



АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Научная статья

УДК 656.212:004.94

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-3-258-266

EDN: <https://elibrary.ru/cgqhjd>



**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМИНАЛЬНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ
ВНЕШНЕТОРГОВЫХ ГРУЗОВ НА ПОГРАНИЧНОЙ СТАНЦИИ ГРОДЕКОВО**

Р. Г. Король¹✉, О. Н. Числов²

¹Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС),
Хабаровск, Российская Федерация

²Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
Ростов-на-Дону, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Транспортно-логистический бизнес претерпел значительные изменения в процессе преодоления вызовов, стоящих перед транспортной отраслью, требует новых подходов к рациональному использованию, а также внедрению инновационных технологических разработок при организации внешнеторговых перевозок. Особенно данный вопрос актуален в Дальневосточном регионе, где наблюдается дисбаланс поступающих грузопотоков и пропускной способности транспортной сети, что приводит к снижению качества транспортного обслуживания и конкурентоспособности транспортных коридоров, пролегающих по территории России. Ключевые элементы международных транспортных коридоров — транспортные узлы и пограничные пункты пропуска, поэтому целью исследования является оценка загруженности железнодорожного грузового терминала пункта пропуска Пограничный в рамках транспортного коридора «Приморье-1». Объект исследования — терминально-логистический комплекс пограничной станции Гродеково.

Материалы и методы. В данном исследовании использованы методы системного анализа и синтеза информации, а также программа имитационного моделирования работы технологических зон приграничного терминально-логистического центра.

Результаты. Разработанная программа имитационного моделирования позволила оценить загруженность участков складского терминала пограничной станции Гродеково по переработке внешнеторгового грузопотока, поступающего железнодорожным и автомобильным транспортом из провинции Хэйлунцзян (КНР). В статье представлены результаты имитационного моделирования.

Обсуждение и заключение. Анализ результатов имитационного моделирования показал функционирование грузового терминала пограничной станции Гродеково при увеличении грузопотока, поступающего автомобильным транспортом для перегрузки на железнодорожный подвижной состав с учетом длительности таможенного оформления, ограниченности вместимости зоны хранения и грузового фронта, количества подъемно-транспортной техники. Дальнейшие исследования направлены на создание комплексной программы, учитывающей пропускную способность всей системы наземных пунктов пропуска Дальневосточного региона и объемы прогнозируемого грузопотока.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: терминально-логистическая инфраструктура, имитационное моделирование, пограничные пункты пропуска

Благодарности: авторы выражают благодарность рецензентам за полезные замечания и советы, способствовавшие улучшению статьи.

Для цитирования: Король Р. Г., Числов О. Н. Моделирование терминально-логистических процессов переработки внешнеторговых грузов на пограничной станции Гродеково // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2022. Т. 81, № 3. С. 258–266. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-3-258-266>.

✉ kingkhv27@mail.ru (Р. Г. Король)

© Король Р. Г., Числов О. Н., 2022

Original article

UDK 656.212:004.94

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-3-258-266

EDN: <https://elibrary.ru/cgqhjd>



SIMULATION OF TERMINAL AND LOGISTICS PROCESSES OF FOREIGN TRADE CARGO PROCESSING AT THE GRODEKOVO BORDER STATION

Roman G. Korol'¹✉, Oleg N. Chislov²

¹Far Eastern State Transport University,
Khabarovsk, Russian Federation

²Rostov State Transport University,
Rostov-on-Don, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The transport and logistics business has undergone significant changes while overcoming the challenges facing the transport industry. It requires new approaches to rational use, as well as the introduction of innovative technologies in the organisation of foreign trade transportation. This issue is especially relevant in the Far East region, where there is an imbalance of incoming freight flows and traffic capacity of the transport network, which leads to a decrease in the quality of transport services and the competitiveness of transport corridors running through Russia. The key elements of international transport corridors are transport hubs and border checkpoints; therefore, the purpose of the study is to assess the workload of a railway cargo terminal of the Pogranichny checkpoint within the Primorye-1 transport corridor. The object of study is the terminal and logistics complex of the Grodekovo border station.

Materials and methods. In this study, methods of system analysis and information synthesis were used, as well as a programme for simulating the operation of technological zones of a border terminal and logistics centre.

Results. The developed simulation programme made it possible to assess the workload of the warehouse terminal of the Grodekovo border station for processing foreign trade freight flow arriving by rail and road from Heilongjiang Province (PRC). The article presents the results of simulation modelling.

Discussion and conclusion. Analysis of the results of simulation modelling showed the functioning of the cargo terminal of the Grodekovo border station with an increase in freight flow coming by road for reloading onto railway rolling stock, taking into account the duration of customs clearance, the limited capacity of the storage area and the cargo front, the number of handling equipment. Further research is aimed at creating a comprehensive programme that takes into account the traffic capacity of the entire system of ground checkpoints in the Far East region and the volume of the predicted freight flow.

KEYWORDS: terminal and logistics infrastructure, simulation modelling, border checkpoints

Acknowledgments: The authors express their gratitude to the reviewers for their constructive comments, improving the quality of the article.

For citation: Korol' R. G., Chislov O. N. Simulation of terminal and logistics processes of foreign trade cargo processing at the Grodekovo border station. *Russian Railway Science Journal*. 2022;81(3):258-266. (In Russ.). <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-3-258-266>.

