обработки поездов на головной станции

Для выбора головной станции для реализации маятникового движения на участке используем изложенные выше критерии. Проанализируем участок М – ТВ. Исходя из предпосылок, станция КРК является подходящей головной станцией для осуществления маятникового движения. Интенсивность движения пригородных поездов на участке М – КРК выше, чем на КРК – ТВ.

В ходе подробного анализа было выявлено, что на техническом оснащении станции возможно реализовать данную технологию при оценке достаточности путей приема и пассажирских платформ. Для этого представим схему поездопотоков, из которой видно, что прием-отправление поездов с заходом их в депо при маятниковом движении обеспечивается (рисунок 5).

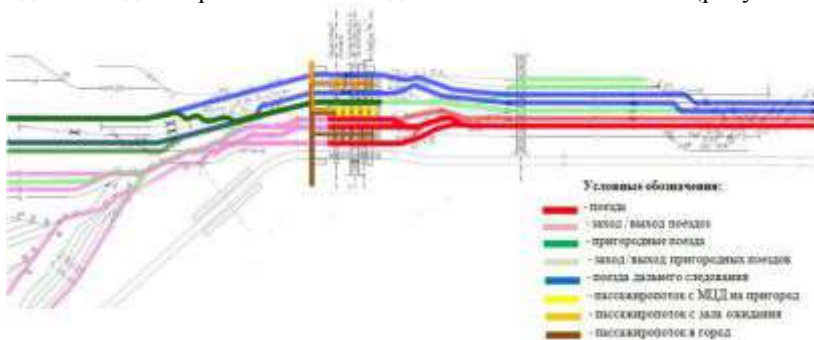


Рисунок 5 – Схема поездопотоков станции КР

По проведенному анализу пассажиропотоков и составленной эпюре (см. рисунок 3) были обработаны данные по отправлению и прибытии пассажиров по каждому остановочному пункту. Найдем долю пассажиров для станции КР, следующую дальше в сторону станции ТВ, по формуле

$$\alpha = \frac{A_i - A_{i+1}}{A_i} \cdot 100.$$

$$\alpha = \frac{43308 - 25493}{43308} \cdot 100 = 41,1 \, \%$$

Значит, 41,1 % пассажиропотока выходит на станции КР.

Доля прямого пассажиропотока в сторону станции ТВ составит 58,9 % (25000 чел.), что является существенным показателем, который может повлиять на загрузку ТПУ. В последующем анализе исследуем зависимость

доли пассажиров, следующих в прямом направлении на загрузку ТПУ при маятниковом движении поездов.

Для решения данной задачи составим график движения поездов на участке М – ТВ с учетом интервалов движения на участках и подвязки поездов для удобной пересадки пассажиров (рисунок 6).

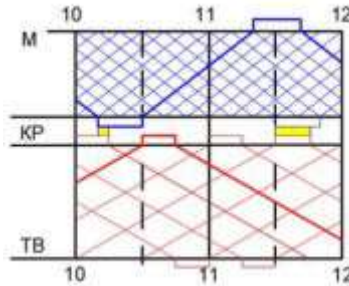


Рисунок 6 – Фрагмент ГДП на участке М – ТВ

Примем следующую интенсивность поездов по участкам: М – КР – 10 мин в час пик и 20 мин в непиковое время; КР – ТВ – 30 и 60 мин соответственно. При этом составность поездов на участках: М – КР – 10 вагонов ЭС2Г «Ласточка» (940 мест); КР – ТВ – пятивагонная «Ласточка» (470 мест). Время ожидания пассажиров в ожидании пересадки составит от 5 до 25 минут (см. рисунок 6). Накопление пассажиров на станции потребует сооружения расчётного зала ожидания на 1320 человек (рисунок 7).

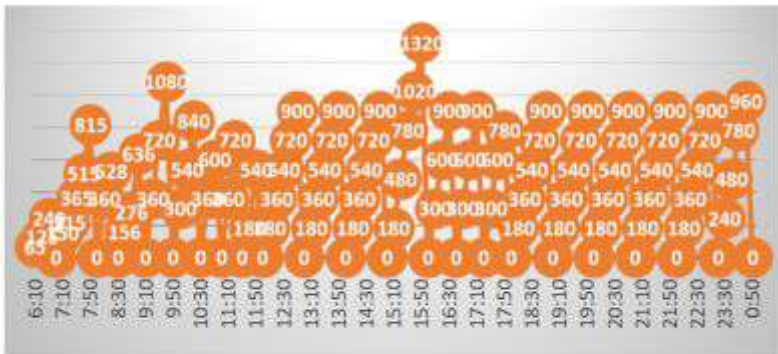


Рисунок 7 – График накопления пассажиров на станции КР при заданном ГДП

Исходя из разработанного графика движения поездов, интервалов движения, составности поездов, а также часовой временной загруженности направления, максимальная загрузка поездов пассажирами составит:

- на участке М – КР в час пик – 76,7 %, в не пиковое время – 56,8 %;
- на участке КР – ТВ в час пик – 193,7 %, в не пиковое время – 136,7 %.

Комфортной для пассажиров загрузкой подвижного состава является 80-90 %. При этом все пассажиры могут сидеть, при 100–130 % все сидячие места будут заняты, люди будут стоять в проходе и тамбурах, при 131 % и более возникают проблемы с посадкой и высадкой пассажиров на остановках. Следовательно, поезда на участке КР – ТВ будут перегружены при заданных параметрах. Чтобы обеспечить комфортный проезд пассажиров на участке КР – ТВ следует:

– снизить пассажиропоток по прямому направлению до 20 %, так как 80 % пассажиров выходят на станции КР, и только 20 % пассажиропотока направляется в сторону станции ТВ:

$$\alpha = \frac{57000 - 11000}{57000} \cdot 100 = 80 \%;$$

– увеличить интенсивность поездов на участке или количество вагонов.

При организации маятникового движения поездов следует учитывать, что сумма капитальных затрат на реализацию данной технологии не должна превышать произведения экономической эффективности на срок окупаемости проекта:

$$\sum K < \Delta \mathcal{E}_r T_{ок}$$

Срок окупаемости  $T_{ок}$  рентабельных проектов составляет 5–7 лет. Однако следует отметить, что транспортные проекты могут иметь и больший срок окупаемости.

Экономическая эффективность от применения маятникового движения должна быть положительной по сравнению с существующей технологией и иметь наибольшую разницу в значениях эксплуатационных затрат:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{маят} < \mathcal{E}_{сущ}; \\ \Delta \mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{сущ} - \mathcal{E}_{маят} \rightarrow \max. \end{aligned}$$

Для рентабельной реализации проекта маятникового движения капитальные затраты должны стремиться к минимуму:

$$\sum K = K_{рек.ст} + K_{линии} + K_{пс} + K_{технол} \rightarrow \min.$$

Для минимизации капитальных вложений на выбранном участке определены параметры интенсивности движения поездов ( $I_1 = 10$  мин,  $I_2 = 30$  мин) и составности вагонов ( $n_1 = 940$  чел.,  $n_2 = 470$  чел.). При увеличении интенсивности движения поездов не потребуются вложения на увеличение пропускной способности участков. При увеличении количества вагонов в поезде может потребоваться новый подвижной состав. В рассматриваемом примере принят существующий 5-вагонный подвижной состав, следовательно,  $K_{пс} = 0$  руб. На станции уже идет реконструкция, следовательно,  $K_{рек.ст} = 0$  руб. Таким образом, затраты на разработку технологии принимаем  $K_{технол} = 0$  руб.

При реализации маятникового движения на заданном участке по исходным параметрам составность поездов сокращается в 2 раза, что приводит к экономии 739,7 млн руб. в год. Следовательно, капитальные затраты не превышают эксплуатационных расходов за период окупаемости проекта.





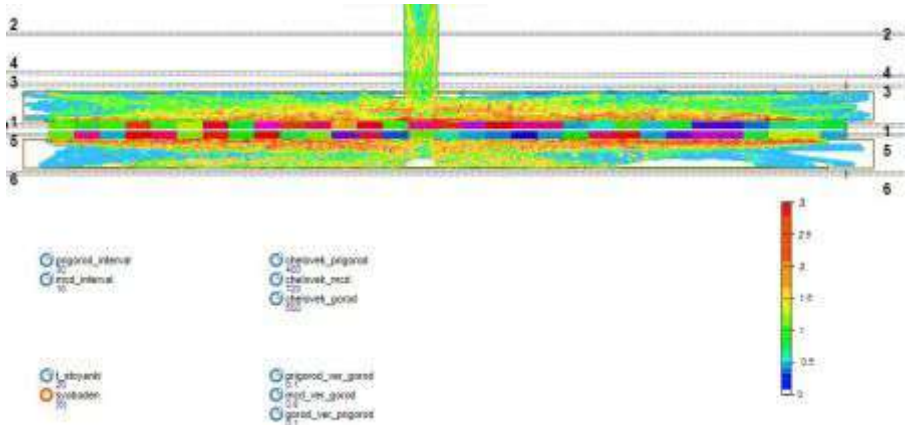


Рисунок 9 – Моделирование загрузки платформы станции КР при 20 % на ТВ

Данное решение позволяет сэкономить на эксплуатации подвижного состава, увеличить его эффективность и обеспечить освоение пассажиропотока.

Таким образом, маятниковое движение пригородных поездов применяется с целью увеличения эффективности использования подвижного состава и уменьшения эксплуатационных затрат. Для определения головной железнодорожной станции при организации данной технологии необходимо соблюдение следующих условий: станция должна являться транспортным узлом, иметь перелом пассажиропотока и достаточное путевое развитие.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Пазойский, Ю. О. Пассажирыские перевозки на железнодорожном транспорте (Примеры, задачи, модели, методы и решения) / Ю. О. Пазойский, В. Г. Шубко, С. П. Вакуленко. – М. : ГОУ УМЦ, 2009. – 342 с.

2 Пазойский, Ю. О. Специфика применения зонного параллельного графика движения пригородных поездов / Ю. О. Пазойский, М. Ю. Савельев, А. А. Сидраков // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2018. – № 2 (37). – С. 71–72.

3 Вакуленко, С. П. О критериях определения категорий пригородных поездов / С. П. Вакуленко, А. В. Колин // Мир транспорта. – 2012. – Т. 10, № 6 (44). – С. 16–21.

*JU. O. PAZOJSKI, M. A. ACHLAMOV, M. JU. SAVELIEV, O. N. PANOVA*

#### THE PRECONDITIONS INTRODUCTION PENDULUM MOVEMENT OF SUBURBAN TRAINS

The article tells about the distinctive characteristics that a railway station should have in order to consider on its basis the organization of the pendulum movement suburban trains on the site. The advantages and disadvantages of the pendulum movement are highlighted, examples are given.

Получено 29.11.2023

УДК 656.21.001.2:004

*Е. М. ПЕРЕПЛАВЧЕНКО*

*ПО «Белоруснефть», г. Гомель*

*evgeniy.pereplavchenko@yandex.by*

## **ПРОБЛЕМНЫЕ ПОЗИЦИИ ТРАНСФОРМАЦИИ МАСШТАБНОГО ПЛАНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ**

Рассматриваются ключевые проблемы, возникающие при решении задачи реконструкции немасштабной схемы по цифровому прототипу масштабного плана железнодорожной станции.

Схема станции рассматривается как общий вид путевого развития и технического оснащения раздельного пункта, в котором использованы определенные условные графические обозначения объектов. Любая схема, отображающая сложный технический объект, представляет собой продукт абстрагирования с целью представления существенного и принципиально важного информационного конструкта. Работа со схемой требует определенных знаний технологических особенностей и среды функционирования транспортных объектов, понимание взаимоотношений между определенными элементами объектов. Схема – это чертеж, в определенной степени неточный, но наглядный и удобный, содержащий существенные признаки объектов. Если посмотреть на любую схему станции, то она узнаваема по типовым признакам (взаимному расположению путей, позициям стрелочных переводов в горловинах, технологическим признакам положения вытяжных и тупиковых путей и др.). Немасштабная схема обладает многими прагматичными атрибутами: она визуально обозрима, занимает на чертеже площадь в пределах форматного листа. Схема способна обеспечить достоверность, точность, четкость изображаемых объектов. Целостность восприятия схемы является ее основным преимуществом по сравнению с планом.

Схема станции является топологическим эквивалентом масштабного плана, который содержит полную информацию обо всех объектах путевого развития и технического оснащения. Масштабный план станции координатно позиционирован по всем объектам. Для каждого объекта определена точка привязки к некоторому координатному полю глобальных или локальных позиций. Координаты этой точки также являются атрибутами объекта. Немасштабная схема станции не содержит координат привязки объектов. Она сохраняет только взаимное расположение составляющих ее элементов относительно друг друга. Поэтому можно отметить, что схема станции ори-

ентирована на использование в технологических целях. Именно в этом проявляется основной признак схемы как топологического эквивалента масштабного плана станции. Взаимное расположение отдельных станционных объектов оказывается важным для рассмотрения схемы как инструмента для решения технологических задач. Удобство визуального восприятия схемы позволяет акцентировать внимание на технологические вопросы с исключением сложной геометрии начертания путей и расположения других устройств. Поэтому для правильного понимания всей технологии работы железнодорожной станции можно воспользоваться производной масштабного плана – немасштабной схемой, являющейся её топологическим конструкционным эквивалентом.

Трансформация масштабного плана в немасштабную схему происходит через формирование шаблона как геометрического образа объектов путевой инфраструктуры. Исходная криволинейная конфигурация путей станции выправляется по выбранному глобальному или локальному вектору. Все пути парков станции в соответствии с рекомендуемым правилом параллельности путей и общего направления глобального вектора теряют криволинейные участки, сжимаясь и (или) растягиваясь вдоль выбранного азимута. Принимается, что трансформированная структура путевого развития масштабного плана, идентифицируемая как шаблон, вписывается в заявленный формат с ориентацией длин путей вдоль оси ординат, совпадающей с направлением глобального вектора. Если в результате трансформационных операций шаблон ориентируется по длине вдоль оси  $OY$ , то композиционный формат всегда ориентирован прямоугольным контуром вдоль оси  $OX$  и соответствующий шаблон поворачивается на  $90^\circ$ .

Если путевое развитие станции на масштабном плане занимает некоторую криволинейную площадную конфигурацию, то после выбора глобального вектора ориентации шаблона (ординатного положения шаблона) существуют отдельные сегменты путевого развития станции, которые нужно вращать на определенные ротационные углы  $\gamma_{r_{ij}}$  до их совпадения с ординатным положением. Данная задача представляет собой достаточно сложную оптимизационную задачу с разноплановыми критериями и может в исходной постановке содержать ряд гипотез, которые дальнейшими исследованиями могут быть подтверждены или опровергнуты.

**Гипотеза 1.** Для любого масштабного плана станции существует такое направление глобального вектора трансформации, что  $\sum_i \gamma_{r_{ij}}$  минимальна.

