

MODELING OF BULK CONTAINER HANDLING SCHEMES AT A MARINE TERMINAL

O. A. Izotov

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

The research addresses a comprehensive assessment of effective supply chain management for bulk cargoes transported in heavy-duty containers to marine container terminals for accumulation and shipment to sea vessels. The relevance of the topic arises from the fact that containerization, which has widely covered various cargo categories, has largely overlooked massive, relatively inexpensive bulk cargoes. These are successfully transported using soft, light-duty containers that require indoor storage facilities, which container terminals typically lack. The task is conditioned by the need to synchronize logistics flows, since managing the terminal's functional scheme demands a systematic approach to developing a model for the movement of adjacent transport modes, setting the rhythm for the delivery of trucks and railcars for unloading and loading, and considering several other factors. It is emphasized that modeling container handling schemes at a marine terminal directly depends on its throughput, which is calculated based on the port's storage area capacity — within which a certain number of containers can be accepted for processing and storage — and the availability of mechanization equipment required for their handling. This paper considers the possibility of organizing the terminal's technological processes based on reducing container storage space under various operating conditions of the transport system, specifically during vessel loading delays caused by meteorological or other reasons. In conclusion, the proposed container handling schemes can help reduce costs for transport process participants, maintain the set deadlines for cargo receipt and processing, and ensure the rhythm and reliability of technological operations at marine terminals.

Keywords: marine container terminal, container handling scheme, bulk cargoes, cargo accumulation at terminal, container technologies, transport systems, transshipment processes, ship handling.

For citation:

Izotov, Oleg A. "Modeling of bulk container handling schemes at a marine terminal." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 17.3 (2025): 331–339. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-3-331-339.

УДК 656.073.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ ОБРАБОТКИ НАСЫПНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ НА МОРСКОМ ТЕРМИНАЛЕ

О. А. Изотов

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Темой исследования является всесторонняя оценка эффективного управления цепями поставок насыпных грузов в большегрузных контейнерах на морские контейнерные терминалы в целях накопления и отгрузки на морские суда. Актуальность темы вызвана тем, что контейнеризация широко охватившая различные категории грузов, оставила без внимания массовые относительно недорогие насыпные грузы, для перевозки которых успешно используются мягкие контейнеры малой грузоподъемности, требующие для хранения крытых помещений, которыми, как правило, контейнерные терминалы не оборудуются. Отмечается, что постановка задачи обусловлена необходимостью синхронизации логистических потоков, в силу того что управление функциональной схемой терминала требует системного подхода к разработке модели движения смежных видов транспорта, задания ритма подачи автомобилей и вагонов под выгрузку и погрузку и учета ряда других факторов. Подчеркивается, что моделирование схем обработки контейнеров на морском терминале находится в прямой зависимости от его пропускной способности, расчет которой базируется на оценке емкости складских площадей порта, в границах которых может быть принято к обработке и хранению определенное количество контейнеров, а также от наличия средств

механизации, необходимых для их обработки. В предлагаемой работе рассмотрена возможность организации технологических процессов терминала на основе сокращения контейнеро-мест в зоне хранения в различных условиях работы транспортной системы, а именно в условиях задержки судна под погрузкой в силу метеорологических или иных причин. Сделан вывод о том, что предлагаемые схемы обработки контейнеров могут способствовать сокращению издержек участников транспортного процесса, не нарушая заданных сроков поступления и обработки грузов, обеспечивая ритмичность и надежность технологических операций на морском терминале.

Ключевые слова: морской контейнерный терминал, схема обработки контейнеров, насыпные грузы, накопление грузов на терминале, контейнерные технологии, транспортные системы, перегрузочные процессы, обработка судна.

Для цитирования:

Изотов О. А. Моделирование схем обработки насыпных контейнеров на морском терминале / О. А. Изотов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2025. — Т. 17. — № 3. — С. 331–339. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-3-331-339. — EDN DNSARN.

Введение (Introduction)

Формирование стабильных и устойчивых технологических цепочек поставок товаров предполагает наличие стабильных экономических условий. При этом деловая среда, формирующаяся на текущий момент развития отношений с потенциальными заказчиками таких массовых грузов, как удобрения, может быть охарактеризована как высокорискованная и динамично изменяющаяся. В этих условиях строительство новых морских перегрузочных комплексов представляет препятствие для инвесторов, вынуждая производителей обратить внимание на имеющиеся в регионах портовые мощности и их возможности.