Введение. С февраля 2022 г. мировой логистический рынок и транспортно-логистическая отрасль России претерпели значительные изменения, которые коснулись устойчивости логистических цепей поставок, загрузки транспортной и терминально-логистической инфраструктуры, а также оперирования подвижным составом, транспортными средствами и транспортным оборудованием [1, 2]. Происходит перестройка транспортных маршрутов, появляются новые участники транспортного рынка и новые логистические схемы доставки грузов. Европейские транспортные компании, которые приостановили сотрудничество с Россией, предоставили возможность азиатским транспортным компаниям активизировать свою деятельность по организации перевозки грузов и контейнеров на восточном направлении. Внешнеторговый грузопоток перенаправляется в адрес дальневосточных морских портов и пограничных пунктов пропуска, что предъявляет дополнительные требования к уровню развития железнодорожной и портовой инфраструктуры.

Правительство Российской Федерации приостановило действие постановления от 25 ноября 2003 г. № 710 «Об утверждении Правил недискриминационного доступа перевозчиков к инфраструктуре железнодорожного транспорта общего пользования» сроком до 1 июля 2022 г., что позволило перепрофилировать терминальные объекты морских портов, расположенных в Хабаровском крае и на юге Приморского края, путем передачи части портовых производственных мощностей, предназначенных для перевалки угольной продукции, под обработку различной номенклатуры грузов, включая зерновые грузы, удобрения, металл и контейнеры [3]. Геополитическая ситуация и нарушение логистического взаимодействия между странами повлияли на сокращение числа судовых морских линий и, соответственно, снижение объемов поставки импортных товаров в Россию, поэтому ощущается нехватка контейнерного парка для отправки экспортных товаров. Несмотря на снижение грузооборота в транспортной отрасли, контейнерные перевозки железнодорожным транспортом за первый квартал 2022 г. показали рост на 10 % по сравнению с аналогичным периодом 2021 г. и составили 1,652 млн ДФЭ [4]. На Дальневосточной железной дороге за первый квартал 2022 г. выросли объемы погрузки вагонов с контейнерами: показатель составил порядка 70 тыс. вагонов, что на 33 % выше значений 2021 г. (погружено 45,77 тыс. вагонов). Сдерживающими факторами при организации транзита контейнеров на направлении Азия — Европа являются ограничение в пропуске транспортных средств на дальневосточных пограничных переходах, длительная обработка информации таможенными сервисами и недостаточная перерабатывающая спо-

собность терминально-логистической инфраструктуры морских портов [5].

Анализ текущего положения по организации транзитных перевозок грузов на Дальнем Востоке. Экономическая обстановка постоянно меняется, периодически появляется информация о приостановке деятельности промышленных и транспортных компаний или различных ограничениях в их деятельности, что негативно сказывается на долгосрочных контрактах и эффективности взаимодействия при осуществлении внешнеторговых перевозок грузов. Развитие приграничных дальневосточных регионов России направлено на расширение международного сотрудничества и организацию промышленного производства, ориентированного на экспорт готовой продукции в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Основными странами-контрагентами, с которыми бизнес-организации Дальнего Востока осуществляют внешнеэкономическую деятельность, являются Китайская Народная Республика (33,8 %), Республика Корея (24,3 %) и Япония (17,4 %), суммарный товарооборот трех стран составляет 75,5 % от общего объема товарооборота Дальнего Востока. По данным Дальневосточного таможенного управления, в 2020 г. объем внешней торговли субъектов Дальневосточного федерального округа достиг более 87,2 млн т (рис. 1), на сумму 32,12 млрд долларов, что составляет 5,62 % от общего объема внешней торговли Российской Федерации [6]. В январе — апреле 2022 г. внешнеторговый оборот между Россией и Китаем вырос на 25,9 % — до 51 млрд долларов, экспорт российских товаров вырос на 38 %, ввоз импортных товаров — на 11 % [7]. Такая динамика позволит достичь прогнозных значений годового товарооборота в 200 млрд долларов с опережением. Увеличение объемов внешней торговли произошло за счет внедрения системы диспетчеризации деклараций, что позволило распределить декларации по фактическим местам ввоза-вывоза товаров.

На российско-китайском участке государственной границы установлено 29 пунктов пропуска, которые осуществляют таможенные процедуры с транспортом и грузами, поступающими из провинции Хэйлунцзян Китайской Народной Республики (КНР) в приграничные регионы Дальнего Востока России. По территории Дальнего Востока проходят два основных международных транспортных коридора (МТК) «Приморье-1» и «Приморье-2», в рамках которых осуществляется транспортировка транзитного контейнеро- и грузопотока через пограничные переходы Гродеково — Суйфэнхэ (провинция Хэйлунцзян, КНР) и Махалино — Хунчунь (провинция Цзилинь, КНР) [8].

Компания «Российские железные дороги» производит реконструкцию пограничной станции Гродеково Дальневосточной железной дороги и развивает железнодорожную инфраструктуру на подходах к ней,

что позволит в 2024 г. обеспечить объем перевозок до 11,9 млн т в год. В соответствии с письмом Института экономики и развития транспорта (ИЭРТ) от 02.08.2021 № 12-02/202 перспективные объемы перевозок на 2024 г. через железнодорожный пункт пропуска (ЖДПП) Махалино—Хуньчунь может составить 4,2 млн т в год. Потенциальный объем перевозок по мостовому переходу Нижнеленинское (РФ)—Тунзян (КНР) при запуске ЖДПП Нижнеленинское в эксплуатацию в июле-августе 2022 г. может достигнуть к 2024 г. 6,4 млн т в год (таблица).