**Следствие 1.1.** При выборе локальных векторов трансформации существует такой набор ротационных углов  $\gamma_{r_{ij}}$ , что  $\sum_i \sum_j \gamma_{r_{ij}}$  минимальна.

Для различных схем станций со сложной геометрией расположения станционных путей и определенными примыканиями подъездных путей ротационные углы будут существенно различными. По-видимому, будет целесообразно исследовать топологию путевого развития существующих станций сети железных дорог и разбить полученные структуры станций на группы с одинаковыми правилами трансформации:

– с глобальным вектором при

$$0^\circ < \gamma_{r_{ij}} \leq 5^\circ;$$

$$5^\circ < \gamma_{r_{ij}} \leq 10^\circ;$$

$$10^\circ < \gamma_{r_{ij}} \leq 25^\circ;$$

$$25^\circ < \gamma_{r_{ij}} \leq 50^\circ;$$

$$\gamma_{r_{ij}} > 50^\circ;$$

– с локальными векторами;

– с другими различающимися правилами.

Для схем примыкания подъездных путей важно обратить внимание на «веерообразность» их расположения по отношению к станции. Предполагается, что одной из проблем будет корректное отображение путевого развития подъездных путей, которые по некоторому условию должны быть отображены параллельно глобальному вектору.

**Гипотеза 2.** Если зона путевого развития станции включает только стрелочные переводы, уложенные по схемам взаимного расположения, то она и является областью топологической трансформации масштабного плана в немасштабную схему.

**Гипотеза 3.** Все пути, отображающие примыкания подъездных путей, на всех схемах могут быть представлены в виде параллельных друг другу и глобальному вектору линий.

**Гипотеза 4.** Существует предельный ротационный угол  $\gamma_{r(\text{пред})}$ , позволяющий представить все пути схемы станции параллельно глобальному вектору трансформации. При  $\gamma_r > \gamma_{r(\text{пред})}$  такая операция недостижима.

**Гипотеза 5.** Количество шагов трансформации плана станции в схему пропорционально площади территории станции.

**Гипотеза 6.** Все масштабные планы существующих отдельных пунктов обладают потенциалом топологической трансформации.

**Гипотеза 7.** Существуют путевые структуры различных станций, приводимые методами топологической трансформации к идентичным или подобным немасштабным схемам.

**Гипотеза 8.** Шаблон технической схемы станции соотносится с масштабным планом так же, как технологическая схема станции с технической.

**Гипотеза 9.** Качество визуализированного образа схемы станции определяется коэффициентом презентабельности, включающим в себя индексные составляющие показателей информативности, распознаваемости графической информации, заполняемости площади формата схемы.

**Гипотеза 10.** Для каждого размера композиционного формата существует предельное значение количества объектов, размещаемое на схеме станции.

Следует отметить, что с позиций данной гипотезы ограничение площади в форматах А4 и А5 накладывает существенные ограничения на размеры, плотность и количество объектов немасштабной схемы станции. Наиболее существенными признаками качественно иллюстративной и информативной схемы могут быть:

- размеры междупутий;
- соотношение длин путей и платформ (складов, зданий, сооружений);
- размеры шрифтов сопроводительных надписей (номера путей и стрелочных переводов, графические знаки, специализации путей, наименования подходов, примыкающих подъездных путей промышленных предприятий, название станции).

Для каждого размера формата должны быть разработаны нормализованные позиции по всем указанным существенным признакам немасштабной схемы. Перенос схемы с одного формата на другой называется репродуктивной корректировкой (рекоррекцией). Рекоррекция может быть топологической и объективирующей. Топологическая рекоррекция обеспечивает перенос всех объектов с формата  $A_i$  на формат  $A_j$  посредством масштабирования. Объективирующая рекоррекция изменяет состав объектов при переносе с  $A_i$  на формат  $A_j$  (например, исключая некоторые объекты) на меньших форматах и, соответственно, добавляя скрытые объекты при переходе к большим форматам. По-видимому, объективирующая рекоррекция будет проявляться при переходах на форматы А4–А5, А1–А0. Промежуточные по величине форматы А2, А3 будут наполняться схемными объектами по системе топологической рекоррекции.

При этом, если методами обычного масштабирования привести схему формата А4 к формату А3 и получить некоторый результат *Scheme1*, а методами топологической трансформации по всем правилам создать корректную схему *Scheme2* для формата А3 (и в одном, и в другом случае, естественно, прообразом является один и тот же шаблон, полученный из конкретных масштабных планов), то возникает вопрос, будут ли идентичны (Result1), подобны (Result2) или различны (Result3) выходные образы *Scheme1* и *Scheme2*? По-видимому, будут подобны, так как в *Scheme1* не учитывается возможность дополнения схемы на увеличенном формате новыми объектами. Однако обратное превращение:

*Scale* (*Scheme2*, формат А3) → (*Scheme1*, формат А4) –

может привести к нераспознаваемости мелких объектов, видимых на большем формате.

Проблемные позиции данных гипотез представляются принципиально важными для получения корректных образов немасштабных схем станций из цифровых масштабных планов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Головнич, А. К. Объекты железнодорожных станций на цифровых масштабных планах : [монография] / А. К. Головнич. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 340 с.

2 Правдин, Н. В. Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций : [монография] / Н. В. Правдин, А. К. Головнич, С. П. Вакуленко. – М. : Маршрут, 2004. – 400 с.

3 Переплавченко, Е. М. Способы топологической реконструкции немасштабных схем путевого развития станций / Е. М. Переплавченко // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр.; редкол.: А. К. Головнич (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2022. – Вып. 4. – С. 180–184.

*Е. М. PEREPLAVTSHENKO*

#### **PROBLEM POSITIONS OF TRANSFORMATION THE SCALE PLAN OF RAILWAY STATION**

The key problems arising at the decision of a task reconstruction the unscale circuit on the digital prototype of the scale plan of railway station are considered.

Получено 18.10.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 656.073.235

*В. Г. ПИЩИК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
uladzislau.pishchic@gmail.com*

#### **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЗОНИРОВАНИЯ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА ПО СТЕПЕНИ НАДЕЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКИ ОБРАБОТКИ КОНТЕЙНЕРПОТОКА**

Рассматриваются варианты зонного секционирования контейнерного терминала типа «сухой порт». Приведены отличительные черты в приоритетности поставленных задач для морских терминалов и типа «сухой порт». Предложена методика зонного секционирования контейнерного терминала по степени надежности прогнозирования технологической цепочки обработки, которая позволит реализовать технологию обработки, основанную на модели теории массового обслуживания «LIFO».

Одним из вариантов сокращения транспортно-перегрузочных операций является зонное секционирование контейнерного терминала, которое позволит рационально распределить контейнеры по зонам в зависимости от уровня надежности прогнозирования технологической цепочки. Такой подход позволит полностью исключить установку блокирующих контейнеров и излишнюю перестановку, не связанную с технологически обусловленной цепочкой. Зонное секционирование предлагается для терминалов типа «сухой порт» и терминалов, обслуживающих мультимодальные перевозки автомобильным и железнодорожным транспортом.

Задача по зонному секционированию контейнерного терминала должна быть решена превентивно, с учетом этапа активного строительства и развития технического оснащения терминальной системы, с учетом объемов перевозок и потребности в перерабатывающей способности контейнерных терминалов.

В современных источниках представлено достаточное количество вариантов и методов для оптимизации размещения контейнеров на территории терминала. Рассмотрим некоторые разработки в этой сфере отечественных и зарубежных исследователей.

Современными авторами предлагаются различные виды планировок контейнерных терминалов. К примеру, Д. С. Хасановым [1] произведен сравнительный анализ планировок контейнерных терминалов. Новые виды планировок рассматриваются с позиций меньших затрат площади и обеспечения более быстрой, дешевой и эффективной передачи контейнеров.

Методом оптимизации размещения контейнеров на территории терминала посвящен ряд статей. В. А. Гай и Д. В. Малахов [2] рассматривают варианты размещения контейнеров на территориях терминалов, отличных от «прямоугольного типа». В предлагаемом методе в интерактивном режиме строится несколько вариантов размещения контейнеров, затем для каждого варианта подсчитываются транспортная работа и общее количество контейнеров первого яруса. Эти показатели в комплексе являются критериями выбора оптимального размещения штабелей контейнеров. В. С. Хлебодоров [3] анализирует эффективность применения различных вариантов оснащения контейнерных терминалов. Методы динамического обслуживания очередей установки и изъятия контейнеров на участке склада, алгоритма приоритетного обслуживания очередей, а также динамического алгоритма планирования обработки контейнеров на складе временного хранения рассмотрены в статье Е. В. Нужнова и Д. С. Юрко [4]. Реализация предлагаемого авторами механизма обслуживания очередей обеспечивает приоритетное освобождение участка склада, а также дает дополнительные возможности оптимизации процесса установки контейнеров на нем. В. А. Рягина [5] и соавторы предлагают прототип автоматизированной системы для размещения контейнеров. Предложенный способ размещения контейнеров на площадке основан на дате вывоза контейнера.

Одним из эффективных методов совершенствования технологии обработки интермодальных единиц является зонирование контейнерного терминала. К примеру, в статье А. А. Янченко [6] на основе изучения современных логистических процессов контейнерного терминала, характеризующихся динамической изменчивостью и необходимостью учета разнородных параметров, представлен процесс построения модели переработки импортных контейнерных грузопотоков с использованием зонирования контейнерного терминала. В результате выполненного исследования была разработана блок-схема переработки импортного контейнерного потока с применением технологии зонирования терминала в технологическом процессе в виде системы массового обслуживания. Кекиш Н. А. [7] выдвинута гипотеза, что переход к обработке единого типа грузовых единиц приведет к функциональному зонированию терминалов по принципу технологического этапа обработки контейнера. Предлагаемый вариант сегментирования территории терминала основывается на соблюдении логической последовательности операций и рационализации складской логистики по перемещению контейнеров в процессе их обработки.

Методы снижения стоимости и сроков обработки на территории контейнерного терминала при использовании автоматизации оперативного управления контейнерами приведены в статье П. А. Аркина [8] и соавторов. Основной задачей системы является автоматизация оперативного управления операциями с контейнерами. Предлагаемые методы призваны увеличить скорость прохождения контейнеров через терминал, скорость приема и обработки заявок, а также повысить качество обслуживания клиентов. В. В. Малая, Н. А. Дубинина [9] описывают системы управления контейнерными терминалами как системы автоматизированных решений, охватывающие процессы приема, хранения, обработки и отгрузки контейнеров на контейнерном терминале. Основной задачей таких систем, по мнению авторов, является автоматизация оперативного управления операциями с контейнерами, позволяющая снизить стоимость и сроки их обработки на территории контейнерного терминала.

Проблема тупиковых ситуаций при использовании AGV для транспортировки контейнеров поднимается в статье К. Х. Ким [10]. Для ее решения предлагаются метод графического представления расписания и таблица приоритетов. Расписание предназначено для резервирования маршрутов передвижения AGV, таблица приоритетов – для поддержания согласованности приоритетов между блоками условной сетки, с помощью которой выполнено разбиение терминала на определенные области. Показано, что согласованность приоритетов гарантирует отсутствие взаимоблокировок в расписаниях резервирования для AGV, пересекающих одну и ту же область в одно и то же время. Предложенный метод был апробирован в ходе имитационного моделирования.



В современной научной литературе предложено значительное количество вариантов и методов оптимизации размещения контейнеров. Наиболее перспективными представляются варианты с зонным секционированием терминала. Зонное секционирование базируется на разделении контейнеров на группы по определенным признакам. Цель зонного секционирования – совершенствование работы терминала за счет уменьшения числа излишних перестановок контейнеров и транспортно-перегрузочных операций.

Однако в большинстве источников зонное секционирование производится по виду технологической фазы транспортировки (прибытие, отправление), по признакам состояния (порожний, груженный), принадлежности (инвентарный, собственный, арендованный, принадлежащий другим владельцам). В итоге изолированное использование этих признаков как основы для зонирования терминала не гарантирует минимизацию транспортно-перегрузочных операций и реализацию принципов теории массового обслуживания.

Необходимо отметить, что для решения задачи опыт морских терминалов может быть использован в неполной мере из-за следующих различий:

– различия в приоритетности задач. На морских терминалах и терминалах типа «сухой порт» присутствует разная приоритетность выполняемых задач в технологии работы. В условиях избыточности транспортно-перегрузочных механизмов на морских терминалах приоритетным является решение задачи максимального сокращения времени простоя морского судна за счет параллельности операций при использовании как можно большего числа механизмов. В условиях сокращения затрат на терминальную обработку на железнодорожном транспорте приоритетным является решение задачи рационального использования оптимального количества механизмов;

– различия в технологии обработки. На морском транспорте преобладает технология двояких операций, когда при выгрузке судна идет его последовательно-параллельная погрузка. В случае с железнодорожным существует три теоретически равновероятных схемы обработки: 1) подача порожнего состава под погрузку с последующим отправлением груженных вагонов; 2) подача груженого состава под выгрузку с последующим отправлением порожних вагонов; 3) подача груженого состава под выгрузку с последующей погрузкой (выполнение двояких операций);

– различия в технологии расстановки контейнеров на транспортных средствах. При погрузке на прямой контейнерный поезд порядок расстановки контейнеров на вагонах зависит только от массовых характеристик и типоразмера контейнеров, т. е. порядок загрузки вагонов определяется нормативными требованиями по размещению и креплению. При погрузке контейнеров разных назначений порядок расстановки зависит и от дальнейшего пути следования, т. е. порядок расстановки определяется еще одним дополнительным фактором. В случае с морским транспортом схемы

размещения намного более сложные за счет высокой ярусности погрузки и совершенно других требований по размещению и креплению контейнеров;

– различия во влиянии скорости переработки на терминале на оборот транспортных средств. Исходя из Положения по расчету технологических норм на выполнение погрузочно-разгрузочных работ с вагонами [11] продолжительность 1 контейнеро-операции занимает около 6 минут. Очевидно, что в общем обороте вагона при контейнерных перевозках время выполнения грузовых операций занимает малую долю. Можно сделать вывод, что сокращение времени, затрачиваемого на эти операции, несущественно влияет на сокращение оборота железнодорожного вагона. На морском транспорте продолжительность грузовых операций с учетом количества перерабатываемых контейнеров, присутствия дополнительных, подготовительных, заключительных операций, специфичных для морской перевозки, занимает заметное место в обороте судна.

Таким образом, можно сделать вывод, что различия в технологии контейнерной перевозки морским и железнодорожным транспортом являются достаточно существенными, что не позволяет без адаптации использовать накопленный опыт обработки контейнеров на морских терминалах. Для терминалов типа «сухой порт» и железнодорожно-автомобильных сухопутных терминалов требуется поиск новых решений по зонированию территории терминала.

Предлагаемое решение основывается на анализе технологической цепочки терминальной обработки контейнера. Все контейнеры, которые обращаются на терминале, можно подразделить на группы по степени надежности прогнозирования технологической цепочки их дальнейшей обработки (рисунок 1).



