ВЕСТНИК
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА

DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-3-325-331

SIMULATION OF COMBINED CARGOES TRANSPORTATION SYSTEM

O. A. Izotov, Y. A. Borozdin

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

The assessment of container technologies introduction impact on the transportation of combined shipments deep into the hintreland of the sea container terminal is carried out. The consequences of transferring the main burden of bulk cargo transshipment from the seaport territory to the rear areas of railway container terminals are revealed. The mechanism of reducing the total number and further promotion of transshipment operations to the consignees warehouses gates is considered. The advantages of the introduction of new means of combined cargo consolidation, which ensure the release of heavy container and cargo movement deep into the mainland, while maintaining the advantages of container technologies, are noted. To solve the issues of resource assessment in the transport technologies under consideration, a method for measuring individual types of resources and determining the efficiency level of these resources proportions as part of a particular transport technology is proposed. The task of forming the transportation technology based on the characteristics of optimal participation of each of used in the transportation process resources is formulated. As an example of the above approach, the calculation of the number of tonne operations for different variants of the transportation organization is given. It is noted that the transfer of the main weight of the tonnage operations for the combined cargoes transshipment in a single piece form from the seaport territory to the railway container terminals (cargo stations) by organizing the transportation of such goods in heavy containers is not reflected in the reduction of the tonnage operations total number. The introduction of consolidation new means, namely, in-transit modules, capable to bring the transshipment of tare-pieced cargoes as close as possible to the consignees warehouses, is designed to contribute to this problem solution.

Keywords: transportation modeling, combined cargoes, container technologies, quality indicators of transportation.

For citation:
Izotov, Oleg A., and Yegor A. Borozdin. "Simulation of combined cargoes transportation system." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 13.3 (2021): 325–331. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-3-325-331.

УДК 656.073.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕВОЗКИ СБОРНЫХ ГРУЗОВ

О. А. Изотов, Е. А. Бороздин

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

Выполнена оценка влияния внедрения внутренних субконтейнерных технологий на перевозку сборных партий грузов вглубь хинтреленда морского контейнерного терминала. Выявлены последствия переноса основной тяжести по перегрузке тарно-штучных грузов с территории морского порта на тыловые площадки железнодорожных контейнерных терминалов. Рассмотрен механизм сокращения общего количества и дальнейшего продвижения перегрузочных операций к воротам складов грузополучателей. Отмечены преимущества внедрения новых средств укрупнения сборных грузов, обеспечивающих высвобождение большегрузного контейнера и продвижение грузов вглубь материка с сохранением преимуществ контейнерных технологий. Для решения вопросов оценки ресурсов в рассматриваемых технологиях перевозок предложен способ соизмерения отдельных видов ресурсов и определения уровня эффективности их пропорций в составе той или иной технологии перевозки. Сформулирована задача формирования технологии перевозки по признакам оптимального участия каждого из используемых в процессе перевозки ресурсов. В качестве примера рассмотренного подхода приведен расчет количества тонно-операций для различных

вариантов организации перевозки. Отмечается, что перенос основной тяжести тонно-операций по перегрузке сборных грузов в тарно-штучном виде с территории морского порта на железнодорожные контейнерные терминалы (грузовые станции) путем организации перевозок таких грузов в большегрузных контейнерах не нашел отражения в сокращении общего количества тонно-операций. Решению поставленной проблемы призвано способствовать внедрение новых средств укрупнения — внутритранспортных модулей, способных максимально приблизить перегрузку тарно-штучных грузов к складам грузополучателей.

Ключевые слова: моделирование перевозок, сборные грузы, контейнерные технологии, качественные показатели перевозки.

Для цитирования:
Изотов О. А. Моделирование транспортно-технологической системы перевозки сборных грузов / О. А. Изотов, Е. А. Бороздин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2021. — Т. 13. — № 3. — С. 325–331. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-3-325-331.

Введение (Introduction)

Внедрение в практику перевозок различных партий грузов вглубь хинтерленда в морских большегрузных контейнерах, кроме получения основных преимуществ контейнерных технологий (сохранность перевозки, стандартизация погрузо-разгрузочных операций и т. д.), позволило освободить морские порты от значительного объема перегрузочных работ с тарно-штучными грузами (рис. 1). Вслед за продвижением контейнеров в тыловые и логистические центры на их грузовые площадки были проведены работы по дальнейшей отправке малых партий грузов смежными видами транспорта (рис. 2). В результате наблюдается развитие транспортной инфраструктуры как в непосредственной близости от морских терминалов — образование так называемых «сухих портов» [1]–[3], так и в глубине территорий страны в целях организации современного возврата линейных контейнеров на морские терминалы [4]–[6].