МТК «Приморье-1» включает ЖДПП и многосторонний автомобильный пункт пропуска (МАПП) Пограничный. На протяжении 2020–2022 гг. регулярно возникают очереди из грузовых автомобилей в ожидании пропуска через государственную границу в Китай [4]: причиной является введение китайской стороной ограничений в связи с ухудшением эпидемиологической ситуации в приграничных городах КНР. Транспортные компании вынуждены перенаправлять автотранспортные средства с приостановивших работу пунктов пропуска на функционирующие пункты пропуска, которые имеют ограниченную пропускную способность инфраструктуры, а также ограничения по перемещению транспортных средств со стороны таможенных структур Китая. Наиболее негативная ситуация с простоем груженого автотранспорта перед пунктом пропуска сложилась на погранпереходе Пограничный—Суйфэнхэ (рис. 2): ежедневно в ожидании таможенного оформления находится несколько десятков автомобилей, произошло увеличение сроков транспортировки грузов на 30–40 дней.

Ограничение пропускной способности автомобильных пунктов пропуска (АПП) Дальнего Востока привело к переориентации грузоотправителей на отправку грузов железнодорожным транспортом.

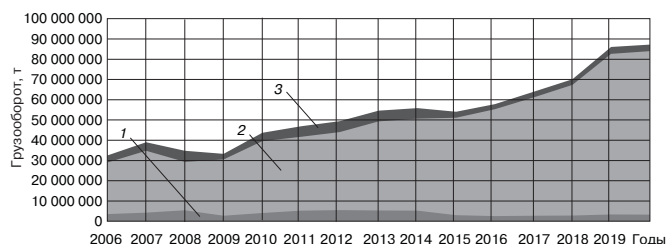


Рис. 1. Внешнеторговый грузооборот Дальневосточного федерального округа за 2006–2020 гг.: 1 — экспорт; 2 — импорт; 3 — грузооборот

Fig. 1. Foreign trade turnover of goods of the Far Eastern Federal District for 2006–2020: 1 — export; 2 — import; 3 — turnover of goods

Автомобильные грузопотоки направляются на терминально-логистические объекты пограничных железнодорожных станций для дальнейшей перегрузки на железнодорожный подвижной состав и перемещения через государственную границу. Ключевым элементом МТК «Приморье-1» является терминально-складская инфраструктура, состоящая из железнодорожных подходов, участков, ЖДПП и пограничной станции Гродеково. Терминально-складское хозяйство станции Гродеково включает открытые площадки для навалочных и тяжеловесных грузов, контейнерные площадки, эстакаду, современные крытый склад и зоны таможенных операций. Текущая неблагоприятная технологическая ситуация на автомобильных пограничных переходах может повлиять на загрузку технических средств и перерабатывающую способность складского терминала грузового двора станции Гродеково в связи с увеличением объемов переработки тарно-штучных грузов. С целью проведения исследований по техническим

Таблица

Перспективные объемы перевозок грузов железнодорожным транспортом до 2024 г., млн т

Table

Prospective volumes of hauling of goods by rail until 2024, in millions of tonnes

Наименование ЖДПП	2022	2023	2024	Примечание
ЖДПП Гродеково—Суйфэнхэ	9,5	10,9	11,9	Перспективные объемы на 2024 г. в соответствии с письмом ИЭРТ от 02.08.2021 № 12-02/202
ЖДПП Махалино—Хуньчунь	2,9	3,8	4,2	
ЖДПП Хасан—Туманган	0,0	0,0	0,0	Перевозки на данном направлении были прекращены в связи с политической обстановкой, планируется возобновление перевозок после стабилизации ситуации
Мостовой переход Нижнеленинское—Тунзян	2,5	3,8	6,4	Перспективные объемы на 2024 г. в соответствии с письмом ИЭРТ от 02.08.2021 № 12-02/202 (прогноз перевозок на 2022 г. запланирован исходя из запуска ЖДПП в эксплуатацию в июле-августе 2022 г.)
Итого	14,9	18,5	22,5	

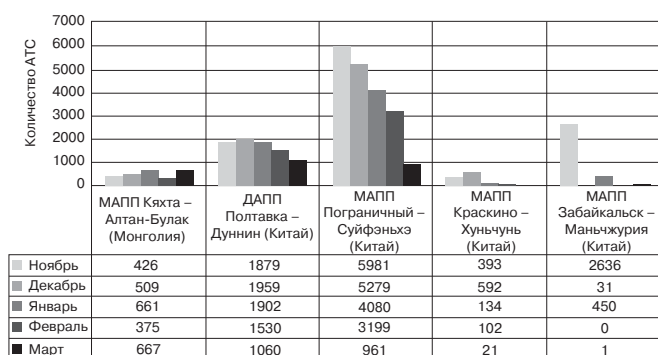


Рис. 2. Динамика формирования очереди автомобильных транспортных средств перед пунктами пропуска в ноябре 2021 г. — марте 2022 г.