Рисунок 1 – Дифференциация контейнеров по группам по степени надежности прогнозирования технологической цепочки

Для группы А на основании всего функционала современных информационно-управляющих систем железнодорожного транспорта (САПОД, ИАС ПУГ ГП, АСУ ГС, АС СПП, АП «Месплан» и другие) теоретически возможна реализация системы массового обслуживания типа «LIFO», что позволяет избежать появления блокирующих контейнеров.

Для подгруппы А1 контейнеры можно размещать на терминале без дальнейшей перестановки, обладая информацией оперативного планирования из информационно-управляющих систем. В момент прибытия контейнеров на терминале присутствуют сведения о самом контейнере (из накладной в системе САПОД) и его оперативном планировании (из информационно-управляющих систем).

Для подгруппы Б1 уровень надежности прогнозирования снижен в связи с вероятностью отсутствия регулировочного задания на момент прибытия контейнера на терминал. Такие контейнеры могут быть предложены клиенту для ближайшей отправки, и при согласии клиента данная группа контейнеров может не попасть в регулировку. Информацию о потребности контейнеров можно узнать из учетных карточек клиента, однако поданная заявка может быть не выполнена клиентом.

Уровень надежности прогнозирования подгруппы Б2 понижается в связи с отсутствием информации о результатах ремонта, его продолжительности и дальнейшем пути следования (дальнейший переход контейнеров в регулировку либо под погрузку на станции). В качестве источника информации выступает ремонтное подразделение, выполняющее ремонт, а также стандартная технология выполнения ремонта, ограниченная ремонтными нормами.

Для подгруппы Б3 уровень надежности прогнозирования снижается в связи с отсутствием информации о продолжительности выполнения операции, так как очистка может выполняться силами нанятых контрагентов. Как и в случае с порожними контейнерами, принятыми в ремонт, у данной группы отсутствует информация о дальнейшем пути следования контейнера.

Последовательность обработки контейнеров, относящихся к подгруппе В1 трудно спрогнозировать в связи с отсутствием гарантий выдачи в установленное время по ряду причин (отказ клиента от получения груза, задержка оформления документов на выдачу груза, проведение дополнительных таможенных операций). Вышеперечисленные операции могут нарушить установленную последовательность обработки и привести к блокированию других контейнеров. Надежность прогнозирования в данной категории можно повысить путем создания системы «Электронная очередь».

Электронная очередь – это программно-аппаратный комплекс, позволяющий формализовать и оптимизировать управление потоком посетителей. Основной целью данной автоматизации является равномерное и грамотное распределение рабочего времени сотрудников, уменьшение ожидания клиентов, улучшение планирования подачи на станцию. С переходом

на электронную очередь появится возможность составления графика подач. Каждый клиент сможет записаться в любое удобное, свободное для него время. Технология работы клиента с электронной очередью отражена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Алгоритм работы клиента с функцией «Электронная очередь»

Основным преимуществом электронной очереди является оптимизация рабочего времени. Появляется возможность перехода на 8-часовой рабочий день вместо круглосуточных смен или 12-часового рабочего дня, экономии на фонде заработной платы, улучшения условий труда, повышения равномерности загрузки работников, оптимизации штата, увеличения уровня доверия среди клиентов, проведения онлайн-мониторинга для быстрого устранения непредвиденных ситуаций.

Функция «Электронная очередь», основываясь на полученных заявках, позволит формировать план оптимальной расстановки контейнеров на терминале путем фиксации прибытия контейнера на станцию до расформирования и фактического прибытия на терминал. Для формирования этого плана прибытие контейнера должно быть зафиксировано в электронной очереди в момент прибытия на станцию до расформирования и фактического прибытия на терминал, чтобы клиент мог занять свое место в электронной очереди, с указанием срока и способа вывоза груза.

К подгруппе В1 можно отнести избыток порожних контейнеров на терминале. Такие контейнеры не включены в регулировочное задание и не предназначены для отправки в рассматриваемый промежуток времени. В данную группу могут быть отнесены собственные порожние контейнеры сторонних владельцев, которые хранятся на терминале по договору.

Для контейнеров подгруппы В3 установлен низкий уровень прогнозирования в связи с отсутствием информации о намерениях оператора в периоде прогнозирования. Все операции с такими контейнерами выполняются в оперативном режиме по запросу клиента без предварительного информиро-

вания о номерах конкретных контейнеров, с которыми в прогнозируемом периоде будут выполняться перестановки.

В зависимости от выделенных групп контейнеров по уровню надежности прогнозирования технологической цепочки обработки предлагается секционирование транспортного терминала на зоны хранения контейнеров. Перед распределением контейнеров по зонам хранения необходимо определить его группу по уровню прогнозирования.

При постановке задачи сокращения транспортно-перегрузочных операций для зон Б и В возможно предусмотреть нестандартный технический и технологический метод хранения, который позволит выполнить забор контейнера из любого яруса без перестановки. Такой способ исключает излишнюю перестановку контейнеров, предоставляя доступ к любому контейнеру в необходимый момент, что повысит эффективность работы терминала.

В отличие от существующей технологии обработки, в которой контейнеры подразделяются по технологическому признаку, стадии обработки, применение принципа зонирования контейнерного терминала по степени надежности прогнозирования технологической цепочки обработки позволит значительно снизить количество транспортно-перегрузочных операций и блокирующих контейнеров, потому что этот принцип учитывает реализацию технологии обработки, которая основана на модели теории массового обслуживания «LIFO».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Хасанов, Д. С.* Планировка контейнерного терминала / Д. С. Хасанов // Региональная информатика : материалы 18-й Санкт-Петербургской науч. конф, Санкт-Петербург, 26–28 октября 2022 г. – СПб., 2022. – С. 286–288.

2 *Гай, В. А.* Метод оптимизации размещения контейнеров на сложных территориях / В. А. Гай, Д. В. Малахов // Логистика и управление цепями поставок. – 2012. – № 1. – С. 56–59.

3 *Хлебородов, В. С.* Анализ эффективности существующих систем организации контейнерных терминалов при использовании различного транспортно-грузового оборудования / В. С. Хлебородов, С. Н. Корнилов // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2012. – № 1. – С. 238–251.

4 *Нужнов, Е. В.* Динамическое планирование распределения контейнеров по участкам склада временного хранения в транзитном терминале / Е. В. Нужнов, Д. С. Юрко // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. – 2015. – № 4. – С. 54–59.

5 *Рягина, В. А.* Прототип автоматизированной системы размещения контейнеров / В. А. Рягина, Е. А. Труфанов, Н. В. Власов // Молодая наука Сибири. – 2023. – № 2. – С. 80–93.

6 *Янченко, А. А.* Разработка модели исследования влияния зонирования контейнерного терминала на эффективность его работы / А. А. Янченко, Т. Е. Маликова, И. Н. Вольнов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2017. – № 4. – С. 704–713.

7 *Кекиш, Н. А.* Изменение пространственной организации железнодорожных

терминалов и технического обеспечения терминальной инфраструктуры в условиях роста контейнеризации грузопотока / Н. А. Кекиш // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. / редкол. А. К. Головин (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 3032. – Вып. 4. – С. 137–148.

8 Аркин, П. А. Логистика современных систем управления контейнерным терминалом / П. А. Аркин, М. Ю. Васильев, И. Ю. Крылова // Известия Санкт-Петербургского государственного технического института. – 2008. – № 3. – С. 94–97.

9 Малая, В. В. Анализ систем управления контейнерными терминалами / В. В. Малая, Н. А. Дубинина // Вестник магистратуры. – 2014. – № 6. – С. 112–114.

10 Kim, K. H. Deadlock prevention for automated guided vehicles in automated container terminals / К. Н. Kim, SU. M. Jeon, K. R. Ryu // OR Spectrum. – 2006. – No. 4. – P. 659–679.

11 Положение по расчету технологических норм на выполнение погрузочно-разгрузочных работ с вагонами : приказ М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь от 23.12.2012 № 99 – Ц.

V. G. PISHCHIC

## **THEORETICAL FOUNDATION OF CONTAINER TERMINAL ZONING ACCORDING TO THE DEGREE OF RELIABILITY OF FORECASTING THE TECHNOLOGICAL PROCESSING CHAIN OF CONTAINER FLOW**

Variants of zone partitioning of a container terminal of the "dry port" type are considered. The distinctive features in the priority of tasks for sea terminals and the "dry port" type are given. A method of zoning of a container terminal according to the degree of reliability of forecasting the technological sequence of actions is proposed, which will allow implementing a processing technology based on the "LIFO" queuing theory model.

Получено 17.11.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 656.025 + 06

*Н. А. РЕПЕШКО, И. А. КОЛОБОВ, Н. Р. ОСИПОВА, А. И. СТЕПОВАЯ*  
*Ростовский государственный университет путей сообщения,*  
*г. Ростов-на-Дону*  
*Nar\_75@mail.ru*

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И ПАССАЖИРОВ В ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ**

Исследуется влияние различных факторов на безопасность движения поездов и поездки пассажиров на железнодорожном, водном, автомобильном и воздушном транспорте. Отмечается важность использования профилактических мер, способных предупредить возникновение чрезвычайных ситуаций.

Безопасность движения поездов на железнодорожном транспорте обеспечивается, если объект находится в неопасном состоянии за расчетное время, когда отсутствует угроза жизни и здоровью пассажиров, технического персонала, населения, сохранности грузов, объектов хозяйствования, технических средств транспортной системы [1, 2]. Целью обеспечения безопасности движения на железной дороге является сохранение жизни и здоровья пассажиров в пути следования [5].

Одной из ключевых задач ОАО «РЖД» в условиях реформирования железнодорожного транспорта согласно «Стратегии развития железнодорожного транспорта до 2030 года» является обеспечение безопасности движения. Согласно проведенным статистическим исследованиям по аварийности в зависимости от вида транспорта выявлено, что с 2020 по 2022 год произошло снижение несчастных случаев по количеству человек, получивших травмы на автомобильных дорогах, – на 114,22 % [4]. На воздушном транспорте, наоборот, произошел прирост – на 54,71%. На железнодорожном транспорте число раненых человек, по сравнению с 2020 годом, выросло на 2 человека (рисунок 1).

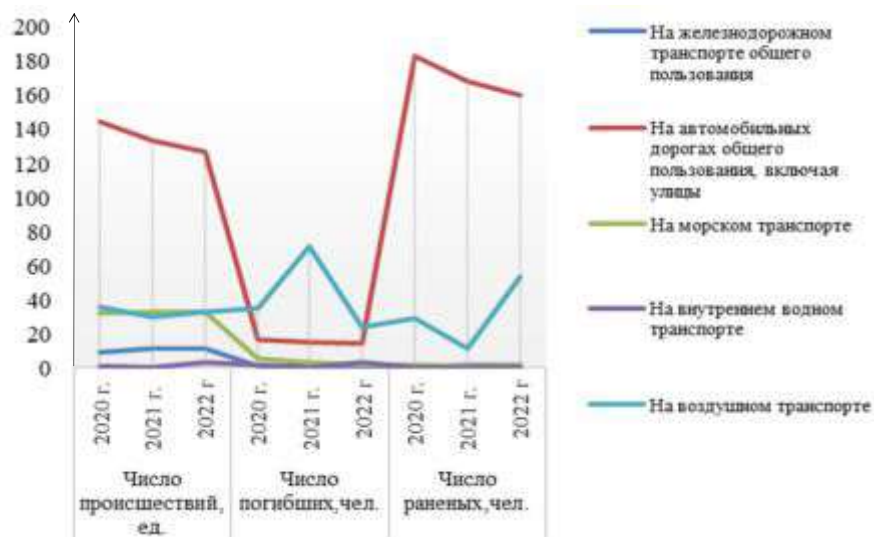


Рисунок 1 – Статистические данные по аварийности по видам транспорта

Чтобы сократить количество несчастных случаев на транспорте, необходимо, проводить интегративную работу по сокращению рисков, связанных с человеческим фактором: контроль и автоматизацию технологических процессов, многоуровневый контроль соответствия.

В структуре управления безопасностью движения блок обеспечения безопасности перевозок должен повышать свою роль в вопросах разработки

и реализации производственных регламентов; подготовке и повышении квалификации кадров, выработке технической политики с точки зрения обеспечения безопасности и идеологии RAMS [6].

С увеличением мощностей и скоростей подвижного состава возникает зависимость уровней последствий от аварийных и нестандартных ситуаций.

Например, последствия схода с рельсов поезда, вагонов или аварии при скорости движения 10 км/ч и выше 160 км/ч будут значительно отличаться друг от друга [3].

На основании данных статистики были выявлены основные факторы и причины появления внештатных и экстренных ситуаций, возникающих при перевозке пассажиров в пути следования.

К ним относятся:

- износ и отказ технического оборудования и систем на железнодорожном транспорте;
- несоблюдение правил эксплуатации подвижного состава;
- размывы железнодорожного полотна;
- ошибочные действия работников железнодорожного транспорта;
- влияние факторов технического, техногенного и стихийного характера;
- акты незаконного вмешательства и террористические акты.

Большое количество работников железнодорожного транспорта разных структурных подразделений работают на открытых участках станций и перегонах, и они больше всего подвержены производственным рискам по причинам интенсивного движения на станции, перегоне или участке, длинных тормозных путей поезда, ограниченного обзора при производстве путевых работ, работы в темное время суток, несоблюдения правил безопасности на путях.

Например, при работе в зимний период возникают сложности из-за снежных заносов при переходе путей и междупутий станции, при передвижении по станции или участку, что также мешает восприятию видимых и звуковых сигналов, при использовании спецодежды, сковывающей движения, когда возможны обморожения. Факторы, способствующие возникновению нестандартных ситуаций также неблагоприятно влияют на безопасность и охрану труда. Одной из самых значимых проблем на железнодорожном транспорте является износ инфраструктуры и подвижного состава: железнодорожные пути составляют 15 %; контактная сеть – 50 % [4] (рисунки 2, 3).

На условиях труда работников железнодорожного транспорта неблагоприятно сказывается также резкая смена погоды (изменение температуры окружающего воздуха, влажность, давление). Поэтому специальная одежда железнодорожников, работающих на открытом воздухе, должна обладать свойствами, обеспечивающими нормальные условия работы при резкой смене погодных условий.