Основными условиями эффективного управления цепями поставок при этом становится достоверная и полная оценка возможностей видов транспорта, зон хранения и накопления грузов, а также гибкость и скорость реагирования на возможные отклонения от требуемых качественных показателей перевозки, включенных в систему доставки объектов и структур. В конечном итоге, по мнению ведущих логистов, именно в управлении материальными потоками сосредоточена вероятность снижения затрат и максимального использования производственных потенциалов изготовителей продукции и складских площадей [1].

Контейнеризация, охватившая различные категории грузов в силу сопровождающих такие перевозки экономических составляющих, до сих пор оставляет без должного внимания массовые относительно недорогие насыпные грузы, для перевозки которых успешно используются мягкие контейнеры малой грузоподъемности. Именно поэтому крупнотоннажные стальные насыпные контейнеры, как правило, используются для транспортировки руд редкоземельных металлов и иных ценных сыпучих грузов как в упаковке, так и без нее или в качестве средств перевалки (предварительного наполнения и последующего высыпания) грузов на морские суда с открытых площадок хранения (например, угля на контейнерном терминале в порту Усть-Луга).

Целью исследования является оценка возможности организации доставки в порт насыпных грузов в большегрузных контейнерах для накопления в них и последующей перегрузки целой судовой партией, которой не уделялось должного внимания до настоящего времени.

Материалы обсуждения (Methods and Materials)

Эффективность работы морского контейнерного терминала зависит от его удаленности от центров образования грузопотоков, размеров и транспортной доступности его складских площадей, производительности перегрузочных средств, применения рациональных схем перемещения и современных технологий обработки контейнеров и других факторов. При этом синхронизация логистических потоков и управление функциональной схемой терминала требуют системного подхода к разработке модели движения смежных видов транспорта, задания ритма подачи автомобилей и вагонов под выгрузку и погрузку и т. д. [2]. В целом пропускная способность контейнер-

ного терминала зависит от емкости складских площадей, для которых выполняется расчет принимаемого к обработке и хранению количества контейнеров, а также мощностей, необходимых для их обработки средств механизации.

Уровень организации технологических процессов определяет сроки накопления на терминале судовой партии контейнеров, подлежащих отгрузке, определяет зоны проведения таможенного контроля, растарки и хранения порожних контейнеров и проведения вспомогательных операций. Таким образом, классическая схема обработки контейнеровозов на морском терминале требует организации двух складских площадок: для партии отгружаемых контейнеров и для партии выгружаемых контейнеров [3], [4]. Формирование на причале складских площадей заданных параметров при обработке нетрадиционного для контейнерного терминала, подаваемого для перегрузки в конвейеризированном виде груза, может быть организовано аналогичным образом (рис. 1).

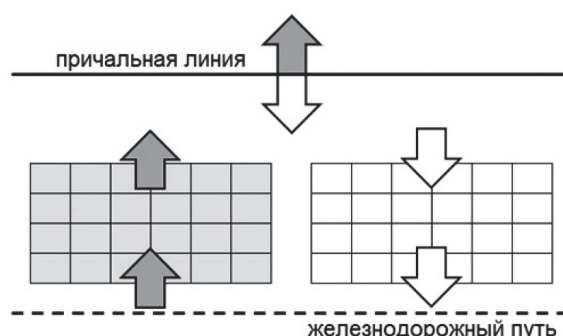


Рис. 1. Традиционная схема размещения и оборота контейнеров на морском терминале:

■ — контейнеры с грузом; □ — порожние контейнеры

В результате могут быть заданы очередность завоза и вывоза насыпных контейнеров на терминал и общий ритм обработки, например, шестью кольцевыми контейнерными поездками, курсирующими между заводом производителем и морским терминалом, что соответствует периоду судозаходов, составляющему шесть суток (табл. 1).