Fig. 2. Dynamics of the formation of a queue of motor vehicles in front of checkpoints in November 2021 — March 2022

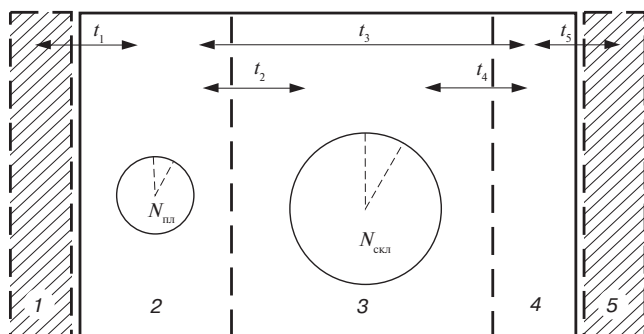


Рис. 3. Визуализация процесса перемещения грузовых единиц через технологические зоны приграничного терминала:
1 — железнодорожный подвижной состав; 2 — погрузочно-разгрузочная площадка с таможенной зоной; 3 — зона хранения; 4 — погрузочно-разгрузочная площадка автомобильного транспорта; 5 — автомобильные транспортные средства; $N_{пл}$, $N_{скл}$ — проектная вместимость погрузочно-разгрузочной площадки с участком таможенного осмотра и зоны хранения терминала соответственно

Fig. 3. Visualisation of the process of moving cargo units through the technological zones of the border terminal:
1 — railway rolling stock; 2 — loading and unloading area with a customs zone; 3 — storage area; 4 — loading and unloading area for road transport; 5 — motor vehicles; $N_{пл}$, $N_{скл}$ — design capacity of the loading and unloading area with the customs inspection area and the storage area of the terminal, respectively

возможностям, выявлению резервов и пределов пропускной способности складского терминала пограничной железнодорожной станции была разработана программа имитационного моделирования работы технологических зон приграничного терминально-логистического центра [9].

Описание программы имитационного моделирования. Логика разработанной программы построена на последовательном перемещении транзакта — транспортно-складских пакетов через основные этапы складской

обработки приграничного терминала, включая таможенные операции (рис. 3) [10]. Программа имитационного моделирования учитывает совокупные временные затраты на осуществление складских операций с внешнеторговым грузопотоком. Пропускная способность рассматриваемого объекта будет зависеть от проектной вместимости погрузочно-разгрузочной площадки с участком таможенного осмотра $N_{пл}$ и зоны хранения терминала $N_{скл}$ и продолжительности выполнения технологических операций по перемещению внешнеторгового груза с железнодорожного на автомобильный транспорт и в обратном направлении, включая следующие этапы складской обработки: t_1 — выгрузка (погрузка) транспортно-складских пакетов из железнодорожного подвижного состава 1 на площадку для таможенного осмотра 2, t_2 — перемещение транспортно-складских пакетов из зоны грузовых операций и таможенного оформления в зону хранения склада 3, t_3 — трансфер транспортно-складских пакетов из приемоотправочной зоны железнодорожного транспорта на погрузочно-разгрузочную площадку автомобильного транспорта 4, t_4 — отборка и передача транспортно-складских пакетов из зоны хранения на временное размещение в зоне работы с автомобильным транспортом, t_5 — погрузочно-разгрузочные операции с автотранспортными средствами 5.

Разработанная программа имитационного моделирования является универсальной и позволяет установить имеющиеся узкие места в деятельности приграничного терминала с учетом: количества имеющейся подъемно-транспортной техники и при дополнительном привлечении машин, функционала и скорости работы подъемно-транспортного оборудования, емкости технологических зон склада, технических параметров и интервалов прибытия транспортных средств, а также затрат времени на проведение таможенных операций. Программа позволяет выявить и активировать резервы логистического терминала пограничной станции Гродеково, в том числе задавать различные сценарии работы терминала и в процессе моделирования вносить корректировки в работу подъемно-транспортной техники [11].

Результаты моделирования терминально-логистических процессов. В данном исследовании было произведено моделирование терминальных операций по обработке экспортно-импортных грузов на складском комплексе пограничной станции Гродеково по двум сценариям. Первый сценарий моделирования основан на текущих параметрах функционирования терминала: еженедельно прибытие четырех вагонов с общим количеством груза в 166 транспортно-складских пакетов, ежесуточно поступление пяти порожних автотранспортных средств под погрузку 40 транспортно-складских пакетов, состав механизированной бригады — четыре