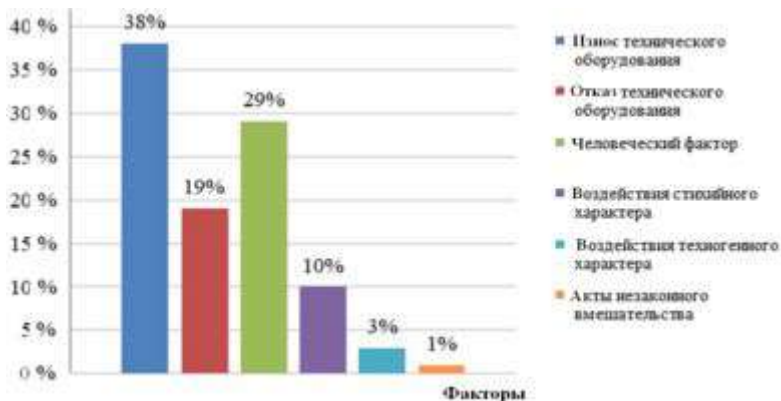


Рисунок 2 – Факторы возникновения внештатных и экстренных ситуаций

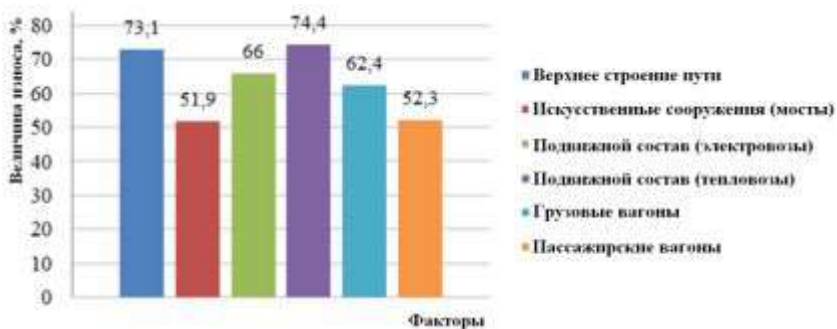


Рисунок 3 – Износ инфраструктуры и подвижного состава на железнодорожном транспорте

Для того чтобы обеспечить безопасность движения на железнодорожном транспорте, проводится комплекс профилактических мер [3]:

- профессиональный отбор кандидатов на должности, связанные с движением поездов;
- сдача квалификационных экзаменов;
- предрейсовый медицинский осмотр;
- повышение квалификации и стажировка работников железнодорожно-го транспорта;
- решение задач на совещаниях и планерках по действию в нестандартных и экстренных ситуациях;
- разработка мероприятий по улучшению факторов безопасности движения;
- модернизация устаревшего оборудования;
- внедрение новейших технологий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ГОСТ Р 22.2.08-96. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Безопасность движения поездов. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/1200025608>. – Дата доступа : 16.10.2023.

2 Китанина, К. В. Исследование эффективности применения маркетинговых программ / К. В. Китанина, Т. Н. Каликина // Актуальные проблемы экономики и управления на транспорте : сб. материалов 11-й Всероссийской (3-й Междунар.) науч.-практ. конф. – Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2013. – С. 57–60.

3 Бухало, Г. И. Концепция создания комплексной системы безопасности перевозок пассажиров и грузов / Г. И. Бухало, И. Р. Рувинов, Д. А. Гоголадзе // Вестник транспорта. – 2014. – № 6. – С. 23–29.

4 Евразия-Вести. Международное информационно-аналитическое обозрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://eav.ru>. – Дата доступа : 02.12.2023.

5 Исследование динамики основных показателей работы железнодорожного транспорта России и направления его развития / О. Б. Иванов [и др.] // Экономика железнодорожного транспорта. – 2015. – С. 89–103.

6 Gujarati, D. N. Basic Econometrics / D. N. Gujarati. – 4th ed. – McGraw-Hill Companies, 2004. – 1003 p.

*N. A. REPESHKO, I. A. KOLOBOV, N. R. OSIPOVA, A. I. STEPOVAJA*

### **THE FACTORS, INFLUENCING SAFETY OF MOVEMENT AND PASSENGERS IN TRANSITS**

The influence of the various factors on safety movement of trains and trip of the passengers on railway, water, automobile and air transport is investigated. The importance use of preventive measures capable to warn occurrence of extreme situations is marked.

Получено 16.10.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 656.07+06

*Н. А. РЕПЕШКО, И. А. КОЛОБОВ, Б. Н. СУХОРУЧКО, А. Е. ДИБРОВА,  
А. А. КОЛОМОЙЦЕВА*

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

*Nar\_75@mail.ru*

### **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВЕДЕНИЯ ПОЕЗДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

Рассматриваются возможности инновационной разработки ОАО «РЖД» «Эко-диспетчер», которая в своем функционировании использует экологическую информацию для управления движением поездов и основывается на использовании дан-

ных о состоянии железнодорожной инфраструктуры и прогнозов погоды, что позволяет оптимизировать скорость движения поездов с целью снижения расхода топлива и уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу. Экологическая система использует алгоритмы и технологии автоматического управления и искусственного интеллекта.

Экологичное автоматизированное управление движением – это система, которая использует современные технологии и алгоритмы для эффективно и безопасно управления движением поездов с минимальным негативным воздействием на окружающую среду. Технология ручного управления движением поездов является примером наиболее простой экологичной системы, основанной на использовании команд диспетчера, который в своих решениях учитывает возможности экономного использования топливно-энергетических ресурсов. Такая технология включает в себя передачу команд и инструкций от диспетчера поезвному составу для обеспечения безопасного и эффективного движения. Технология ручного управления GoA1 предоставляет диспетчеру возможность контролировать движение поездов и принимать решения на основе текущей ситуации. В этой системе диспетчер передает команды машинисту поездного состава, регулирует скорость движения и обеспечивает безопасность поездного движения. Технология ручного управления также может включать использование сигнальных систем и устройств для обеспечения безопасности и координации движения поездов. Диспетчер может использовать сигналы и индикаторы для контроля и управления движением поездов.

Однако ручное управление имеет свои ограничения по пропускной способности и возможностям человека. С развитием технологий появляются автоматизированные системы управления движением поездов, которые могут улучшить эффективность и безопасность железнодорожного транспорта. Система управления движением поездов, известная как полуавтоматизированное управление, представляет собой комбинацию автоматических сигналов и устройств, которые требуют вмешательства человека. Одна из форм полуавтоматизированного управления – это система управления GoA2. Диспетчеры используют автоматические сигналы и устройства для контроля движения поездов, однако при этом требуется вмешательство человека для принятия решений на основе текущей ситуации. Важно отметить, что полуавтоматизированное управление имеет свои преимущества и ограничения. Оно может повысить эффективность и безопасность движения поездов, но принимает решение и обеспечивает безопасность движения диспетчер.

Система управления движением поездов (СУДП) – это автоматизированная система, которая контролирует, управляет движением поездов на железнодорожных путях и включает в себя различные технологии и методы, которые обеспечивают безопасность и эффективность движения поездов.

СУДП использует различные системы и компоненты для обеспечения автоматического управления движением поездов. Одной из таких систем

является система European Train Control System (ETCS), которая предоставляет стандартные протоколы и спецификации для автоматического управления движением поездов.

СУДП включает в себя такие функции и возможности, как контроль скорости поезда, управление сигнализацией и светофорами, обеспечение безопасного расстояния между поездами и предотвращение столкновений. Она также предоставляет информацию о состоянии пути, погодных условиях и других факторах, которые могут повлиять на движение поездов. Автоматизированная система имеет множество преимуществ, включая повышение безопасности движения поездов, увеличение пропускной способности железнодорожных путей и снижение задержек и перегрузок, улучшая точность и надежность расписания движения поездов.

Преимущества автоматизированного управления движением поездов заключаются:

- в повышении пропускной и провозной способности с эффективным использованием имеющихся железнодорожных маршрутов и ресурсов;
- улучшении безопасности с сокращением и устранением рисков, связанных с человеческим фактором (ошибки диспетчера или машиниста поезда);
- оптимизации времени с более точным планированием и координацией движения поездов, что приводит к сокращению времени на маршруте.

Инновационная разработка ОАО «Российские железные дороги» «Эко-диспетчер» – это экологичная цифровая система управления скоростью поездов, основанная на использовании данных о состоянии железнодорожной инфраструктуры и прогнозов погоды и позволяющая оптимизировать скорость движения поездов для снижения расхода топлива и уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу.

Эта система позволяет управлять скоростью поездов более точно, особенно в условиях изменчивой погоды или форс-мажорных обстоятельств. Активно развиваются новые функциональные возможности «Эко-диспетчера».

1 Алгоритмы и технологии, позволяющие точно управлять скоростью поездов и снижать потребление топлива.

2 Автоматическое управление движением поездов без необходимости вмешательства человека.

3 Искусственный интеллект и аналитика данных для постоянного мониторинга и оценки экологических параметров.

4 Оценка и управление энергопотреблением в железнодорожной отрасли с помощью сбора и анализа данных по энергопотреблению и показателям мощности.

«Эко-диспетчер» в РЖД выполняет различные функции.

1 Обеспечивает мониторинг энергопотребления, отслеживая и анализируя энергопотребление на таких железнодорожных объектах, как станции, депо, электрические поезда и др., позволяя выявлять энергоэффективность и оптимизировать потребление энергии.

2 Помогает контролировать и управлять процессом утилизации отходов на железнодорожных объектах, предоставляя информацию о раздельном сборе отходов, их объеме и способах утилизации.

3 Производит мониторинг качества воздуха с отслеживанием уровня загрязнения воздуха на железнодорожных объектах и в их окрестностях, позволяя выявлять и контролировать выбросы вредных веществ и принимать меры по их снижению.

4 Оптимизирует использование водных ресурсов, контролируя и эффективно используя водные ресурсы на железнодорожных объектах, предоставляя информацию о расходе воды, обнаруживая утечки и предлагая меры по их устранению.

5 Соблюдает экологические нормы и стандарты, обеспечивая соблюдение экологических норм и стандартов, установленных законодательством, формируя данные и отчеты, необходимые для проверок и аудитов со стороны контролирурующих органов.

«Эко-диспетчер» является важным инструментом для повышения экологической устойчивости железнодорожной отрасли. Он позволяет сократить потребление ресурсов, снизить негативное воздействие на окружающую среду и повысить общую эффективность работы железнодорожных объектов.

Однако «Эко-диспетчер» обладает и определенными недостатками.

1 Высокие затраты на внедрение и поддержку системы, что является следствием необходимости приобретения специализированного оборудования, разработки и настройки программного обеспечения и т. д.

2 Сложность внедрения. Внедрение «Эко-диспетчера» может потребовать значительных усилий и времени для интеграции с существующими системами и процессами, что вызвано сложностью сбора и обработки данных, настройкой системы под конкретные требования.

3 Необходимость обучения персонала для эффективного использования системы с правильной интерпретацией полученных данных.

4 Технические проблемы, выражаемые в возникновении возможных сбоев в работе системы, неполадок оборудования или проблем со сбором и передачей данных.

Практическая адаптация новой технологии показала свои уверенные преимущества.

1 Улучшение экологической эффективности. «Эко-диспетчер» может помочь организациям контролировать и управлять различными экологическими показателями (энергопотребление, выбросы загрязняющих веществ и управление отходами), что приводит к снижению негативного воздействия на окружающую среду и улучшению экологической эффективности.

2 Автоматизация и оптимизация процессов. Система автоматизирует сбор и анализ данных, что позволяет быстро и точно определить проблемные области и принять соответствующие меры, а в результате оптимизирует все процессы и повышает эффективность использования ресурсов.

3 Соблюдение экологических норм и стандартов. Помогает организациям следить за соблюдением экологических норм и стандартов, установленных законодательством или внутренними политиками, предотвращая нарушения и связанные с ними штрафы и репутационные риски организации.

4 Улучшение прозрачности в отчетности в результате предоставления детальной информации об экологических показателях и выполнении экологических требований.

Таким образом, экологическая система «Эко-диспетчер» формирует новые отношения и подходы в области эксплуатации железнодорожного транспорта, морально и материально мотивируя причастных работников на качественное выполнение своих служебных обязанностей, направляя сознание людей на активное использование «зелёных» технологий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Грачев, О. А.* Специализации железнодорожных направлений преимущественно для грузового или пассажирского движения на сети дорог в адрес юга России / О. А. Грачев, В. Н., Зубков, Н. Н. Мусиенко // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 3. – 15 с.

2 *Хусаинов, Ф. И.* Инфраструктура железных дорог России и регулирование вагонных парков / Ф. И. Хусаинов, П. В. Куренков // Экономика железных дорог. – 2013. – № 9. – С. 35–48.

3 *Зубков, В. Н.* Коммерческая диспетчеризация – новый способ повышения уровня взаимодействия железной дороги и оператора подвижного состава / В. Н. Зубков, Н. Н. Мусиенко // Транспорт и логистика: пространственно-технологическая синергия развития ; сб. науч. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д, 2020. – С. 88–92.

4 *Батраев, В. В.* Развитие современных систем обеспечения безопасности движения / В. В. Батраев // Безопасность движения поездов; материалы XV науч.-практ. конф. – М. : МИИТ, 2014. – С. 1–4.

*N. A. REPESHKO, I. A. KOLOBOV, B. N. SUHORUCHKO, A. E. DIBROVA,  
A. A. KOLOMOJTSEVA*

#### **PERSPECTIVE DIRECTIONS OF OPTIMIZATION AND INCREASE OF QUALITY CONDUCTING TRAINS WITH USE OF THE AUTOMATED SYSTEMS**

The opportunities new development JSC «Russian railways» «eco-dispatcher» are considered which in the functioning uses the ecological information for management movement of trains, and basic on use of the data about a condition a railway infrastructure and weather forecasts, that allows to optimize speed movement of trains with the purpose of reduction of the charge fuel and reduction emissions of harmful substances in an atmosphere. The ecological system uses algorithms both technologies of automatic control and artificial intelligence.

Получено 10.11.2023

УДК 654.6.4

*С. Н. ТИМАШКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

## **ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ВОИНСКИХ ПЕРЕВОЗОК И ПОГРУЗКИ-ВЫГРУЗКИ ГРУЗОВ НА МЕСТАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ**

Рассматриваются различные варианты работы железнодорожных станций и пунктов погрузки-выгрузки воинских грузов, путевое развитие и техническое оснащение железнодорожных станций, обеспечивающие сокращение времени в движении и нахождения воинских эшелонов и транспортов на станции отправления и станции назначения.

В качестве станций погрузки-выгрузки войск и воинских грузов используются, как правило, промежуточные станции, расположенные вне крупных железнодорожных узлов и имеющие благоприятные естественные условия маскировки погрузочно-выгрузочных мест (далее – ПВМ). Станции погрузки-выгрузки войск и воинских грузов должны иметь необходимое путевое развитие для пропуска транзитных поездов, маневровой работы и резерва порожних вагонов, а также не менее одного ПВМ. Путевое развитие станции и ПВМ должно обеспечивать погрузку-выгрузку воинских эшелонов и транспортов в заданном темпе и включать в себя не менее чем два-три приемоотправочных пути, не считая главных, погрузочно-выгрузочный путь на полную длину воинского эшелона и вытяжной путь на половину длины воинского эшелона [1].

Для обеспечения погрузки и выгрузки войск и воинских грузов на железнодорожных станциях в местах общего пользования организации Белорусской железной дороги содержат платформы, площадки, а также необходимые запасы сборно-разборных металлических аппарелей и переходных мостков [2].

ПВМ включает в себя следующие основные элементы:

- железнодорожный путь (или несколько путей);
- погрузочно-выгрузочную постоянную (стационарную) платформу либо площадку с установленными на ней сборно-разборными платформами или аппаратами;
- подъезды к погрузочно-выгрузочной платформе или площадке;
- специальные устройства, погрузочно-выгрузочные приспособления, материалы и инструменты (рисунок 1).