Рис. 1. Схема перевозки сборных грузов в тарно-штучном виде

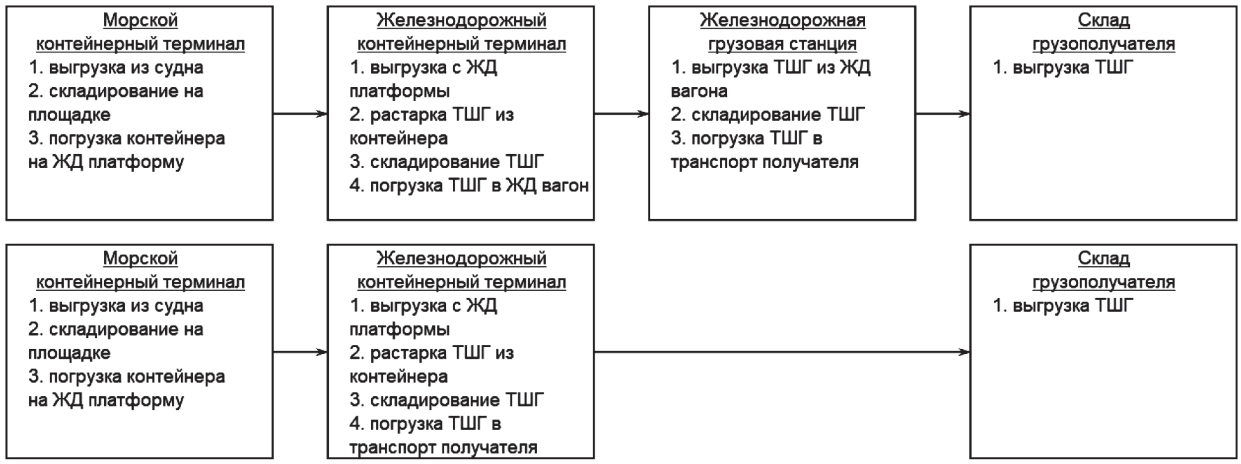

Рис. 2. Схема перевозки сборных грузов в большегрузных контейнерах

Рассмотрим возможность дальнейшего сокращения общего количества погрузочно-разгрузочных операций с тарно-штучными грузами и их максимального приближения непосредственно к складам грузополучателей.

Методы и материалы (Methods and Materials)

В качестве механизма сокращения общего количества или дальнейшего продвижения перегрузочных операций к воротам складов грузополучателей специалистами кафедры портов и грузовых терминалов ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова предлагается к внедрению новое средство укрупнения сборных грузов, обеспечивающее высвобождение большегрузного контейнера и продвижение грузов вглубь материка с сохранением преимуществ контейнерных технологий [7]–[9]. Схема перевозки сборных грузов в новых средствах укрупнения приведена на рис. 3.