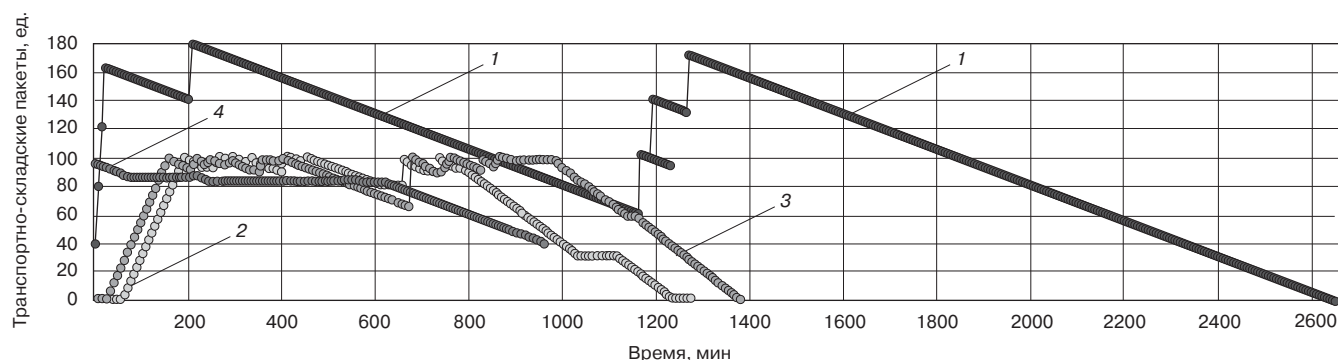


Рис. 4. Графическое представление загрузки подъемно-транспортного оборудования терминала пограничной станции Гродеково: 1 — операции по выгрузке транспортно-складских пакетов из вагонов на площадку с таможенной зоной; 2 — перемещение транспортно-складских пакетов с погрузочно-разгрузочной площадки в зону хранения; 3 — перемещение транспортно-складских пакетов с разгрузочной площадки железнодорожного транспорта на погрузочную площадку автомобильного транспорта; 4 — перемещение транспортно-складских пакетов из зоны хранения на погрузочную площадку автомобильного транспорта

Fig. 4. Graphical representation of the workload of the handling equipment of the Grodekovo border station terminal: 1 — operations for unloading transport and storage packages from cars to the site with the customs zone; 2 — movement of packages from the loading and unloading area to the storage area; 3 — movement of the packages from the railway unloading area to the road loading area; 4 — movement of the packages from the storage area to the loading area of road transport

автопогрузчика (рис. 4). Для получения результатов, приближенных к реальным условиям работы склада, имитация технологических процессов осуществлялась в течение семи суток.

Крытый терминал пограничной станции Гродеково, предназначенный для размещения тарно-штучных грузов с повышенным уровнем ионизирующего излучения, имеет вместимость 96 транспортно-складских пакетов. При текущей интенсивности поступления транспортных средств с грузом под обработку на терминале заполняемость складской зоны хранения составила 41 % (рис. 5, а).

Второй сценарий моделирования направлен на анализ складских процессов и загрузки терминала пограничной станции Гродеково при увеличении объемов работы: еженедельно прибывает четыре вагона с общим количеством груза в 166 транспортно-складских пакетов, ежедневно четыре порожних вагона, три порожних автомобиля под общую погрузку 24 транспортно-складских пакетов, 11 грузовых автомобилей под перегрузку груза на железнодорожный транспорт. В рамках исследования была увеличена емкость зоны хранения терминала до 600 транспортно-складских пакетов за счет более эффективного использования объемного пространства склада путем установки стеллажных конструкций. Одна единица подъемно-транспортного оборудования была дополнительно направлена на обслуживание автомобильных транспортных средств. Результаты моделирования показали, что на четвертые сутки работы терминала вместимость зоны хранения достигла пороговых значений, и резервы пропускной способности отсутствуют (рис. 5, б), а также макси-

мально загружены основные зоны складской системы станции Гродеково (рис. 6).

Сложившаяся экономико-политическая обстановка серьезно влияет на российский и мировой транспортно-логистический рынок, объемы перевозок, маршруты движения транспорта и грузов. Два ключевых тренда в логистическом бизнесе это переориентация внешнеторгового контейнеропотока с европейского на азиатско-тихоокеанское направление и увеличение объемов перевозок на альтернативных логистических маршрутах, проходящих в обход транспортной сети России.

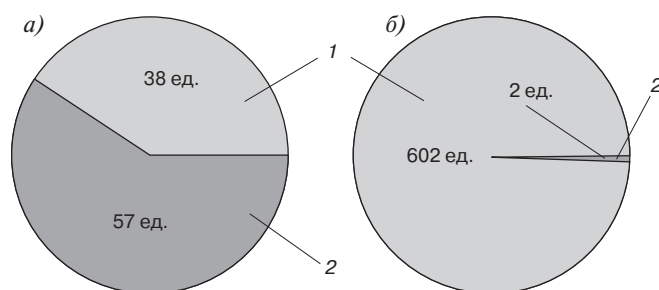


Рис. 5. Загруженность зоны хранения терминала пограничной станции Гродеково: а — в текущих условиях работы; б — при увеличении объемов переработки внешнеторговых грузов: 1 — количество транспортно-складских пакетов в зоне хранения; 2 — количество свободных ячеек стеллажей в зоне хранения склада

Fig. 5. The workload of the storage area of the border station Grodekovo terminal: а — in the current working conditions; б — with an increase in the volume of processing of foreign trade goods: 1 — the number of transport and storage packages in the storage area; 2 — the number of free rack cells in the warehouse storage area