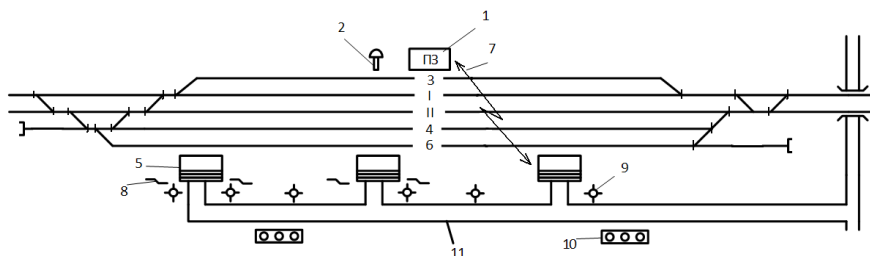


Рисунок 1 – Путье развитие и техническое оснащение железнодорожной станции с пунктом выгрузки воинских грузов:

I, II – главные пути; 1 – пассажирское здание; 2 – водозаборный кран (колонка); 3, 4 – приемо-отправочные пути; 5 – погрузочно-выгрузочная платформа; 6 – погрузочно-выгрузочный путь; 7 – станционная связь с дежурным по станции; 8 – открытые щели для укрытия личного состава; 9 – стационарное электрическое освещение; 10 – полевые туалеты; 11 – подъезды к погрузочно-выгрузочной платформе

К платформам относятся постоянные (стационарные) и сборно-разборные погрузочно-выгрузочные устройства, имеющие горизонтальные площадки на высоте 1100–1200 мм от уровня верха головки рельса и по одному или несколько съездов, а к аппаратам – сборно-разборные погрузочно-выгрузочные устройства без горизонтальных площадок.

Воинские площадки устраиваются, как правило, на всю полезную длину погрузочно-выгрузочного пути и должны иметь твердое покрытие на уровне подошвы рельса.

Подъезды к погрузочно-выгрузочной платформе или площадке связывают с проходящими автомобильными дорогами, по которым колонны войск будут подходить для погрузки или уходить после выгрузки. От автомобильной дороги по прилегающей местности пути подхода к погрузочно-выгрузочным местам прокладываются с учетом использования естественной маскировки.

К специальным устройствам ПВМ относятся:

- водозаборные краны, колонки;
- туалеты постоянные или полевые;
- стационарное электрическое освещение с приспособлениями для светомаскировки;
- телефоны для связи с дежурным по станции и военным комендантом.

К погрузочно-выгрузочным приспособлениям относятся:

- переходные мостки;
- мостки из опорных скоб и шпал;
- въездные трапы.

Воинские погрузочно-выгрузочные устройства предназначены для погрузки-выгрузки всех видов вооружения, военно-специальной техники и имущества войск, перевозимых по железной дороге. Постоянные и сборно-



разборные погрузочно-выгрузочные устройства сооружаются с учетом габарита приближения строений и должны обеспечивать свободное передвижение железнодорожного подвижного состава вдоль погрузочно-выгрузочного пути, а также многократную погрузку-выгрузку воинских эшелонов без разборки этих устройств.

Воинские погрузочно-выгрузочные устройства в зависимости от продолжительности их использования на одном месте, характера постройки и конструктивных особенностей подразделяются на постоянные (стационарные) и временные (сборно-разборные).

К постоянным (стационарным) погрузочно-выгрузочным устройствам относятся платформы капитального типа. В зависимости от расположения относительно железнодорожных путей они подразделяются:

- на боковые (сплошные и секционные), сооружаемые вдоль железнодорожных путей;
- островные, сооружаемые между железнодорожными путями;
- торцовые, сооружаемые в тупиках;
- комбинированные, представляющие собой сочетание боковой и торцовой платформ.

Боковая воинская платформа состоит из верхней площадки на высоте 1100–1200 см от головки рельса с подпорной стенкой со стороны пути и съездов на часть или на всю длину платформы (рисунок 2).

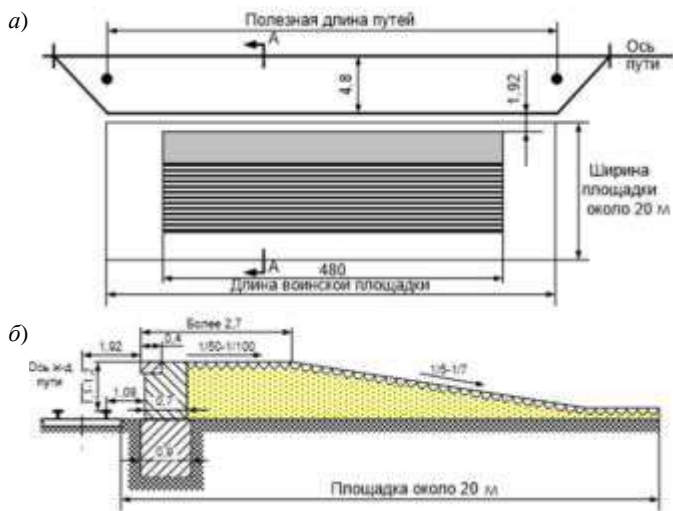


Рисунок 2 – Боковая воинская платформа:  
а – план; б – разрез А-А

Верхняя площадка на всём протяжении платформы должна иметь уклон в противоположную от пути сторону для стока воды. Поверхность плат-

формы должна иметь твердое покрытие в зависимости от расчетной нагрузки. Торцовые части платформы в зависимости от местных условий могут заканчиваться или подпорными стенками, или сплошными съездами. Подпорные стенки устраиваются из железобетонных блоков, бетона или камня. Боковая воинская платформа устраивается в виде отдельных секций, количество которых может быть различным. Конструкция отдельных секций аналогична конструкции боковой платформы, устраиваемой на полную длину воинского поезда.

Торцовая воинская платформа строится у специальных погрузочно-выгрузочных тупиков и служит для погрузки с торца на открытый железнодорожный подвижной состав и выгрузки с него вооружения, военно-специальной техники на гусеничном и колесном ходу, а также длинномерных и длиннобазных образцов вооружения (рисунок 3).

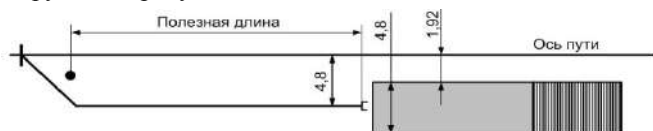


Рисунок 3 – Торцовая воинская платформа

Небольшая затрата средств на сооружение торцовой платформы в сравнении с боковыми является ее существенным преимуществом перед другими типами постоянных платформ. Затруднением при погрузке с торцовой платформы является необходимость производить дополнительную маневровую работу по подаче и уборке групп платформ, а также один маршрут заезда на всю длину воинского эшелона (воинского транспорта).

Комбинированная воинская платформа представляет собой совмещение боковой и торцовой платформ (рисунок 4).

Преимуществом такого совмещения является большая компактность погрузочно-выгрузочного устройства и удобство погрузки-выгрузки войск.

Постоянные воинские платформы удобны для погрузки и выгрузки вооружения различных родов войск. Они постоянно готовы для использования по прямому назначению, но на постройку таких платформ требуется относительно много времени, сил, значительных экономических средств. Кроме того, наличие постоянных воинских платформ демаскирует пункты погрузки и выгрузки войск.

Для погрузки (выгрузки) войск на железнодорожных станциях, где нет постоянных воинских платформ, применяются сборно-разборные погрузочно-выгрузочные устройства. К сборно-разборным погрузочно-выгрузочным устройствам относятся сборно-разборные металлические аппарели образца 1954 и 1975 годов, а также платформы и аппарели из рельсов и шпал. И те, и другие могут быть собраны для погрузки и выгрузки как с торца, так и сбоку железнодорожного подвижного состава.

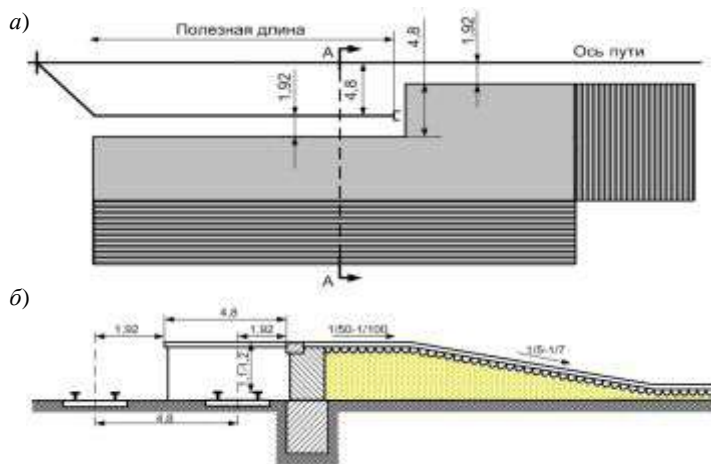


Рисунок 4 – Комбинированная воинская платформа:  
*а* – план; *б* – разрез А-А

Сборно-разборные металлические аппарели (далее – СРМА) предназначены для погрузки (выгрузки) вооружения, военной и специальной техники весом до 60 т или с нагрузкой на ось до 20 т (рисунок 5).

*а*)



*б*)



Рисунок 5 – Общий вид торцевой (*а*) и боковой (*б*) сборно-разборных металлических аппарелей

Единицей комплектования аппарели является секция. Торцовая аппарель состоит из одной секции, боковая – из четырех и более секций в зависимости от длины фронта погрузки (выгрузки). Каждая секция состоит из отдельных металлических элементов сварной конструкции – сборочных единиц и деталей. Сборно-разборные платформы и аппарели из рельсов и шпал в зависимости от фронта погрузки-выгрузки устанавливаются в разном сочетании количества шпал вдоль железнодорожного пути или под углом 30° (рисунок 6).

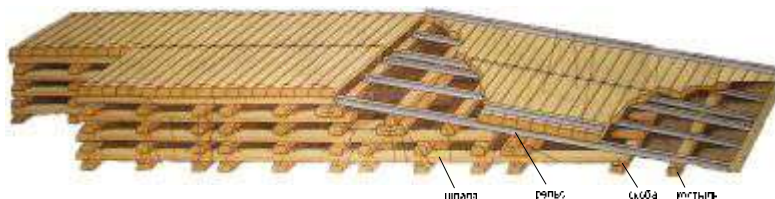


Рисунок 6 – Боковая платформа длиной в три шпалы с одним сплошным съездом вдоль железнодорожного пути

Для сборки платформ и аппарелей из рельсов и шпал командой в составе 25–30 человек необходимо от 2,5 до 5 часов в зависимости от типа устанавливаемой платформы или аппарели. Все материалы и инструменты для установки СРМА, платформ и аппарелей из рельсов и шпал предоставляются железной дорогой, сборка производится силами войск с участием специалистов железной дороги.

К основным требованиям, предъявляемым к воинским перевозкам, относятся выполнение перевозок в установленные сроки, скрытность и безопасность перевозок, постоянная готовность воинских частей к перевозкам.

Работы, связанные с подготовкой станций погрузки-выгрузки, выполняются воинскими частями и организациями железной дороги. Подготовка станций погрузки-выгрузки включает проведение рекогносцировки, подготовку ПВМ, районов ожидания (сбора), автомобильных дорог, укрытий для личного состава перевозимых войск; обеспечение погрузки-выгрузки погрузочно-выгрузочными приспособлениями, материалами.

Рекогносцировка станций погрузки-выгрузки, районов ожидания (сбора) производится командованием перевозимой воинской части. В ходе рекогносцировки уточняются вопросы организации противовоздушной обороны, радиационной, химической, биологической защиты, маскировки, определяется объем работ инженерного оборудования железнодорожных станций и районов ожидания (сбора), подготовки путей подхода к местам погрузки-выгрузки и сроки их выполнения, организация технического и тылового обеспечения, комендантской службы, решаются вопросы организации управления и поддержания связи при выдвижении на погрузку и в ходе ее выполнения [4].

При необходимости определяется тип сборно-разборных погрузочно-выгрузочных устройств, которые должны быть установлены на станции. Тип сборно-разборного погрузочно-выгрузочного устройства определяется в каждом конкретном случае в зависимости от вида военной техники, объема и условий предстоящей погрузки или выгрузки.

Порядок взаимодействия структурных подразделений Белорусской железной дороги и Министерства обороны при организации воинских железнодорожных перевозок, содержании и обслуживании железнодорожных подъездных путей объектов Министерства обороны как в мирное, так и в военное время регламентируется Уставом воинских железнодорожных перевозок. Размещение и крепление на открытом подвижном составе вооружения и военной техники, перевозимых в воинских эшелонах и воинском транспорте, производятся в соответствии с требованиями Приказа Министра обороны Республики Беларусь от 14.06.2004 г. № 20 «Об утверждении Инструкции о порядке размещения и закрепления вооружения и военной техники на железнодорожном подвижном составе для перевозки в составе воинских эшелонов и транспортов». Размещение и крепление грузов военного назначения в остальных случаях производится в соответствии с требованиями руководящих документов, действующих на Белорусской железной дороге.

Техника, способ размещения и закрепления которой не предусмотрен Инструкцией о порядке размещения и закрепления вооружения и военной техники на железнодорожном подвижном составе для перевозки в составе воинских эшелонов и транспортов и Техническими условиями погрузки и крепления грузов, перевозится по чертежам размещения и крепления груза, выполненным в соответствии с требованиями Технических условий погрузки и крепления грузов и Инструкции по перевозке негабаритных и тяжеловесных грузов на железных дорогах государств – участников СНГ, Латвийской Республики, Литовской Республики, Эстонской Республики.

Количество воинских эшелонов (воинских транспортов), которое может быть погружено или выгружено на железнодорожной станции в течение суток, называется погрузочно-выгрузочной способностью станции. Погрузочно-выгрузочная способность станции определяется как сумма погрузочно-выгрузочной способности грузовых мест на станции.

Расчет погрузочно-выгрузочной способности грузового места на железнодорожной станции для погрузки (выгрузки) воинских грузов определяется по формуле

$$E_M = \frac{T_n K}{a(t_1 + t_5) + t_2 + bt_3 + t_4},$$

где  $T_n$  – продолжительность времени погрузки-выгрузки;  $K$  – коэффициент неполного использования места из-за различия норм на погрузку-выгрузку и

неравномерность прибытия-отправления поездов (принимается 0,75–0,80);  $a$  – число подач в составе одного поезда;  $b$  – коэффициент, учитывающий увеличение времени на погрузку (выгрузку) из-за подачи по частям (при  $a = 1$   $b = 1$ , при  $a = 2$   $b = 1,2$ , при  $a = 3$   $b = 1,3$ );  $t_1$  – время на подачу состава на путь погрузки (выгрузки), мин;  $t_2$  – интервал между подачей подвижного состава и началом погрузки (выгрузки), мин;  $t_3$  – время на погрузку (выгрузку), мин;  $t_4$  – интервал между окончанием погрузки (выгрузки) и уборкой (отправлением) состава, мин;  $t_5$  – время на уборку (отправление) состава после погрузки (выгрузки), мин.