Таблица 1

Движение насыпных контейнеров на морском терминале¹

Сутки работы терминала	1	2	3	4	5	6
Количество контейнеров на складе:	560	560	560	560	560	560
с грузом	0	112	224	336	448	560
без груза	560	448	336	224	112	0

При объеме обработки, равном 560 контейнеров (шесть кольцевых контейнерных поездов по 112 контейнеров или 2016 т груза), для судна грузоподъемностью 12000 т с периодом захода один раз в 6 сут можно построить график оборота контейнеров на терминале (рис. 2) [5]. При этом организация доставки на морской терминал насыпных контейнеров с удобрениями для накопления необходимой партии и последующего высыпания груза из контейнеров в трюмы судна при обеспечении должной координации действий участников процесса может осуществляться на основе более реалистичных оценок внешних факторов [6], [7].

Учитывая интенсивность входящего и исходящего потоков (112 контейнеров в сут в обоих направлениях), при обработке однородных насыпных грузов, не требующих номерного учета движения контейнеров, можно организовать иную схему их складирования и движения на морском терминале и добиться сокращения необходимого количества контейнеро-мест для их хранения (рис. 3).

¹ Оценка движения насыпных контейнеров на заводе производителя не требуется, поскольку контейнеры сразу подаются под погрузку по мере их поступления без снятия с железнодорожных платформ.

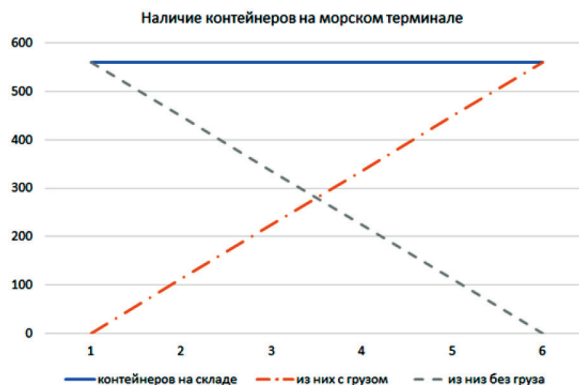


Рис. 2.оборот контейнеров на морском терминале при заданной ритмичной обработке судов

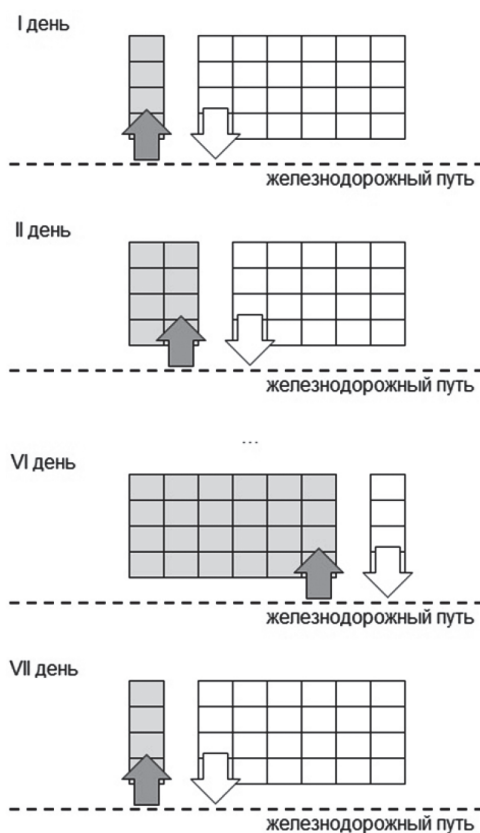


Рис. 3.оборот насыпных контейнеров на морском терминале при заданной ритмичной обработке судов:

■ — контейнеры с грузом; □ — порожние контейнеры

Размещение на терминале вместо 12 поездных партий (каждая по 112 контейнеров) только семи партий (седьмая партия контейнеров обеспечивает обратную загрузку контейнерного поезда порожними контейнерами) позволит сократить потребность в занимаемой площади на 42 %:

$$X = 100 - \frac{100P_7}{P_{12}}.$$

Здесь X — сокращение площади, %;

P_{12} — площадь, необходимая для хранения 12 поездных партий контейнеров;

P_7 — площадь, необходимая для хранения семи поездных партий².

² Расчет выполнен без учета ярусности хранения груженых и порожних контейнеров.