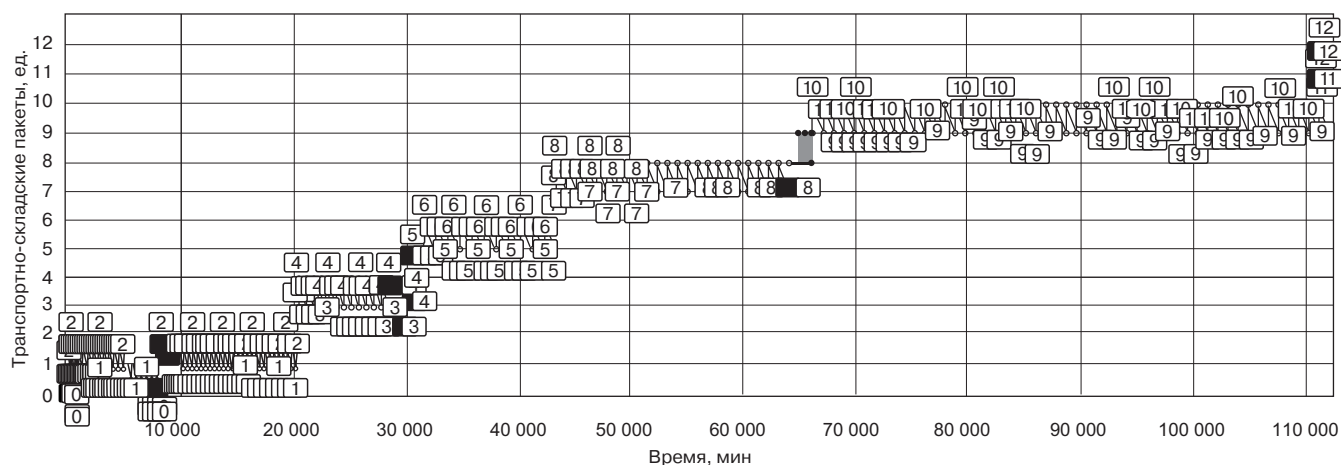


Рис. 6. Загруженность погрузочно-разгрузочной площадки железнодорожного транспорта с таможенной зоной

Fig. 6. Workload of the railway loading and unloading area with a customs zone

Поэтому необходимо обеспечить дополнительные терминально-складские мощности и бесперебойное функционирование дальневосточной транспортно-логистической инфраструктуры и наземных пограничных пунктов пропуска, а также рассмотреть вопросы организации приграничных транспортно-логистических центров [12] с цифровыми платформами взаимодействия участников международного процесса товародвижения [13].

Авторами данного исследования проанализированы технико-технологические параметры функционирования приграничного терминала станции Гродеково при существующих объемах переработки грузопотоков и в условиях увеличения поступления внешнеторговых грузов. Для более детального анализа работы грузового двора пограничных станций необходим комплексный подход, включающий оценку уровня загрузки терминальных мощностей и транспортной инфраструктуры, учитывая характер движения различных видов транспорта, ограниченность маневровых средств, железнодорожных путей, грузового фронта и т. д. Имитационная модель, направленная на решение данных задач, находится в стадии разработки.

В стратегических документах Правительства Российской Федерации и холдинга ОАО «Российские железные дороги» представлены позиции, отражающие потребность экономики страны в современной и развитой терминально-логистической инфраструктуре, позволяющей обеспечить транспортировку и переработку увеличивающихся объемов грузов и контейнеров в международном сообщении. В федеральных программах определен перечень дальневосточных пунктов пропуска, которые будут реконструированы или созданы:

- реконструкция МАПП Краскино-1 с целью увеличения пропускной способности до 250 транспортных средств в сутки и строительство МАПП Краскино-2 с увеличением пропуска до 750 транспортных средств в сутки;
- реализация проекта АПП Марково (пограничный переход Марково — Хулинь) до 2023 г.;
- создание МАПП на базе двустороннего пункта пропуска (ДАПП) Турий Рог (пограничный переход Турий Рог — Мишань) до 2023 г.;
- восстановление после паводка и модернизация грузо-пассажирского ДАПП Полтавка (пограничный переход Полтавка — Дуннин).

Рациональная и сбалансированная загрузка транспортной системы Дальний Восток — страны АТР возможна при комплексном рассмотрении вопросов распределения грузо- и контейнеропотоков между мультимодальными транспортными узлами и пограничными переходами в зависимости от пропускной способности транспортной и терминально-логистической инфраструктуры. Оценка технико-технологических параметров ключевых элементов МТК в условиях неритмичной работы морских портов, изменения объемов экспортного и импортного грузопотоков, приостановки деятельности пограничных пунктов пропуска, перенаправления транспортного потока на логистические объекты ближайших транспортных коридоров и других сложно прогнозируемых ситуаций должна происходить путем динамического моделирования. Первым этапом создания обозначенной программы является разработанный модуль имитационного моделирования работы совмещенного (железнодорожно-автомобильного) пограничного пункта пропуска [14], что позволит оценить загрузку ЖДПП и АПП одного региона при перенаправлении

транспортных средств. Помимо инфраструктурных вопросов существуют технологические ограничения эффективности организации международных перевозок. Перспективные научные исследования в данной области связаны с развитием нейросетевых технологий [15], позволяющих моделировать с учетом статистических данных в реальном режиме времени с помощью различных датчиков приборов и систем видеонаблюдения текущую работу и прогнозировать различные сценарии взаимодействия видов транспорта на терминальных объектах, а также внутритерминальную работу.