Основными элементами формулы расчета погрузочно-выгрузочной способности грузового места на железнодорожной станции являются временные показатели выполнения всего цикла погрузки воинского эшелона или транспорта. Значения этих параметров определяют погрузочно-выгрузочную способность грузового места на железнодорожной станции, а в целом и погрузочно-выгрузочную способность железнодорожной станции.

Исходными данными для расчета времени, необходимого на перевозку воинского эшелона, являются:

1) маршрут перевозки (станция погрузки, станция выгрузки, маршрут следования воинского поезда по участкам согласно плану формирования поездов);

2) количество и характеристики перевозимого ВВСТ (колесные или гусеничные машины, массы, размеры, наличие у ВВСТ поворотных частей, узлов и агрегатов, необходимость выполнения крановых работ);

3) способы крепления ВВСТ на железнодорожном подвижном составе;

4) наличие в составе эшелона взрывчатых материалов;

5) фактическое количество железнодорожного подвижного состава, необходимого для перевозки;

6) длина воинского поезда (в условных вагонах);

7) технические возможности станции погрузки (выгрузки) (тип погрузочно-выгрузочной платформы, вместимость погрузочного (выгрузочного) пути (в условных вагонах), расстояние подачи (уборки) вагонов, количество точек заезда (съезда) ВВСТ) [5].

Ограничивающим элементом в технологии перевозки вооружения, военной и специальной техники железнодорожным транспортом остается их погрузка (выгрузка) на (с) железнодорожного подвижного состава на железнодорожных путях общего и необщего пользования. Процесс погрузки, как правило, является максимально трудоемким и требует больших временных затрат.

Время, необходимое на погрузку воинского эшелона, является суммарной величиной времени, необходимого на проведение подготовительных мероприятий, непосредственное размещение и закрепление ВВСТ на железнодорожном подвижном составе, маневровую работу, заключительные мероприятия, и определяется по формуле

$$T_{\text{п}} = t_{\text{под}}bg + t_{\text{норм}} + a(2t_1 + t_2) + t_{\text{примем}}d + t_3 + t_{\text{форм}}kc + t_4,$$

где  $t_{\text{под}}$  – время, необходимое на выполнение подготовительных мероприятий (осмотр подвижного состава, открытие бортов, инструктаж личного состава, распределение крепежного материала и мостков, подготовка и расщепление ВВСТ), принимается равным 60 мин, но может уменьшаться при выполнении подготовительных мероприятий заблаговременно;  $b$  – коэффициент, учитывающий увеличение времени на выполнение подготовительных мероприятий в случае подачи воинского эшелона под погрузку по частям (если  $a = 1$ , то  $b = 1$ ; если  $a = 2$ , то  $b = 1,5$ ; если  $a = 3$ , то  $b = 2$ ,  $a = 4$ , то  $b = 2,5$  и т. д.,  $a$  – число подач);  $g$  – коэффициент, учитывающий увеличение времени на очистку железнодорожного подвижного состава от снега и посыпку его песком (принимается в зимних условиях в зависимости от обильности снегопада от 1,5 до 2,0);  $t_{\text{норм}}$  – норма времени на размещение и крепление ВВСТ воинского эшелона на железнодорожном подвижном составе;  $a$  – число подач при погрузке воинского эшелона, зависит от вместимости погрузочного пути и длины состава эшелона;  $t_1$  – время, необходимое на подачу (уборку) вагонов к месту (с места) погрузки (принимается в зависимости от расстояния подачи (уборки) вагонов. При расстоянии до 1 км – 30 мин, до 5 км – 45 мин, до 10 км – 60 мин, до 20 км – 75 мин);  $t_2$  – время, необходимое на закрепление вагонов и отцепку локомотива (принимается до 15 мин);  $t_{\text{примем}}$  – время, необходимое на проведение проверки правильности размещения и крепления ВВСТ специалистами железнодорожного транспорта (принимается из расчета 2 мин на 1 грузовой вагон);  $d$  – коэффициент, учитывающий увеличение времени на проведение проверки правильности размещения и крепления ВВСТ при наличии негабаритных и длинномерных единиц ВВСТ, а также наличие у них поворотных частей, узлов и агрегатов (принимается 1,2 при наличии указанных единиц ВВСТ);  $t_3$  – время, необходимое на проведение инструктажа личного состава подразделений и посадку его в вагоны (принимается 20 мин);  $t_{\text{форм}}$  – время, необходимое на формирование воинского поезда (закрепление и ограждение состава, зарядку тормозной магистрали состава воздухом, опробование тормозов, коммерческий осмотр железнодорожного подвижного состава, маневровые работы) (принимается 60 мин);  $k$  – коэффициент, учитывающий необходимость пропуска (обработки) пассажирских поездов на станции при формировании воинского поезда (принимается 1,2);  $c$  – коэффициент, учитывающий увеличение времени на проведение маневровой работы по обеспечению прикрытия вагонов с взрывчатыми материалами (при наличии взрывчатых материалов принимается 1,2);  $t_4$  – время, необходимое на пополнение воинского поезда вагонами попутного следования, подготовку маршрута и введение в график движения грузовых поездов (принимается при длине поезда до 10 условных вагонов  $t_4 = 360$  мин, от 11 до 20 вагонов  $t_4 = 240$  мин, от 21 до 30 вагонов  $t_4 = 180$  мин, свыше 30 вагонов  $t_4 = 120$  мин).

Перерабатывающая способность грузовых фронтов при осуществлении перевозки грузов гражданского назначения зависит от конструкции и вместимости складов, технического оснащения и надёжности работы средств механизации погрузочно-разгрузочных работ, а также технологии их обслуживания средствами маневровой работы. Перерабатывающая способность грузовых фронтов на станциях и подъездных путях рассчитывается по средствам механизации погрузочно-разгрузочных работ с учётом технологии подачи-уборки вагонов или по вместимости складов с учётом продолжительности хранения в них грузов [6].

Перерабатывающая способность грузового фронта по средствам механизации погрузочно-разгрузочных работ определяется по формуле

$$n_{\Gamma\Phi}^M = \frac{T_p^\Phi - \sum t_{\text{пост}}^\Phi}{T_{\Gamma\Phi}^M (1 + \rho_\Phi)} E_\Phi,$$

где  $T_p^\Phi$  – период работы грузового фронта (при круглосуточной работе  $T_p^\Phi = 1440$  мин);  $\sum t_{\text{пост}}^\Phi$  – время выполнения на грузовом фронте постоянных операций (текущий осмотр и ремонт погрузочно-разгрузочных механизмов и др.);  $E_\Phi$  – вместимость грузового фронта, определяемая как количество вагонов, с которыми грузовые операции можно выполнять одновременно;  $\rho_\Phi$  – коэффициент, учитывающий возникновение отказов технических устройств на грузовом фронте (неисправность средств механизации, отключение электроэнергии и др.).

Продолжительность цикла обработки одной подачи (от момента прибытия до момента прибытия следующей подачи) определяется по формуле

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{раст}} + t_{\text{гр}} E_\Phi + t_{\text{сб}},$$

где  $t_{\text{раст}}$  – время расстановки вагонов у грузового фронта;  $t_{\text{гр}}$  – средняя продолжительность грузовой операции с одним вагоном, с учётом числа работающих машин;  $t_{\text{сб}}$  – время сборки вагонов у грузового фронта.

Параметр  $\rho_\Phi$  для всех типов грузовых фронтов, обслуживаемых одной машиной, следует принимать равным 0,02; при двух и более машинах, работающих на обработке одной подачи, рассчитывается по формуле

$$\rho_\Phi = \frac{(1 - K_\Gamma^n) t_{\text{отк}}}{T_\Phi^{\text{ц}}},$$

где  $K_\Gamma^n$  – коэффициент готовности машин к работе, принимается равным 0,98;  $n$  – число машин, одновременно работающих на грузовом фронте;  $t_{\text{отк}}$  – продолжительность устранения одного отказа, в среднем составляет 2,4 часа.

В общем виде перерабатывающая способность грузового фронта станции рассчитывается по формуле



$$N_{\text{фр}} = \frac{(1440 - \sum T_{\text{пост}}) m_{\text{под}}}{t_{\text{зан. фр}}},$$

где  $\sum T_{\text{пост}}$  – технологические перерывы в работе грузового фронта, мин;  $m_{\text{под}}$  – число вагонов в подаче;  $t_{\text{зан. фр}}$  – время занятия фронта одной подачей, мин (определяется как сумма времени занятия фронта подачей и расстановкой вагонов, времени погрузочно-выгрузочных операций, времени уборки вагонов).

Таким образом, при расчетах пропускной и перерабатывающей способности грузовых фронтов, выполняющих грузовые операции с воинскими грузами, существует ряд особенностей, которые необходимо учитывать. Существующие методики содержат коэффициенты, значения которых варьируются в значительных диапазонах и не позволяют осуществлять выбор эффективной технологии работы железнодорожной станции в конкретных случаях.

Погрузка-выгрузка воинских эшелонов осуществляется, как правило, без применения средств механизации. В методике расчета погрузочно-выгрузочной способности грузовых мест на железнодорожных станциях основными элементами формул являются показатели, величины которых при расчетах применяют по средним значениям, установленным методом хронометражных наблюдений для универсальных характеристик погрузочно-выгрузочных мест (вместимости железнодорожного пути, длин рейсов при выполнении маневровой работы, вида погрузочно-выгрузочного устройства и др.). Применение коэффициентов при расчетах не регламентировано для конкретных условий расчетов погрузочно-выгрузочной способности пунктов погрузки-выгрузки воинских грузов на железнодорожных станциях. В связи с этим есть необходимость определения конкретных условий и значений расчетных параметров для их применения при определенных условиях.

Важным вопросом в обеспечении воинских перевозок является бесперебойная работа всех элементов железнодорожной станции в течение выполнения цикла грузовых операций с воинскими грузами. В связи с этим требуется изучить и разработать технические и технологические варианты восстановления работоспособности грузовых пунктов при выходе их из строя. Комплекс технических и технологических мер, обеспечивающих стабилизацию перерабатывающей способности устройств, позволит выработать единый подход к определению эффективных алгоритмов расчета погрузочно-выгрузочной способности грузовых мест и первоочередных мер на железнодорожных станциях с учетом путевого развития, расположения погрузочно-выгрузочных мест и наличия дополнительных материальных запасов в логистике воинских перевозок.

Проблематика эффективной оценки погрузочно-выгрузочной способности станций при перевозке воинских грузов в современной обстановке тре-

бует проведения всесторонних глубоких исследований для унификации методик расчета пропускной и перерабатывающей способности устройств железнодорожных станций. Это позволит проводить более точные расчеты погрузочно-выгрузочной способности железнодорожных станций и грузовых пунктов, а также использовать корректные расчетные методы этапного восстановления работоспособности погрузочно-выгрузочных мест (грузовых пунктов) железнодорожных станций при выходе из строя объектов путевого развития и технического оснащения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Об утверждении Инструкции о порядке организации воинских железнодорожных перевозок : приказ Министра обороны Респ. Беларусь от 25.09.2015 г. № 1224. – Минск, 2015. – 66 с.

2 Устав воинских железнодорожных перевозок (постановление Совета Министров Респ. Беларусь № 1200 от 03.08.2000 г. – Минск, 2000. – 15 с.

3 Об утверждении Инструкции о порядке размещения и закрепления вооружения и военной техники на железнодорожном подвижном составе для перевозки в составе воинских эшелонов и транспортов : приказ Министра обороны Респ. Беларусь от 14.06.2004 г. № 20. – Минск, 2004. – 80 с.

4 *Гордюк, А. Г.* Военные сообщения : учеб. пособие / А. Г. Гордюк, М. Г. Козлов. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 265 с.

5 Методическое пособие по расчету времени, необходимого на перевозку воинского эшелона. Приказ ЗМОТ – начальника тыла ВС №10/298 от 10.03.2016 г. – Минск, 2016. – 15 с.

6 Методические рекомендации по расчету пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных сооружений и устройств. Ч. 1 : утв. и введ. в действие приказом от 03.09.2009 г. № 1043 НЗ. – Минск. – 120 с.

7 Методические рекомендации по расчету пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных сооружений и устройств. Часть 2. Примеры расчета пропускной и перерабатывающей способности сооружений и устройств железнодорожного транспорта. – Минск. – 75 с.

8 Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты) : учеб. пособие / В. Я. Негрей [и др.] ; под общ. ред. В. Я. Негрея. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 625 с.

9 Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог : утв. ОАО «РЖД» 10.11.2010 г. – М. : Техинформ, 2011. – 289 с.

*S. N. TIMASHKOV*

#### **EXPERIENCE ORGANIZATION OF MILITARY TRANSPORTATIONS AND LOADING – UNLOADING CARGOES ON PLACES OF COMMON USAGE RAILWAY STATIONS**

The various variants work of railway stations and items of loading – unloading military cargoes, travelling development and hardware of railway stations ensuring reduction of time in movement both presence of military echelons and transports at station of departure and station of assignment are considered.

УДК 656.21.08

*Е. А. ФИЛАТОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
filatoff.ea@yandex.ru*

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРЕЛОЧНЫХ ГОРЛОВИН НЕФТЕНАЛИВНЫХ СТАНЦИЙ**

Результаты исследований в области обеспечения безопасной и эффективной маневровой работы с подвижным составом различных типов позволили уточнить влияние конструкции вагона на параметры стрелочных горловин крупных железнодорожных станций. Однако, часто железнодорожные станции и терминалы обеспечивают транспортное обслуживание предприятий с узкой номенклатурой грузов и подвижным составом одного типа. В представленной статье выполнен анализ влияния конструкций цистерн на параметры транспортной инфраструктуры нефтеналивных станций.

В Республике Беларусь в железнодорожных цистернах в основном перевозится продукция нефтехимической и химической отраслей, реже пищевой промышленности. Перевозка нефтепродуктов железнодорожным транспортом в Республике Беларусь, несмотря на изменение условий функционирования нефтяной отрасли в регионе и наличие развитого трубопроводного транспорта, занимает значимую долю в общем объеме перевозок Белорусской железной дороги. Цистерны являются второй по величине группой вагонов парка БЧ после полувагонов и составляют почти треть часть от общего количества. При этом доля вагонов цистерн увеличенных размеров составляет более 40 % от общего числа таких вагонов [1]. Наиболее развитыми устройствами для обработки грузов нефтехимического профиля обладают грузовые станции Барбаров и Новополоцк, обслуживающие Мозырский и Новополоцкий нефтеперерабатывающие заводы. Достаточно развито химическое производство в Республике Беларусь, что также требует соответствующего транспортного обеспечения. Поэтому на станциях Белорусской железной дороги, особенно расположенных вблизи крупных городов, имеются пути необщего пользования, оборудованные наливными (сливными) устройствами для грузов нефтехимической и химической отраслей.