Ритмичность подачи грузопотока в интересах потребителя при этом сохраняется, поскольку каждый поезд без простоя будет загружен порожними контейнерами для подвоза через 6 сут очередной партии груза. При этом количество контейнеро-операций (коэффициент перевалки) не изменяется, и стоимость обработки контейнеров при этом не увеличивается:

$$K_{\text{пер}} = K_{\text{конт.-опер}}$$

Здесь $K_{\text{пер}}$ — коэффициент перевалки;

$K_{\text{конт.-опер}}$ — количество контейнеро-операций, совершаемых с одним контейнером согласно следующей схеме механизации: *вагон – склад; склад – судно – склад; склад – вагон*.

Складская зона хранения контейнеров, участвующих в доставке и обработке удобрений на морском контейнерном терминале, обеспечит синхронизацию логистических потоков, не нарушая функциональной схемы управления грузопотоками на терминале.

Результаты (Results)

С учетом того, что удобрения являются подверженным увлажнению режимным грузом, его обработка в порту при выпадении осадков приостанавливается. В этом случае требует отдельного учета возможная необходимость переноса сроков начала или окончания погрузки судна по метеорологическим причинам. В целях обеспечения обратной загрузки контейнерного поезда порожними контейнерами классической схемой работы терминала должна быть предусмотрена дополнительная зона хранения страховочного запаса контейнеров с грузом (например, трехдневного запаса³) — рис. 4. Соответственно изменится также очередность завоза (вывоза) насыпных контейнеров на терминал и общий ритм их обработки (табл. 2).

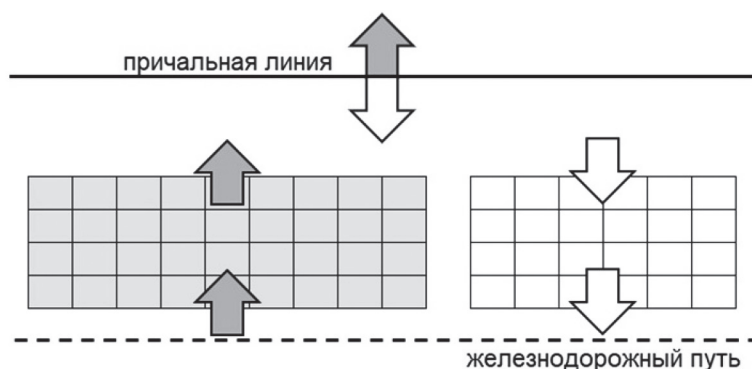


Рис. 4. Схема размещения и оборота контейнеров на морском терминале при наличии трехдневного страховочного запаса:

■ — контейнеры с грузом; □ — порожние контейнеры

Таблица 2

Движение насыпных контейнеров на морском терминале при создании трехдневного запаса в случае задержки обработки судна по метеорологическим причинам

Сутки работы терминала	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество контейнеров на складе:	896	896	896	896	896	896	896	896	896
с грузом	0	112	224	336	448	0	112	224	336
без груза	896	784	672	560	448	896	784	672	560

Объем отгрузки на морское судно останется прежним — груз из 560 контейнеров или 12000 т один раз в 6 сут, однако для ритмичности работы железнодорожного транспорта требуется увеличение количества контейнеров в обороте на кольцевых контейнерных поездах и площадь их хранения на терминале. Количество кольцевых контейнерных поездов при этом останется

³ Зависит от региона расположения порта и времени года.

прежним [8]. График оборота контейнеров на терминале при наличии трехдневного страховочного запаса приведен на рис. 5. В этом случае организация доставки на морской терминал насыпных контейнеров может осуществляться в условиях сокращения потребности в площадях для их хранения⁴.

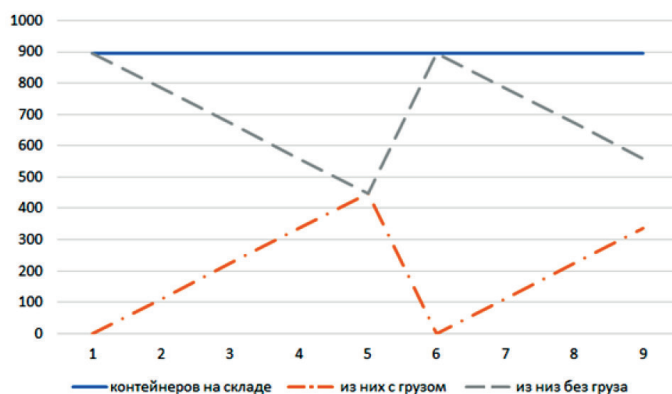


Рис. 5. Оборот контейнеров на морском терминале при создании трехдневного запаса

В результате можно организовать такую схему складирования и движения контейнеров на морском терминале, которая позволит добиться сокращения необходимого количества контейнеро-мест без нарушения общей технологии обработки грузопотоков и ритма работы порта (рис. 6).