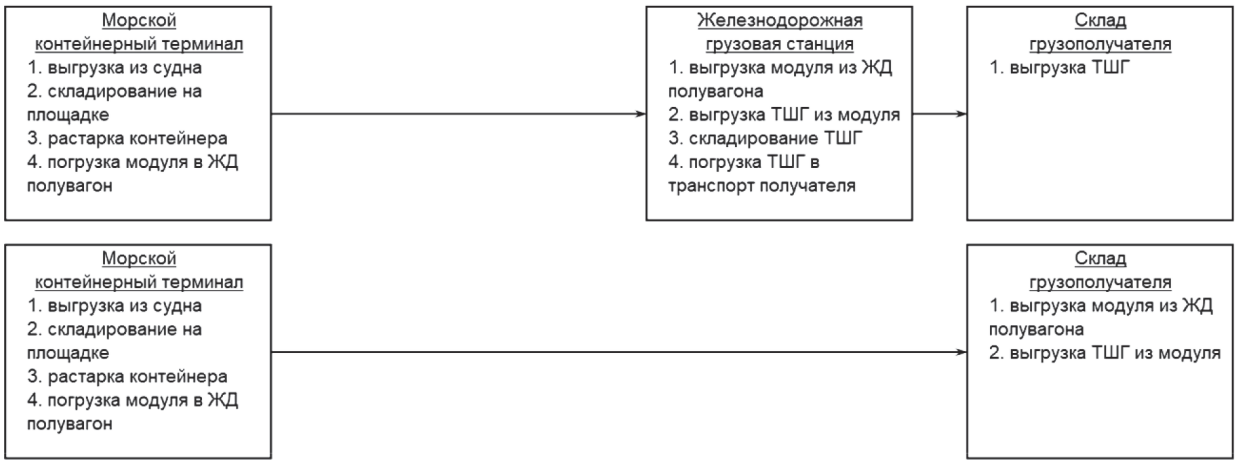

Рис. 3. Схема перевозки сборных грузов в новых средствах укрупнения

Для решения вопросов оценки ресурсов в рассматриваемых технологиях перевозок необходим способ соизмерения отдельных видов ресурсов и определения уровня эффективности пропорций данных ресурсов в составе той или иной технологии перевозки. Сложность данного вопроса объясняется различной природой ресурсов и разномасштабностью их технико-эксплуатационных характеристик.

Технология перевозок включает как технологические процессы на всех объектах перегрузки грузов, так и все технологические операции, выполняемые с грузами на этих объектах. В существующих вариантах организации перевозки, перегрузки грузов в составе одного объекта могут включать от одной до четырех технологических операций [10], [11]. В связи с этим возникает задача формирования технологии перевозки по признакам оптимального участия каждого из используемых ресурсов. В общем виде при ее решении необходимо выполнение следующих процедур: определить способ соизмерения разнородных ресурсов между собой; рассчитать потребное минимальное количество ресурсов каждого вида; определить эффективность структуры технологии перевозок и составляющих ее технологических процессов.

Содержательная часть задачи формируется следующим образом. Имеется определенное задание на перевозку сборной партии грузов между двумя отдельными объектами. Наличие и назначение ресурсов транспорта определяют конкретный вариант организации перевозки, который будет применен при выполнении задания. Соответствующая схема состоит из последовательности P технологических процессов (морской порт, тыловой контейнерный терминал, железнодорожная грузовая станция и т. д.) и технологических операций, выполняемых на этих объектах (судовая, складская, вагонная и т. д.). Каждый технологический процесс характеризуется своим набором технологических операций, определяемых составом разнородных ресурсов R. Ресурсы технологических процессов могут использоваться одновременно (параллельно) и последовательно [12]–[14].

Результаты (Results)

В общем виде технологию перевозки сборной партии грузов можно представить в виде структуры отдельных технологических процессов (рис. 4). При формализации необходимо учитывать, что при установившейся интенсивности работ, включенных в технологию перевозки, работа всех ресурсов определяется в виде

$$R_{\text{ТП}} = nR_{\text{и}} + \sum_{i=1}^{n}\left(R_{Pi} - R_{\text{и}}\right), \tag{1}$$

где $R_{\text{ТП}}$ — итоговая работа технологии перевозки;

$R_{Pi} - R_{\text{и}}$ — работа ресурсов внутри технологических процессов;

R_{Pi} — ресурсы технологического процесса i;

$i = \overline{1,n}$ — количество технологических процессов в составе технологии перевозки.

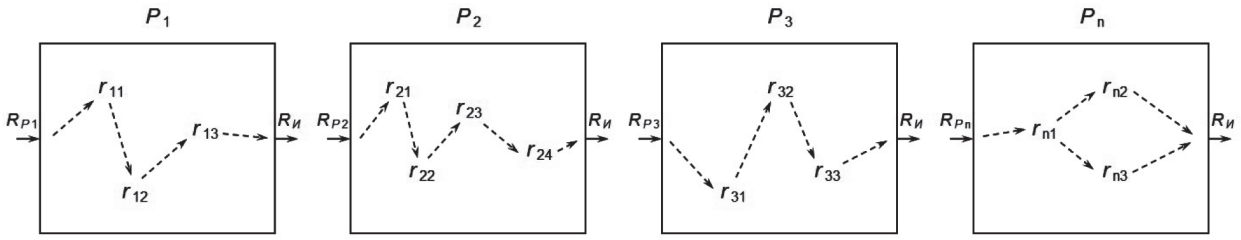

Рис. 4. Схема выполнения технологических процессов при перевозке сборных грузов:
$R_{P1}, \ldots, R_{Pn}$ — ресурсы для технологических процессов; $r_{11}, r_{12}, \ldots, r_{n3}$ — технологические операции;
$R_{\text{и}}$ — итоговые результаты технологического процесса ($nRu < R_{\text{ТП}}$)