Учитывая исключительно высокие требования к обеспечению безопасности перевозок химических и нефтяных грузов, вопросы проектирования транспортной инфраструктуры для таких станций имеют особое значение. Для перевозки таких грузов применяются железнодорожные цистерны и ва-

гоны бункерного типа (для перевозки высоковязких нефтепродуктов), конструкционные особенности которых определяют условия эксплуатации соответствующих специализированных станций и путей необщего пользования. Поэтому рекомендации [2] к параметрам конструкций горловин могут быть уточнены.

В таблице 1 представлены результаты моделирования условий маневровой работы с цистернами и вагонами бункерного типа различных моделей на расчетных элементах стрелочных горловин: одиночных стрелочных переводах марок 1/6 и 1/9; схемах попутного разностороннего размещения переводов марок 1/6 и 1/9 без вставки; круговых кривых радиуса 200 м ( $l_{кр} > 2l + n$ ) [3].

**Таблица 1 – Сравнение технической совместимости вагонов и расчетных элементов**

| Параметры цистерн, количество осей / модель<br>(длина по осям / база / консоль / внутренняя колесная база)  | Обеспечение технической совместимости ( $\Delta = B_3 - b_{сн}$ ), мм [3] |                                       |                          |
|---|---|---------------------------------------|--------------------------|
|   | Стрелочный перевод<br>1/6 / 1/9   | Схема № 3<br>1/6 – 1/6 /<br>1/9 – 1/9 | Кривая радиусом<br>200 м |
| 1   | 2   | 3                                     | 4                        |
| 4 / 15-011, 15-021, 15-031, 15-144, 15-150, 15-156, 15-157, 15-160, 15-289, 15-291, 15-565, 15-740, 15-776, 15-777, 15-854, 15-859, 15-886, 15-897, 15-898, 15-903R, 15-908R, 15-956, 15-957, 15-1001, 15-1002, 15-1010, 15-1012, 15-1014, 15-1018, 15-1020, 15-1022, 15-1024, 15-1215, 15-1030, 15-1200, 15-1201, 15-1204, 15-1301, 15-1100, 15-1209, 15-1210, 15-1213, 15-1219, 15-1220, 15-1224, 15-1225, 15-1226, 15-1230, 15-1232, 15-1240, 15-1250, 15-1280, 15-1300, 15-1401, 15-1402, 15-1403, 15-1404, 15-1405, 15-1406, 15-1407, 15-1408, 15-1409, 15-1412, 15-1413, 15-1414, 15-1417, 15-1421, 15-1424, 15-1428, 15-1432, 15-1440, 15-1443, 15-1454, 15-1480, 15-1482, 15-1487, 15-1514, 15-1519, 15-1520, 15-1522, 15-1525, 15-1527, 15-1532, 15-1534, 15-1535, 15-1542, 15-1547, 15-1548, 15-1552, 15-1554, 15-1556, 15-1565, 15-1566, 15-1568, 15-1569, 15-1570, 15-1572, 15-1573, 15-1576, 15-1593, 15-1597, 15-1601, 15-1602, 15-1603, 15-1608, 15-1610, 15-1613, 15-1614, 15-1621, 15-1636, 15-1638, 15-1639, 15-1659, 15-1672, 15-1754, 15-1755, 15-1780, 15-5103, 15-5104, 15-Ц852, 15-Ц853, 15-Ц854, 15-Ц859, 15-Ц863 и модиф. (12020 / 7800 / 2110 / 5950) | +95 / +95   | +25 / +97                             | +95                      |
| 4 / 15-Ц862, 15-Ц853, 15-Ц854, 15-Ц855, 15-Ц856 (12020 / 7120 / 2450 / 5270)  | +89 / +88   | +13 / +92                             | +88                      |
| 4 / 15-Ц861 (12020 / 7000 / 2510 / 5150)  | +87 / +87   | +11 / +92                             | +87                      |
| 4 / 15-9735 (12085 / 7800 / 2142,5 / 5950)  | +94 / +94   | +23 / +94                             | +94                      |
| 4 / 15-Ц851, 15-Ц858 (12220 / 7120 / 2550 / 5270)   | +85 / +85   | +7 / +89                              | +85                      |
| 4 / 15-Ц857 (12420 / 7120 / 2665 / 5270)  | +82 / +82   | +3 / +85                              | +82                      |
| 12-1427, 15-Ц864 и модиф. (12490 / 7800 / 2345 / 5950)  | +88 / +87   | +11 / +89                             | +87                      |

Окончание таблицы 1

| Параметры цистерн, количество осей / модель<br>(длина по осям / база / консоль / внутренняя колесная база) | Обеспечение технической совместимости ( $\Delta = B_2 - b_{см}$ ), мм [3] |                                       |                          |
|--|---|---------------------------------------|--------------------------|
|  | Стрелочный перевод<br>1/6 / 1/9   | Схема № 3<br>1/6 – 1/6 /<br>1/9 – 1/9 | Кривая радиусом<br>200 м |
| 1  | 2   | 3                                     | 4                        |
| 4 / <b>15-221</b> (12900 / 7800 / 2550 / 5950)   | +81 / +81   | -2 / +81                              | +81                      |
| 4 / 15-869 и модиф. (13570 / 9350 / 2110 / 7500)   | +86 / +86   | +9,5 / +82                            | +86                      |
| 4 / <b>15-Б862</b> (14060 / 9300 / 2380 / 7450)  | +77 / +77   | -9 / +71                              | +77                      |
| 4 / <b>15-145</b> (14200 / 9080 / 2560 / 7230)   | +72 / +72   | -19 / +65                             | +72                      |
| 4 / <b>15-1423</b> (14400 / 9360 / 2520 / 7510)  | +72 / +71   | -20 / +63                             | +71                      |
| 4 / <b>17-431, 17-494</b> и модиф. (14620 / 9720 / 2450 / 7870)  | +72 / +71   | -19 / +63                             | +71                      |
| 4 / <b>15-1727</b> (14720 / 10500 / 2610 / 8650)   | +67 / +67   | -28 / +57                             | +67                      |
| <b>15-9503, 15-1208, 15-1229</b> (15280 / 11060 / 2110 / 9210)   | +77 / +76   | -8,5 / +65                            | +76                      |
| 4 / <b>15-884, 15-1498</b> (15720 / 11500 / 2110 / 9650)   | +74 / +74   | -14 / +61                             | +74                      |
| 6 / <b>15-Ц865</b> (15980 / 10300 / 2840 / 6800)   | +53 / +52   | -56 / +34                             | +52                      |
| 4 / <b>15-Ц860</b> (16120 / 10300 / 2910 / 8450)   | +50 / +49   | -62 / +29                             | +49                      |
| 4 / <b>15-1449</b> (16540 / 12320 / 2110 / 10470)  | +66 / +69   | -22 / +52                             | +69                      |
| 4 / <b>17-917</b> (17480 / 13350 / 2065 / 11500)   | +62 / +66   | -32 / +45                             | +66                      |
| <b>8 / 15-880 (18690 / 10520 / 4085 / 5470)</b>  | <b>-13 / -4</b>   | <b>-168 / -97</b>                     | <b>-4</b>                |
| 8 / <b>15-1578, 15-889</b> (19510 / 12180 / 3665 / 7130)   | -7 / 0  | -167 / -59                            | -3                       |
| 8 / <b>15-871, 15-1500 и модиф.</b> (21120 / 13790 / 3665 / 8740)  | -19 / -14   | -200 / -90                            | -23                      |
| 8 / <b>15-1500</b> (21250 / 13920 / 3665 / 8870)   | -20 / -15   | -201 / -92                            | -24                      |
| 8 / <b>15-1581</b> (24000 / 16670 / 3665 / 11620)  | -36 / -37   | -232 / -141                           | -43                      |

Как видно из таблицы 1, размеры ряда моделей вагонов цистерн, эксплуатируемых на колее 1520 мм, относятся к группе вагонов увеличенных размеров [1]. Для цистерн длиной от 18,69 м до 24 м нарушения возникают при взаимодействии в зоне всех выбранных расчетных сочетаний (см. таблицу 1), поэтому модель 15-1581 принимается в качестве расчетного вагона цистерны увеличенных размеров. При этом несоответствия параметров взаимодействия имеются у цистерн длиной по осям автосцепки 12,9 м и более при взаимном размещении стрелочных переводов марки 1/6 без прямой вставки (15-221, 15-145, 15-1423, 15-727, 15-9503, 15-1208, 15-1229, 15-884, 15-1498, 15-Ц865, 15-Ц860, 15-1449 и модификации). Для указанных типов вагонов должны учитываться ограничения при маневрах на *s*-образных кривых без прямых вставок. В качестве расчетного массового вагона рассмотрен вагон-цистерна модели 15-449 полной длиной 16,54 м, так как вагоны бункерного типа применяются значительно реже и могут рассматриваться в группе вагонов увеличенных размеров.

Проверка действующих требований к проектированию по условию обеспечения безопасности маневровой работы с вагонами-цистернами приведена в таблице 2. Результаты моделирования показывают наличие ряда ограничений, которые отличаются от рекомендаций по обеспечению безопасности ма-

невровой работы с вагонами всех типов для железнодорожных станций [2]. Для вагонов массовых типов длиной менее 18,69 м (см. таблицу 1) неблагоприятные условия создаются при проектировании *s*-образных кривых со вставкой и без нее, встречном расположении стрелочных переводов с минимальной вставкой, рядом расположенных стрелочном переводе и закрестовинной кривой. Для цистерн увеличенных размеров складываются особые условия взаимодействия, т. к. длина расчетного вагона-цистерны 15-1581 достигает 24 м по осям автосцепки. Поэтому ограничения на параметры путевой инфраструктуры возникают на элементах всех типов, даже на круговых кривых, где радиус ограничен величиной 260 м (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Анализ обеспечения безопасности и эффективности маневров с вагонами цистернами в нормах проектирования

| Номер схемы  | Оценка требований для ВМТ/ВУР                                       |   |  |   |
|--|---|---|--|---|
|  | на станциях [3]   |   | на путях<br>необщего пользования [4]   |   |
|  | существующие<br>отклонения, мм                                      | ограничения, м  | существующие<br>отклонения, мм   | ограничения,<br>м   |
| <b>1 Криволинейные участки пути</b>  |   |   |  |   |
| 1.1 (круговые)   | $\frac{\Delta_{R200-180} = +61-70}{\Delta_{R200-180} = -43-54}$     | —<br>$R_{\min} = 260$   | $\frac{\Delta_{R140} = +36}{\Delta_{R140} = -86}$                              | —<br>$R_{\min} = 260$   |
| 1.2 ( <i>s</i> -образные без вставки)  | $\frac{\Delta_{SR200/250} = -25+4;}{\Delta_{SR200/250} = -172-247}$ | $R_{\min} = 250;$<br>$L_{\max R200} = 16$<br>$I_{\text{скр}R200}^{\max} = 10$ | $\frac{\Delta_{R160} = -70}{\Delta_{R160} = -292}$                             | $I_{\text{скр}R160}^{\max} = 12,5$<br>$I_{\text{скр}R160}^{\max} = 8,5$ |
| 1.3 ( <i>s</i> -образные с прямой вставкой)  | $\frac{\Delta_{SR200/15} = +69}{\Delta_{SR200/15} = -61}$           | $d_{SR200} = 4,5;$<br>не обеспеч.   | $\frac{\Delta_{R160/6,25} = +12;}{\Delta_{R140/6,25} = -9}{\Delta = -270-304}$ | $d_{\min} = 7,5;$<br>не обеспеч.  |
| <b>2 Расположение стрелочных переводов (<math>R_{\text{закр}} \geq R_{\text{пер}}</math>)</b>                  |   |   |  |   |
| 2.1–2.5 (одиночные, схемы № 1–3)   | $\frac{\Delta = +52-70}{\Delta = -37-141}$                          | —<br>не обеспеч.  | —<br>не обеспеч.   |   |
| <b>2.6 Встречное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6</b>                                  |   |   |  |   |
| 2.6.1 ( $d = 5,26$ )   | $\frac{\Delta_{d0} = -22}{\Delta_{d0} = -232}$                      | $d_{\min} = 2,5$<br>не обеспеч.   | —<br>не обеспеч.   |   |
| 2.6.2 (1/6 – 1/9)  | $\frac{\Delta_{d0} = +65}{\Delta_{d0} = -214}$                      | —<br>не обеспеч.  | —<br>не обеспеч.   |   |
| <b>2.7 Попутное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6</b>                                   |   |   |  |   |
| 2.7.1 1/6 <sub>поп</sub> ; 1/9–1/6   | $\frac{\Delta_{d0} = +40; +48}{\Delta_{d0} = -213; -232}$           | —<br>не обеспеч.  | —<br>не обеспеч.   |   |
| <b>2.8 Схема № 4 (навстречу торцами крестовин)</b>   |   |   |  |   |
| 2.8.1 (1/9; 11)  | $\frac{\Delta_{d0} = +52; +96}{\Delta_{d0} = -141; +20}$            | —<br>1/9 не обеспеч.  | —<br>1/9 не обеспеч.   |   |
| <b>3 S-образное расположение стрелочных переводов и кривых (<math>R_{\text{закр}} = R_{\text{пер}}</math>)</b> |   |   |  |   |
| 3.1 (1/6; 1/9 без вставки)   |   | не обеспеч.   | не обеспеч.  |   |
| 3.2 (1/6; 1/9 с прямой вставкой)   | $\frac{\Delta_{d0} = -18; -7}{\Delta_{d0} = -237; -225}$            | $d_{\min} = 1,6; 0,2$<br>не обеспеч.  | —<br>не обеспеч.   |   |

Наиболее заметные ограничения накладываются на маневры в пределах *s*-образных кривых без прямой вставки. Нормативный радиус в таких кривых не для ВУР может быть обеспечен только с существенным ограничением общей длины до 10 м (при радиусе 160 м – до 8,5 м), что на практике встречается крайне редко. Поэтому маневры со сцеплением в таких случаях выполняться не должны.

Выполнен анализ конструкции горочной горловины станций Барбаров и Новополоцк на соответствие предложенным рекомендациям. С учетом значительных размеров вагонов-цистерн увеличенных размеров ограничения присутствуют на всех круговых кривых, имеющих радиус менее 260 м, и *s*-образных кривых. Моделированием установлено, что такие участки имеются в начале всех сортировочных путей, что требует разработки дополнительных мероприятий по обеспечению безопасности маневровой работы в горочной горловине сортировочного парка.

В результате анализа также выявлены зоны с *s*-образными сочетаниями элементов пути, в которых создаются дополнительные ограничения при эксплуатации вагонов массовых типов. На станции Барбаров они расположены в горочной горловине на путях № 14 (обратные круговые кривые) и № 21 (стрелочный перевод – закрестовинная кривая). При этом в ряде случаев не соблюдается установленное нормами [4] требование о соответствии радиусов закрестовинной и переводной кривых (кривые имеют радиусы менее 200 м). На станции Новополоцк присутствуют аналогичные отклонения от норм.