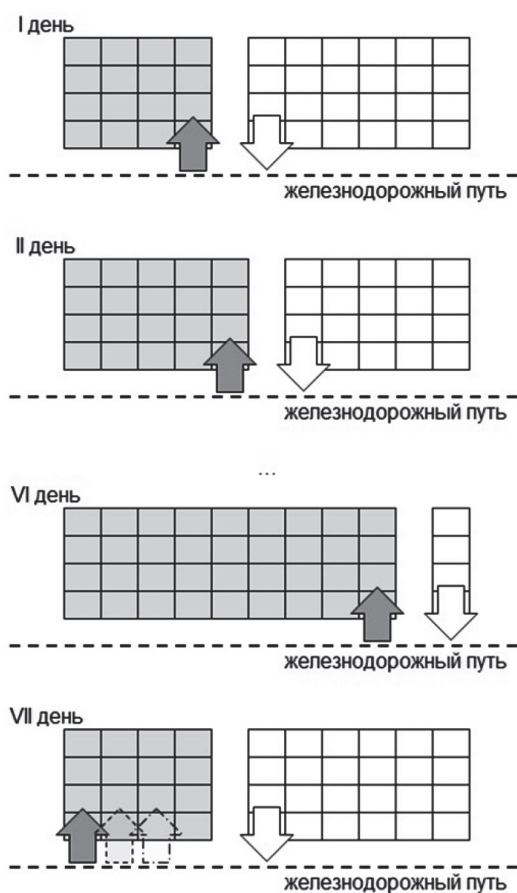


Рис. 6. Оборот насыпных контейнеров на морском терминале при наличии трехдневного запаса:

■ — контейнеры с грузом; □ — порожние контейнеры

⁴ СП 92.13330.2012. Склады сухих минеральных удобрений и химических средств защиты растений. СНиП II-108-78. Дата введ. 2013-01-01.

Размещение на терминале вместо 15 поездных партий (каждая из 112 контейнеров) только девяти партий позволит сократить потребность в занимаемой площади на 40 %:

$$X = 100 - \frac{100P_9}{P_{15}}.$$

Здесь P_{15} — площадь потребная для хранения 15 поездных партий контейнеров;

P_9 — площадь, необходимая для хранения девяти поездных партий при курсировании по железнодорожному маршруту только шести.

При этом вновь поступающая партия груженых насыпных контейнеров может выгружаться на площадки терминала с учетом необходимости обновления партии удобрений. Тем самым можно избежать эффекта «мертвого груза» (не обновляемого в штабеле хранения до особой необходимости в нем) в контейнерах, заложенных на хранение и не выбираемых в силу отсутствия в нем потребности⁵ [9]. Ритмичность подачи грузопотока и количество контейнеро-операций (коэффициент перевалки) сохраняют свои показатели. Таким образом, можно оценить ритм работы терминала даже в случае задержки подачи судна под обработку, например, на двое суток (табл. 3, рис. 7).

Таблица 3

Движение насыпных контейнеров на морском терминале при создании трехдневного запаса в случае задержки обработки судна по метеорологическим причинам при задержке подачи судна под погрузку сроком на два дня

Сутки работы терминала	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество контейнеров на складе:	896	896	896	896	896	896	896	896	896
с грузом	0	112	224	336	448	560	672	224	336
без груза	896	784	672	560	448	336	224	672	560