Таким образом, полезное использование ресурсов всегда меньше их общей работы для принятой технологии перевозки. При реализации технологии перевозки всегда будет иметь место неравенство

$$\sum_{i=1}^{n}\left(R_{Pi} - R_{\text{и}}\right) > 0. \tag{2}$$

Итоговый результат технологического процесса можно установить по величине грузопереработки (сумме тонно-операций), совершаемых на каждом этапе технологии перевозки грузов. Организаторам перевозочного процесса необходимо знать, какое количество полезных ресурсов потребуется при реализации того или иного варианта [15]–[17].

Коэффициент полезного действия технологии перевозки $\eta_{\text{ТП}}$ можно представить в следующем виде:

$$\eta_{\text{ТП}} = \frac{nR_{\text{и}}}{R_{\text{ТП}}}. \tag{3}$$

Значение $\eta_{\text{ТП}}$ может характеризовать эффективность выбора и организации технологии перевозки.

$$\eta_{Pi} = \frac{R_{\text{и}}}{R_{Pi}}. \tag{4}$$

Перемножив показатели эффективности отдельных технологических процессов, получим

$$\eta_1\eta_2\eta_3\ldots\eta_n = \frac{nR_{\text{и}}}{R_{P1}R_{P2}R_{P3}\ldots R_{Pn}} = \frac{nR_{\text{и}}}{R_{\text{ТП}}} = \eta_{\text{ТП}}. \tag{5}$$

Следовательно, показатель полной эффективности технологии перевозки равен произведению эффективности работы всех технологических процессов, входящих в ее состав. Таким образом, справедливы следующие выводы: наиболее эффективным является применение применения того или иного варианта перевозки с наименьшим числом технологических операций; целесообразным

является выполнение перевозок с применением средств укрупнения малых партий грузов, обеспечивающих упрощение технологических схем грузопереработки и сокращение перегрузочных операций при равенстве используемых ресурсов.

Подобная интерпретация технологии перевозки и структуры перевозочного процесса позволяет использовать для соизмерения разнородных ресурсов общий показатель их расходования — тонно-операции. Анализ значений η_{Pi} и $\sum R_{Pi}$ позволяет методически обосновать необходимое минимальное количество ресурсов, составляющих совокупность технологии перевозки, а значит и повысить эффективность перевозочного процесса.

В качестве примера рассмотренного подхода выполним расчет количества тонно-операций для различных вариантов организации перевозки. В табл. 1 приведен расчет следования сборной партии груза через железнодорожную грузовую станцию, в табл. 2, аналогичный расчет, при условии, что груз минует железнодорожную грузовую станцию (см. рис. 1–3).

Таблица 1

Количество тонно-операций при организации перевозки через железнодорожную грузовую станцию

Объекты перегрузки	Количество тонно-операций				
	Морской порт (морской контейнерный терминал)	Железнодорожный контейнерный терминал	Железнодорожная грузовая станция	Склад получателя	Сумма (тонно-операций)
8 ед. ТШГ	24	0	24	8	56
Один контейнер	3	25	24	8	60
Два модуля	8	0	34	8	50

Примечания:
1. Средняя загрузка большегрузного контейнера 12 т или восемь укрупненных на паллетах грузовых мест.
2. Средняя загрузка модуля 6 т или четыре укрупненных на паллетах грузовых места.

Таблица 2

Количество тонно-операций при организации перевозки минуя железнодорожную грузовую станцию

Объекты перегрузки	Количество тонно-операций				
	Морской порт (морской контейнерный терминал)	Железнодорожный контейнерный терминал	Железнодорожная грузовая станция	Склад получателя	Сумма (тонно-операций)
8 ед. ТШГ	24	0	0	8	32
Один контейнер	3	25	0	8	36
Два модуля	8	0	0	8	16

Примечания:
1. Средняя загрузка большегрузного контейнера 12 т, или восемь укрупненных на паллетах грузовых мест.
2. Средняя загрузка модуля 6 т или четыре укрупненных на паллетах грузовых места.