Заключение. Выполненное исследование позволило определить количественные показатели функционирования рассматриваемой складской системы при увеличении объемов работы, а именно изменение динамики вместимости зоны хранения от 41 до 95 %, увеличение на 47 % транспортно-складских пакетов, перемещаемых с площадки железнодорожного транспорта в зону хранения, увеличение на 62 % количества обрабатываемого груза, поступающего автомобильным транспортом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чумляков К.С. Стратегическая конкурентоспособность национальной транспортной инфраструктуры в пространстве международных транзитных перевозок // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2015. № 1. С. 49–54.
2. Покровская О.Д. Логистические транспортные системы России в условиях новых санкций // Бюллетень результатов научных исследований. 2022. № 1. С. 80–94.
3. Приостановлено правило недискриминационного доступа к железнодорожной инфраструктуре [Электронный ресурс] // INTERFAX.RU: международная информационная группа: [сайт]. URL: <https://www.interfax.ru/business/827023> (дата обращения: 06.05.2022).
4. Перевозки контейнеров по сети РЖД выросли на 10 % за 3 месяца [Электронный ресурс] // RZD.RU. Грузовые перевозки. Инфраструктура. Новости: [сайт]. URL: <https://cargo.rzd.ru/ru/9514/page/3104?id=272371> (дата обращения: 11.05.2022).
5. Ковалев Г.А., Числов О.Н., Супрун Е.Е. Развитие контейнерных железнодорожных перевозок из Китая в Европу с использованием транзита // Транспорт и логистика: пространственно-технологическая синергия развития: сб. науч. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. (Ростов-на-Дону, 3–4 февраля 2020 г.) / Ростовский гос. ун-т путей сообщения. Ростов н/Д.: РГУПС, 2020. С. 121–125.
6. Внешняя торговля ДФО [Электронный ресурс] // Дальневосточное таможенное управление: официальный сайт. URL: https://dvtu.customs.gov.ru/statistic/2021-god/ItoGovaya_informaciya (дата обращения: 15.05.2022).
7. Товарооборот России и Китая в январе–апреле вырос на 25,9 % [Электронный ресурс] // INTERFAX.RU: международная информационная группа: [сайт]. URL: https://tass.ru/ekonomika/14579791?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (дата обращения: 15.05.2022).
8. Король Р.Г. Формирование приграничной терминально-логистической инфраструктуры для организации контейнерных перевозок на направлении Суйфэньхэ (КНР) — Гродеково (РФ) // Известия Транссиба. 2022. № 1 (49). С. 43–56.

9. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021680586 Российская Федерация. Программа имитационного моделирования работы технологических зон приграничного терминально-логистического центра: № 2021669818: заявл. 30.11.2021: опубл. 13.12.2021 / Король Р.Г.

10. Методы формирования и принципы интеллектуализации в управлении терминально-складской системой транспортного узла / О.Н. Числов [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения (Вестник РГУПС). 2021. № 1 (81). С. 104–114.

11. Псеровская Е.Д., Кагадий И.Н. Моделирование грузовой работы станции во взаимодействии с путями необщего пользования // Известия Транссиба. 2016. № 1 (25). С. 91–96.

12. Коровяковский Е.К., Покровская О.Д. Содержательное описание логистического центра и его роли в системе МТК // Известия Петербургского университета путей сообщения (Известия ПГУПС). 2014. № 3 (40). С. 22–28.

13. Пугачёв И.Н., Куликов Ю.И. Особенности цифрового взаимодействия в транспортном комплексе // Проблемы транспорта Дальнего Востока: доклады Тринадцатой науч.-практ. конф. (Владивосток, 12–13 ноября 2019 г.). Владивосток, 2019. С. 288–291.

14. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022616668 Российская Федерация. Программа имитационного моделирования работы совмещенного (железнодорожно-автомобильного) пограничного пункта пропуска: № 2022615810: заявл. 04.04.2022: опубл. 15.04.2022 / Король Р.Г.

15. Лапидус Б.М. О создании Интеллектуальной мультимодальной транспортной системы России и проекта «Интеллектуальный контейнерный конвейер» // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2020. Т. 79, № 5. С. 276–281. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-5-276-281>.

REFERENCES

1. Chumlyakov K. S. Strategicheskaya konkurentosposobnost' natsional'noy transportnoy infrastruktury v prostranstve mezhdunarodnykh tranzitnykh perevozok [On the Long-Term Competitiveness Provisions of the National Transport Infrastructure in the International Freight Transit Space]. *Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta (Vestnik VNIIZhT) = Russian Railway Scientific Journal*. 2015;(1):49-54. (In Russ.).
2. Pokrovskaya O. D. Logisticheskie transportnye sistemy Rossii v usloviyakh novykh sanktsiy [Logistic transport systems in Russia under the new sanctions]. *Byulleten' rezul'tatov nauchnykh issledovaniy = Bulletin of scientific research results*. 2022;(1):80-94. (In Russ.).
3. Priostanovleno pravilo nediskriminatsionnogo dostupa k zheleznodorozhnoy infrastrukture [The rule of non-discriminatory access to railway infrastructure has been suspended]. INTERFAX.RU: website. URL: <https://www.interfax.ru/business/827023> (access date: 06.05.2022). (In Russ.).
4. Perevozki konteynerov po seti RZhD vyrosli na 10 % za 3 mesyatsa [Transportation of containers through the Russian Railways network increased by 10 % in 3 months]. RZD.RU: website. URL: <https://cargo.rzd.ru/ru/9514/page/3104?id=272371> (access date: 11.05.2022). (In Russ.).
5. Kovalev G. A., Chislov O. N., Suprun E. E. Razvitie konteynernykh zheleznodorozhnykh perevozok iz Kitaya v Evropu s ispol'zovaniem tranzita [Development of container rail transportation from China to Europe using transit]. *Transport i logistika: prostranstvenno-tekhnologicheskaya sinergiya razvitiya* [Transport and logistics: spatial and technological synergy of development]. *Procs. of IV Int. scientific-practical conf. (Rostov-on-Don, February 3–4, 2020)*. Rostov on Don: RSTU, 2020. P. 121–125. (In Russ.).
6. Vneshnyaya trgovlya DFO [Foreign trade of the Far Eastern Federal District]. Far Eastern Customs Administration: official website. URL: https://dvtu.customs.gov.ru/statistic/2021-god/ItoGovaya_informaciya (access date: 15.05.2022). (In Russ.).