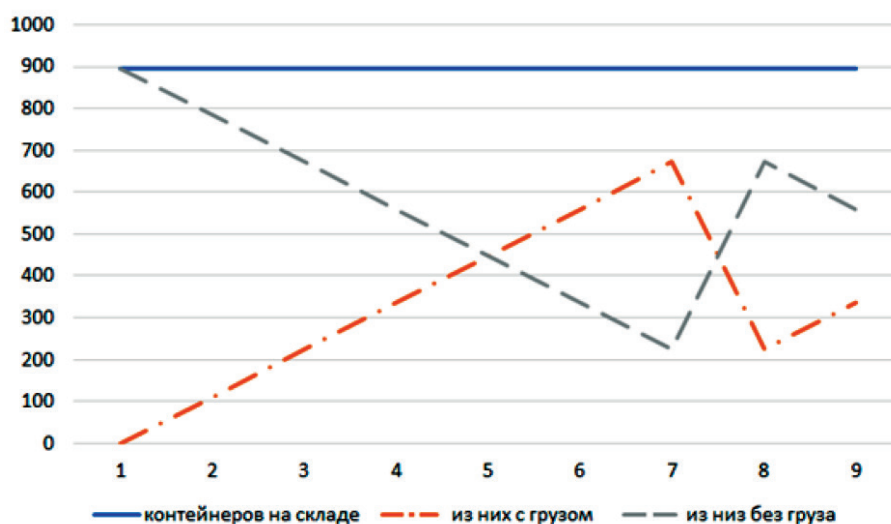


Рис. 7. Оборот контейнеров на морском терминале при наличии трехдневного запаса и задержке в подаче судна под обработку на два дня

Разработка моделей организации перегрузки насыпных грузов с использованием контейнеров в качестве средства доставки и хранения, а также как грузового устройства перевалки удобрений в трюмы судна позволяет сделать вывод о возможности повышения эффективности работы морского контейнерного терминала при работе с нетрадиционными грузами.

⁵ СП 92.13330.2012. Склады сухих минеральных удобрений и химических средств защиты растений. СНиП II-108–78. Дата введения 2013–01–01.

Заключение (Conclusion)

Организация перевалки насыпных грузов на морских контейнерных терминалах должна строиться на основе тех же логистических принципов, что и традиционные грузы: минимальные издержки участников транспортного процесса, соблюдение заданных сроков прохождения грузов на всех этапах его доставки, надежность принятых к транспортировке схем и сохранение качества груза [10]. Всем этим требованиям в полной мере отвечает контейнеризация насыпных грузов, следующих магистральными видами транспорта и задающих ритмичные и предсказуемые грузопотоки, поддающиеся повышению эффективности управления, в том числе в пунктах перевалки грузов.

Организация технологического процесса доставки и перевалки минеральных удобрений на основе применения большегрузных насыпных контейнеров призвана способствовать дальнейшему развитию внутренних контейнерных систем страны, открывающих новые перспективы построения логистических цепочек в условиях увеличения возможностей магистральных видов транспорта. Поддержание грузооборота морских контейнерных терминалов на уровне показателей, предусмотренных планами их строительства, позволит сократить возможные простои заложенного в них дорогостоящего оборудования в условиях сдерживания развития торгового оборота России со стороны стран, избравших курс на ограничение сотрудничества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шибзухов Т. А. Складская логистика: история, структура, проблемы и пути решения / Т. А. Шибзухов, К. Д. Савельева, Н. Л. Галиева, А. В. Еричев // Экономика и социум. — 2021. — № 6–2(85). — С. 660–669. DOI: 10.46566/2225-1545_2021_2_85_660. — EDN BIWWWH.
2. Турпищева М. С. Имитационная модель совместной работы железной дороги и портовых терминалов / М. С. Турпищева, А. С. Кожушко // Вестник Астраханского государственного технического университета. — 2008. — № 5(46). — С. 79–83. — EDN JTZTCF.
3. Полуботко Н. С. Технологические решения для увеличения производительности перевалки контейнеризированных навалочных грузов на морском терминале / Н. С. Полуботко // Современные вызовы транспортной отрасли: новые возможности: материалы межвузовской научно-практической конференции транспортных вузов, Санкт-Петербург, 20–21 февраля 2025 года. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2025. — С. 232–235. — EDN ZWJUPC.
4. Кузнецов А. Л. Оценка времени доставки в сложных цепях поставки с помощью моделирования / А. Л. Кузнецов, А. В. Кириченко, А. Д. Семенов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. — 2021. — Т. 13. — № 3. — С. 372–383. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-3-372-383. — EDN TNLNKM.
5. Изотов О. А. Обоснование возможности обработки контейнеризированных навалочных грузов на морском терминале / О. А. Изотов, Н. С. Полуботко // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. — 2025. — Т. 17. — № 2. — С. 208–215. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-2-208-215. — EDN HRYNBC.
6. Гудков В. А. Логистические модели систем обработки грузовых контейнеров / В. А. Гудков, М. С. Турпищева, Е. Р. Нурғалиев // Вестник Астраханского государственного технического университета. — 2012. — № 2(54). — С. 13–17. — EDN PIUJRF.
7. Изотов О. А. Расчет количества насыпных контейнеров при организации перевалки навалочных грузов на неспециализированном причале / О. А. Изотов, А. В. Гульятеев // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 6. — С. 1209–1216. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1209-1216. — EDN YLUFAS.
8. Антонова Е. И. Проблема организации грузовых работ на железной дороге контейнерного терминала / Е. И. Антонова, И. А. Васильев // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. — 2013. — № 3(174). — С. 67–74. — EDN QCXENV.
9. Николаева Н. В. Контроль содержания влаги в минеральных удобрениях при бестарном хранении и транспортировке / Н. В. Николаева, В. В. Соколов, И. А. Почиталкина // Успехи в химии и химической технологии. — 2017. — Т. 31. — № 6(187). — С. 135–137. — EDN ZTEWOF.