Заключение (Conclusion)

Как видно из выполненного исследования, перенос основной тяжести тонно-операций по перегрузке сборных грузов в торно-штучном виде с территории морского порта на железнодорожные контейнерные терминалы (грузовые станции) путем организации перевозок таких грузов в большегрузных контейнерах не нашел отражения в сокращении общего количества тонно-операций. Решению этой проблемы призвано способствовать внедрение новых средств укрупнения — внутритранспортных модулей, способных максимально приблизить перегрузку тарно-штучных грузов к складам грузополучателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кириченко А. В.* Перевозка экспортно-импортных грузов. Организация логистических систем / А. В. Кириченко. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2004. — 506 с.

2. *Кузнецов А. Л.* Классификация и функциональное моделирование эшелонированных контейнерных терминалов / А. Л. Кузнецов, А. В. Кириченко, А. А. Давыденко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 6 (34). — С. 7–16. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-6-7-16.

3. *Изотов О. А.* Роль транспортно-логистических кластеров в формировании контейнерных коридоров перевозок сборных грузов / О. А. Изотов, А. Л. Кузнецов, Д. Л. Головцов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2020. — № 2. — С. 127–136. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-2-127-136.

4. *Кузнецов А. Л.* Морская контейнерная транспортно-технологическая система: монография / А. Л. Кузнецов, А. В. Кириченко, А. А. Давыденко. — СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2017. — 320 с.

5. *Изотов О. А.* Технологические решения для организации отправок сборных грузов посредством контейнерных транспортно-технологических систем / О. А. Изотов, А. В. Кириченко, А. Л. Кузнецов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 4. — С. 609–620. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-609-620.

6. *Изотов О. А.* Процессы формирования сборных контейнерных партий груза / О. А. Изотов, Ю. И. Васильев, О. А. Ражев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 2. — С. 252–261. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-2-252-261.

7. *Изотов О. А.* Перспективы экспедирования морских контейнерных перевозок / О. А. Изотов, А. Л. Кузнецов, А. В. Гультяев // Транспортное дело России. — 2019. — № 4. — С. 130–133.

8. *Изотов О. А.* Перспективы развития технологий перевозки сборных грузов в контейнерах / О. А. Изотов, А. Л. Кузнецов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2020. — № 1. — С. 140–148. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-1-140-148.

9. *Кузнецов А. Л.* Имитационное моделирование в задачах анализа операций в морских портах / А. Л. Кузнецов, А. В. Кириченко, В. Н. Щербакова-Слюсаренко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 2. — С. 259–274. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-259-274.

10. *Изотов О. А.* Оценка требуемых технологических ресурсов путем статистического моделирования / О. А. Изотов, А. В. Гультяев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 3. — С. 497–506. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-497-50.

11. *Морис У. Т.* Наука об управлении. Байесовский подход / У. Т. Морис. — М.: Мир, 1971. — 304 с.

12. *Lv B.* Operational optimization of transit consolidation in multimodal transport / B. Lv, B. Yang, X. Zhu, J. Li // Computers & Industrial Engineering. — 2019. — Vol. 129. — Pp. 454–464. DOI: 10.1016/j.cie.2019.02.001.

13. *Kuzmicz K. A*. Approaches to empty container repositioning problems in the context of Eurasian intermodal transportation / K. A. Kuzmicz, E. Pesch // Omega. — 2019. — Vol. 85. — Pp. 194–213. DOI: 10.1016/j.omega.2018.06.004.

14. *Almetova Z.* Optimization of delivery lot volumes in terminal complexes / Z. Almetova, V. Shepelev, S. Shepelev // Transportation Research Procedia. — 2017. — Vol. 27. — Pp. 396–403. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.12.020.

15. *Lee C. Y.* Ocean container transport in global supply chains: Overview and research opportunities / C. Y. Lee, D. P. Song // Transportation Research Part B: Methodological. — 2017. — Vol. 95. — Pp. 442–474. DOI: 10.1016/j.trb.2016.05.001.

16. *Yin M.* Quantity discount pricing for container transportation services by shipping lines / M. Yin, K. H. Kim // Computers & Industrial Engineering. — 2012. — Vol. 63. — Is. 1. — Pp. 313–322. DOI: 10.1016/j.cie.2012.03.008.