7. Tovaroborot Rossii i Kitaya v yanvare–aprele vyros na 25,9% [Trade turnover between Russia and China in January–April increased by 25.9%]. INTERFAX.RU: website. URL: https://tass.ru/ekonomika/14579791?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (access date: 15.05.2022). (In Russ.).

8. Korol' R.G. Formirovanie prigranichnoy terminal'no-logisticheskoy infrastruktury dlya organizatsii konteylernykh perevozok na napravlenii Suyfen'khe (KNR) — Grodekovo (RF) [Formation of a border terminal and logistics infrastructure for the organization of container transportation in the direction of Suifenhe (PRC) — Grodekovo (RF)]. *Izvestiya Transsiba = Journal of Transsib Railway Studies*. 2022;1(49):43–56. (In Russ.).

9. Korol' R.G. Certificate of registration of the computer program No. 2021680586 Russian Federation. Simulation program for the operation of technological zones of the border terminal and logistics centre: No. 2021669818: appl. 30.11.2021: publ. 13.12.2021. (In Russ.).

10. Chislov O. N., Trapenov V. V., Alabina V. V., Bakalov M. V. Metody formirovaniya i printsipy intellektualizatsii v upravlenii terminal'no-skladskoy sistemoy transportnogo uzla [Methods of formation and principles of intellectualization in the management of the terminal-warehouse system of the transport hub]. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya (Vestnik RGUPS) = Bulletin of RSTU*. 2021;1(81):104–114. (In Russ.).

11. Pserovskaya E. D., Kagadiy I. N. Modelirovanie gruzovoy raboty stantsii vo vzaimodeystvii s putyami neobshchego pol'zovaniya [Modelling of cargo operation of the station in interaction with non-public tracks]. *Izvestiya Transsiba = Journal of Transsib Railway Studies*. 2016;1(25):91–96. (In Russ.).

12. Korovyakovskiy E. K., Pokrovskaya O. D. Soderzhatel'noe opisaniye logisticheskogo tsentra i ego roli v sisteme MTK [Meaningful description of the logistics center and its role in the MTK system]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya (Izvestiya PGUPS) = Proceedings of Petersburg Transport University*. 2014;3(40):22–28. (In Russ.).

13. Pugachev I. N., Kulikov Yu. I. Osobennosti tsifrovogo vzaimodeystviya v transportnom komplekse [Features of digital interaction in the transport complex]. Problemy transporta Dal'nego Vostoka [Problems of transport of the Far East]. Procs. of the Thirteenth scientific and practical conf. (Vladivostok, November 12–13, 2019). Vladivostok; 2019. P. 288–291. (In Russ.).

14. Korol' R.G. Certificate of registration of the computer program No. 2022616668 Russian Federation. Simulation program for the operation of a combined (railway and automobile) border checkpoint: No. 2022615810: appl. 04.04.2022: publ. 15.04.2022.

15. Lapidus B. M. O sozdaniy Intel'ktual'noy mul'timodal'noy transportnoy sistemy Rossii i proekta "Intel'ktual'nyy konteynernyy konveyer" [On the creation of the Intelligent multimodal transport system of Russia and the project "Intelligent container chain"]. *Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta (Vestnik VNIIZhT) = Russian Railway Scientific Journal*. 2020;79(5):276–281. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-5-276-281>. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Роман Григорьевич КОРОЛЬ,

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология транспортных процессов и логистика», Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС, 680021, Хабаровск, ул. Серышева, д. 47), Author ID: 729080, <https://orcid.org/0000-0002-7522-1604>

Олег Николаевич ЧИСЛОВ,

д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Станции и грузовая работа», Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС, 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, sgr@rgups.ru), Author ID: 474458, <https://orcid.org/0000-0001-7800-0113>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Roman G. KOROL',

Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Head of the Technology of Transport Processes and Logistics Department, Far Eastern State Transport University (680021, Khabarovsk, 47, Serysheva St.), Author ID: 729080, <https://orcid.org/0000-0002-7522-1604>

Oleg N. CHISLOV,

Dr. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Stations and Cargo Work, Rostov State Transport University (344038, Rostov-on-Don, 2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya Sq., sgr@rgups.ru), Author ID: 474458, <https://orcid.org/0000-0001-7800-0113>

ВКЛАД АВТОРОВ

Роман Григорьевич КОРОЛЬ. Имитационное моделирование, анализ показателей, сбор исходных данных (50%).

Олег Николаевич ЧИСЛОВ. Формирование направления исследования, формулировка цели и задач, анализ результатов (50%).

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Roman G. KOROL'. Simulation modelling, analysis of indicators, collection of initial data (50%).

Oleg N. CHISLOV. Formation of research direction, formulation of goals and objectives, analysis of results (50%).

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The authors have read and approved the final manuscript.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials and methods. There is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 31.05.2022, первая рецензия получена 06.06.2022, вторая рецензия получена 05.07.2022, принята к публикации 29.08.2022.

The article was submitted 31.05.2022, first review received 06.06.2022, second review received 05.07.2022, accepted for publication 29.08.2022.