10. Поспелов А. М. К вопросу об управлении запасами парка контейнеров на контейнерных терминалах ОАО «РЖД» // Научно-практическая конференция «Неделя науки — 2007» — М.: МГУПС, 2007. — С. 79–84.

REFERENCES

1. Shibzukhov, T. A., K. D. Savel'eva, N. L. Galieva and A. V. Elichev. "Warehouse logistics: history, structure, problems and solutions." *Ekonomika i sotsium* 6–2(85) (2021): 660–669. DOI: 10.46566/2225-1545_2021_2_85_660.
2. Turpischeva, M. S. and A. S. Kozhushko. "Simulation model of joint work of railway and port terminals." *Vestnik Of Astrakhan State Technical University* 5(46) (2008): 79–83.
3. Polubotko, N. S. "Tekhnologicheskie resheniya dlya uvelicheniya proizvoditel'nosti perevalki konteynerizirovannykh navalochnykh грузов na morskoy terminale." *Sovremennye vyzovy transportnoy otrasli: novye vozmozhnosti: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii transportnykh vuzov, Sankt-Peterburg, 20–21 fevralya 2025 goda*. Moskva: Izdatel'sko-torgovaya korporatsiya "Dashkov i K", 2025: 232–235.
4. Kuznetsov, A. L., A. V. Kirichenko and A. D. Semenov. "Evaluating lead-time in complex supply chains by simulation technique." *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admiral S. O. Makarova* 13.3 (2021): 372–383. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-3-372-383.
5. Izotov, O. A. and N. S. Polubotko. "Justification of the possibility of processing containerized bulk cargoes at a marine terminal." *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admiral S. O. Makarova* 17.2 (2025): 208–215. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-2-208-215.
6. Gudkov, V. A., M. S. Turpischeva and E. R. Nurgaliev. "Logistic models of the systems of cargo containers' processing." *Vestnik Of Astrakhan State Technical University* 2(54) (2012): 13–17.
7. Izotov, O. A. and A. V. Gul'tyaev. "The calculation of the number of bulk containers in the organization of transshipment of bulk cargoes at specialized berth." *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admiral S. O. Makarova* 9.6 (2017): 1209–1216. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1209-1216.
8. Antonova, E. I. and I. A. Vasil'ev. "The problem of cargo operation management on container terminal railway." *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Computer Science. Telecommunications And Control Systems* 3(174) (2013): 67–74.
9. Nikolaeva, N. V., V. V. Sokolov and I. A. Pochitalkina. "Control of moisture content in mineral fertilizers during bulk storage and transport." *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii* 31.6(187) (2017): 135–137.
10. Pospelov, A. M. "On the issue of inventory management of the container fleet at the container terminals of JSC Russian Railways" *Scientific and practical conference "Week of Science — 2007"*. Moscow: MGUPS, 2007: 79–84.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Изотов Олег Альбертович —
доктор технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: iztv65@rambler.ru, kaf_pgt@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Izotov, Oleg A. —
Dr. of Technical Sciences, associate professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: iztv65@rambler.ru, kaf_pgt@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 01 апреля 2025 г.
Received: Apr. 1, 2025.