17. *Vural C. A.* Value co-creation in maritime logistics networks: A service triad perspective / C. A. Vural, A. Göçer, Á. Halldórsson // Transport policy. — 2019. — Vol. 84. — Pp. 27–39. DOI: 10.1016/j.tranpol.2018.12.017.

REFERENCES

1. Kirichenko, A. V. *Perevozka eksportno-importnykh gruzov. Organizatsiya logisticheskikh sistem*. 2nd edition. SPb.: Piter, 2004.

2. Kuznetsov, Aleksandr Lvovich, Aleksandr Viktorovich Kirichenko, and Aleksandr Aleksandrovich Davydenko. "Classification and functional modeling of echeloned container terminals." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 6(34) (2015): 7–16. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-6-7-16.

3. Izotov, Oleg Albertovich, Alexander Lvovich Kuznetsov, and Dmitriy Lvovich Golovtsov. "Role of transport and logistics clusters in creating container corridors for groupage cargo transportation." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technologies* 2 (2020): 127–136. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-2-127-136.

4. Kuznetsov, A. L., A. V. Kirichenko, and A. A. Davydenko. *Morskaya konteinernaya transportno-tekhnologicheskaya sistema: monografiya*. SPb.: Izd-vo MANEB, 2017.

5. Izotov, Oleg A., Aleksandr V. Kirichenko, and Aleksandr L. Kuznetsov. "Technological solutions for cargoes shipment through the container transport and technological systems." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.4 (2019): 609–620. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-609-620.

6. Izotov, Oleg A., Yuri I. Vasiliev, and Oleg A. Razhev. "Processes for forming groupage container consignments." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 12.2 (2020): 252–261. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-2-252-261.

7. Izotov, O., A. Kuznetsov, and A. Gultyaev. "The prospects for freight forwarding container shipping." *Transport business of Russia* 4 (2019): 130–133.

8. Izotov, Oleg Albertovich, and Alexander Lvovich Kuznetsov. "Development prospects of technologies of grouped cargo containerization." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technologies* 1 (2020): 140–148. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-1-140-148.

9. Kuznetsov, Aleksandr L., Aleksandr V. Kirichenko, and Victoria N. Shcherbakova-Slyusarenko. "Simulation in the tasks of sea port operational analyses." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.2 (2018): 259–274. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-259-274.

10. Izotov, Oleg A., and Alexander V. Gultyaev. "Assessment of required technological resources by statistical simulation." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.3 (2018): 497–506. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-497-50.

11. Morris, William T. *Management Science: A Bayesian Introduction*. 1st Edition. Prentice Hall, 1968.

12. Lv, Bowen, Bin Yang, Xiaolin Zhu, and Jun Li. "Operational optimization of transit consolidation in multimodal transport." *Computers & Industrial Engineering* 129 (2019): 454–464. DOI: 10.1016/j.cie.2019.02.001.

13. Kuzmicz, Katarzyna Anna, and Erwin Pesch. "Approaches to empty container repositioning problems in the context of Eurasian intermodal transportation." *Omega* 85 (2019): 194–213. DOI: 10.1016/j.omega.2018.06.004.

14. Almetova, Zlata, Vladimir Shepelev, and Sergey Shepelev. "Optimization of Delivery Lot Volumes in Terminal Complexes." *Transportation Research Procedia* 27 (2017): 396–403. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.12.020.

15. Lee, Chung-Yee, and Dong-Ping Song. "Ocean container transport in global supply chains: Overview and research opportunities." *Transportation Research Part B: Methodological* 95 (2017): 442–474. DOI: 10.1016/ j.trb.2016.05.001.

16. Yin, Ming, and Kap Hwan Kim. "Quantity discount pricing for container transportation services by shipping lines." *Computers & Industrial Engineering* 63.1 (2012): 313–322. DOI: 10.1016/j.cie.2012.03.008.

17. Vural, Ceren Altuntaş, Aysu Göçer, and Árni Halldórsson. "Value co-creation in maritime logistics networks: A service triad perspective." *Transport Policy* 84 (2019): 27–39. DOI: 10.1016/j.tranpol.2018.12.017.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Изотов Олег Альбертович —
кандидат технических наук, доцент
Бороздин Егор Алексеевич — лаборант
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 AUTHORS

Izotov, Oleg A. —
PhD, associate professor
Borozdin, Yegor A. — Laboratory assistant
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 5 апреля 2021 г.
Received: April 5, 2021.