Выявленные несоответствия параметров стрелочных горловин станций, специализированных на обслуживании вагонов-цистерн увеличенных размеров, могут быть устранены за счет введения технологических ограничений. Несоответствие параметров инфраструктуры условиям работы с вагонами массовых типов менее критичны и могут быть эффективно устранены путем модернизации конструкции горловин.

На примере горочной горловины станции Барбаров выполнена оценка риска возникновения нарушений безопасности при роспуске вагонов с горки. Выполненные в [5] исследования позволяют выделить следующие элементы риска при скатывании вагона с горки: большие размеры вагона (не соответствующие параметрам путевого развития по условию сцепления), использование в горловине *s*-образных кривых, наличие усугубляющих роспуск энергетических факторов, ошибки дежурного по горке и работников, выполняющих торможение вагонов. Статистически установлено, что вероятность появления вагонов увеличенных размеров (ВУР) может достигать 5 %, а доля *s*-образных кривых на участках сопряжения стрелочной зоны и сортировочных путей по маршрутам скатывания на исследуемой станции достигает 25 %. Среди неблагоприятных энергетических факторов выделяется влияние особых климатических условий (сильный встречный ветер, снегопад), износ в узлах трения, неисправность тормозного оборудования, степень загрузки вагона, наличие неблагоприятного профиля на спускной части и сортировочных

путях (оценивается на уровне 0,1 %). Кроме того, существует вероятность ошибок работников сортировочной горки, контролирующих режим скатывания отцепов с горки. В рассматриваемых условиях (с учетом уровня механизации) принята вероятность ошибки при регулировании режима роспуска и торможения отцепов на уровне 5 %.

В исследовании использован метод анализа дерева событий (ЕТА) (рисунок 1) [6, 7]. Рассмотрены два типа исхода при выполнении маневровой работы со сцеплением вагонов: ненормативное взаимодействие автосцепок нерабочими гранями хвостовиков или отсутствие происшествия.

| Вагон скатывается с горки  | Вагон оказывается массового типа | В горочной горлошине отсутствуют опасные кривые (s-образные, ненормативные) | Отсутствуют усугубляющие росту ск энергетические факторы | ДСП исключает взаимодействие вагонов | Ответственный работник безошибочно выполняет торможение | Ненормативное взаимодействие автосцепок | Вероятность исхода |
|--|----------------------------------|---|--|--------------------------------------|---|---|--------------------|
| Интенсивность опасности ненормативного взаимодействия автосцепок | нет 0,05 (ВУР)                   | нет 0,75  | нет 0,001  | нет 0,001                            | нет 0,95  | происходит                              | 0,000000036 2      |
|  |                                  |   |  | да 0,05                              | не происходит   | 0,000000002 2                           |                    |
|  |                                  |   | да 0,999   | нет 0,95                             | не происходит   | 0,000037463 2                           |                    |
|  |                                  |   | нет 0,001  | нет 0,95                             | происходит  | 0,000035589 2                           |                    |
|  |                                  |   | да 0,05  | да 0,05                              | не происходит   | 0,00001873 2                            |                    |
|  |                                  |   | да 0,999   | не происходит                        | 0,037425038 2   |   |                    |
|  |                                  | нет 0,001   | нет 0,95   | происходит                           | 0,000000001 2   |   |                    |
|  |                                  | да 0,05   | не происходит  | 0,000000001 2                        |   |   |                    |
|  |                                  | да 0,999  | не происходит  | 0,000012488 2                        |   |   |                    |
|  |                                  | нет 0,001   | нет 0,95   | происходит                           | 0,000011863 2   |   |                    |
|  |                                  | да 0,05   | да 0,05  | не происходит                        | 0,000000624 2   |   |                    |
|  |                                  | да 0,999  | не происходит  | 0,012475013 2                        |   |   |                    |
|  | нет 0,05                         | нет 0,95  | происходит   | 0,000005641 2                        |   |   |                    |
|  | да 0,95 (ВМТ)                    | нет 0,125   | нет 0,01   | нет 0,01                             | да 0,05   | не происходит                           | 0,000000297 2      |
|  |                                  |   |  | да 0,95                              | не происходит   | 0,000112813 2                           |                    |
|  |                                  |   | нет 0,01   | нет 0,95                             | происходит  | 0,001126997 2                           |                    |
|  |                                  |   | да 0,05  | да 0,05                              | не происходит   | 0,000059316 2                           |                    |
|  |                                  |   | да 0,99  | не происходит                        | 0,117444938 2   |   |                    |
|  |                                  |   | нет 0,05   | нет 0,95                             | происходит  | 0,000039484 2                           |                    |
|  |                                  | да 0,875  | нет 0,001  | да 0,05                              | да 0,05   | не происходит                           | 0,000002078 2      |
|  |                                  |   |  | да 0,95                              | не происходит   | 0,000789688 2                           |                    |
|  |                                  |   | нет 0,01   | нет 0,05                             | происходит  | 0,0000415209 2                          |                    |
|  |                                  |   | да 0,95  | да 0,95                              | не происходит   | 0,007888978 2                           |                    |
|  |                                  |   | да 0,999   | да 0,95                              | не происходит   | 0,8222114563 2                          |                    |
| да 0,99  |                                  |   | да 0,95  | не происходит                        | 0,8222114563 2  |   |                    |
| Результат  |                                  |   |  |                                      | Ненормативное взаимодействие                            | 0,001634831 2                           |                    |
|  |                                  |   |  |                                      | Отсутствие происшествий                                 | 0,998365169 2                           |                    |

Рисунок 1 – Дерево событий для оценки риска ненормативного взаимодействия автосцепок

Как видно из рисунка 1, общая вероятность нарушения условий взаимодействия имеет достаточно низкий уровень и при неблагоприятных условиях может достигать 0,16 %. Однако с учетом высокой степени интенсивности



работы сортировочных горок  $\lambda$  событие может относиться к частым [6, таблица 1]. При этом следует отметить, что при ненормативном взаимодействии можно выделить четыре уровня тяжести последствий [6, таблица 2].

1 *Незначительный*. Уровень риска допустимый (часто на практике не принимаемый в расчет). В процессе выполнения маневров после остановки вагона в кривой ситуация **правильно** интерпретируется причастными работниками. Предельных угол отклонения автосцепок позволяет выполнить осаживание и сведение хвостовиков вручную ответственным работником для сцепления вагонов в кривой. Последствия: задержка роспуска, дополнительные маневры, выполнение работ в опасной зоне.

2 *Несущественный*. Уровень риска нежелательный (на практике часто допустимый). В процессе выполнения маневров после остановки вагона в кривой ситуация **правильно** интерпретируется причастными работниками. Предельный угол отклонения автосцепок в кривой не позволяет выполнить сцепление вагонов вручную. Требуется заезд локомотива с противоположной стороны вагона. В случае невозможности сцепления замена локомотива, применение вагона с большими углами отклонения автосцепок, использование лебедки для перемещения вагона на прямой участок. Последствия: значительная задержка роспуска, дополнительные маневры для сцепления с противоположной стороны, возможно привлечение второго локомотива.

3 *Критический*. Уровень риска недопустимый. В процессе выполнения маневров после остановки вагона в кривой ситуация **неправильно** интерпретируется причастными работниками как допустимая. Происходит нарушение безопасности движения, автосцепки скатывающегося и остановившегося на кривой вагонов взаимодействуют нерабочими гранями хвостовиков. Происходит поломка элементов автосцепного механизма, возможен частичный сход вагона, без потери груза. Последствия: остановка работы сортировочной горки на продолжительный период, привлечение грузоподъемной техники, дополнительные расходы на восстановление пути и подвижного состава.

4 *Катастрофический*. Уровень риска недопустимый. В процессе выполнения маневров после остановки вагона в кривой ситуация **неправильно** интерпретируется причастными работниками как допустимая. Автосцепки скатывающегося вагона (группы вагонов) и остановившегося вагона на кривой (группы вагонов) взаимодействуют нерабочими гранями хвостовиков. Происходит поломка элементов автосцепного механизма. Вагон (группа вагонов) сходит с пути, происходит опрокидывание вагона (нескольких вагонов) с просыпанием (вытеканием) груза. Последствия: остановка работы сортировочной горки на продолжительный период, привлечение грузоподъемной техники, значительные расходы на восстановление пути и подвижного состава. Потеря груза, экологические последствия, возможны человеческие жертвы.

Экономическая оценка выполненного анализа технического оснащения станций на практике позволяет обеспечить поддержание допустимого уровня риска при эксплуатации объектов инфраструктуры и подвижного состава, а также оценить уровень тяжести последствий транспортных происшествий при маневровой работе. Это способствует принятию верных управленческих решений, учитывающих неопределенность условий работы железных дорог, возможность наступления определенных событий в будущем, а также их влияние на достижение функциональной безопасности объектов инфраструктуры и подвижного состава.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Филатов, Е. А.* Особенности эксплуатации подвижного состава увеличенных размеров / Е.А. Филатов // Тихомировские чтения: Наука и современная практика технологии перевозочного процесса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 287–291.

2 *Филатов, Е. А.* Требования к проектированию стрелочных горловин улучшенных эксплуатационных качеств / Е. А. Филатов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1 ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 69–71.

3 *Филатов, Е. А.* Безопасность взаимодействия путевой инфраструктуры железнодорожных станций и подвижного состава / Е. А. Филатов // Интеллектуальные транспортные системы : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – М. : Перо, 2023. – С. 644–654.

4 Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – М. : Техноинформ, 2001. – 255 с.

5 *Филатов, Е. А.* Риски возникновения нарушений безопасности в горочных горловинах станций / Е. А. Филатов // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелИИЖТа – БелГУТа : в 2 ч. Ч. 1 ; под общ. ред. Ю.И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 181–183.

6 ГОСТ Р 33433-2015. Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте. – М. : Стандартинформ, 2016. – 34 с.

7 ГОСТ Р МЭК 62502-2014. Менеджмент риска. Анализ дерева событий. – М. : Стандартинформ, 2015. – 30 с.

*E. A. FILATOV*

#### **JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF OIL LOADING STATIONS SWITCH NECKS**

The results of research in the field of ensuring safe and efficient shunting work with rolling stock of various types made it possible to clarify the influence of the car design on the parameters of the switch necks of large railway stations. However, often railway stations and terminals provide transport services to enterprises with a narrow range of goods and rolling stock of the same type. The presented article analyzes the influence of tank designs on the parameters of the transport infrastructure of oil loading stations.

Получено 21.10.2023

## 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

viasiuk.ta@gmail.com

ответственного секретаря редакции сборника трудов с указанием в поле «Тема» назначения высылаемого материала «В сборник Правдина».

Формат бумаги – А5, междустрочный интервал – одинарный. Страницы должны иметь поля: верхнее – 1,7 см, левое и правое – по 1,6 см, нижнее – 2,1 см. Текст статьи печатается шрифтом Times New Roman, размер – 10 пт (в таблицах – 9, в подстрочных сносках – 8), выравнивание – по ширине. Отступ начала каждого абзаца составляет 0,5 см.

Информация, 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 658.7 : 656 + 06

*О. Н. ЧИСЛОВ, Д. С. БЕЗУСОВ*

*Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону*  
o\_chislov@mail.ru, biren306@yandex.ru

## **НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИПОРТОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ НА ПРИНЦИПАХ АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Рассматривается аналитический подход к моделированию работы припортовых железнодорожных станций с целью выявления общесистемных закономерностей эксплуатации, аксиоматики транспортных процессов, выбору рациональных параметров системы «станция – порт» и сокращению простоя местных вагонов.

Рисунки в статье должны быть переданы по электронной почте отдельными файлами в формате *.jpg*. Допускается выполнять иллюстрации к статье в цветном виде, но без полутонов. Исключение составляют цветные фотографии хорошего качества, которые также могут использоваться для иллюстраций в статье. В черно-белом виде все рисунки должны быть строго контрастными без использования серого цвета. Данное требование относится также к текстовым блокам в рисунках, которые должны печататься шрифтом Times New Roman. Сложные рисунки с большим количеством текстовой информации (структурные и блок-схемы алгоритмов) необходимо высылать не только в растровом формате *.jpg*, но и в каком-либо векторном для возможной последующей редакции (*.crd*, *.ppt*, *.vsd*) без дополнительной переписки с автором.

Формулы должны набираться с использованием встроенного модуля Word Equation или с использованием других средств, обеспечивающих доступ к их редактированию в любых версиях текстового редактора. Особо следует обратить внимание на использование переменных с нижними или верхними индексами (в том числе и в текстовых блоках рисунков), которые должны быть начертаны в строгом соответствии с принятыми требованиями (правильные индексы с четким позиционированием относительно самой переменной, латиница – курсивом, русские и греческие символы – прямо, соразмерность текста и математических символов суммы, произведения, квадратного корня, обыкновенной дроби, интеграла и пр.).

Объем научной статьи должен быть не менее 0,35 а. л. (5–6 страниц текста по требованиям настоящего сборника).

Завершается научная статья списком использованной литературы (шрифт – Times New Roman, размер – 9 пт) в строгом соответствии с ГОСТ 7.01-2003, ГОСТ 7.82-2001. После библиографического списка и пропуска свободной строки следует информационный блок на англий-

ском 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.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1 *Таха, Х. А.* Введение в исследование операций : пер. с англ./ Х. А. Таха. – 7-е изд. – М. : Вильямс, 2005. – 912 с.

2 *Правдин, Н. В.* Основы взаимодействия видов транспорта (примеры и расчёты) / Н. В. Правдин, В. Я. Неррей, В. А. Подкопаев; под ред. Н. В. Правдина. – М. : Транспорт, 1989. – 208 с.

3 *Сидяков, В. А.* О задачах развития промышленного железнодорожного транспорта на период до 2030 года / В. А. Сидяков // Промышленный транспорт XXI век. – 2008. – № 2. – С. 3–6.

*I. V. RUCHKIN*

**OPTIONS JUSTIFICATION OF TRAIN PATHS  
OF TRANSFER TRAFFIC SCHEDULE AT THE STATIONS  
OF THE ENTERPRISES INDUSTRIAL RAILWAY TRANSPORT**

The dynamics of quantitative and qualitative indicators of enterprises of industrial railway transport (EIRT) in the area of the North Caucasus Railway is studied. A statistical analysis of railcar flows is presented, and histograms of arrivals and departures are plotted using the calculated frequencies of cars arrival and train paths of the transfer schedule. The values of the integral function of the EIRT transport operation assessment are determined.

Получено 06.11.2018

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 скан отчета результатов работы программы антиплагиат.

Научное издание

**ПРОБЛЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ И УЗЛОВ**

Международный сборник научных трудов

Выпуск 5

Редактор А. А. П а в л ю ч е н к о в а

Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а

Подписано в печать 30.12.2023 г. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс New Roman. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 11,86. Уч.-изд. л. 12,17. Тираж 100 экз.

Зак. 3612. 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