

DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1209-1216

## THE CALCULATION OF THE NUMBER OF BULK CONTAINERS IN THE ORGANIZATION OF TRANSSHIPMENT OF BULK CARGOES AT SPECIALIZED BERTH

**O. A. Izotov, A. V. Gulyaev**

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

*The possibility of using specialized bulk containers for handling of bulk cargo on the non-specialized berth on the direct and warehousing variant has been evaluated. The methodology for calculating the necessarily for intra-port mechanization and specialized containers for handling bulk cargo in conditions of berth reversibility for handling of non-traditional cargo was presented. Based on the general reason has been given in the statement, it is suggested that the solution of this time-consuming task has the number of solutions depending on the linear dimensions of the quay and the technical characteristics of the handling equipment. This reveals the possibility of applying traditional regulatory recommendations for the calculation of the number of the park technological equipment and personnel involved in warehouse and cordon operations. These elements of the technological chain of movement of cargo from the rear zone are among the most expensive to implement the proposed scheme of work. It is shown that inaccurate calculation can lead both to non-rational expenses for the purchase of equipment and to economic risks associated with disruptions in the operation of the terminal's transport infrastructure. The authors propose the analytical technique for the operational calculation of resource requirements for warehouse operations, which based on the refined method for assessing the performance of warehousing equipment. The method assumes the analysis and comparison of a single technological cycle of machines for intra-port mechanization when working on different options. Based on the presented methodology, we also consider the calculation of the total number of containers required for the handling of a given cargo flow. The obtained numerical dependencies and the conclusions formed on their basis allow us to draw the main conclusion that the construction of a processing system on non-specialized berths of bulk cargo requires more details, taking into consideration the probabilistic multifactor character of the processes and one of the research directions in the port operating conditions under consideration.*

*Keywords: transshipment terminal, technology overload, container transportation, bulk cargoes, container terminal.*

**For citation:**

Izotov, Oleg A., and Alexander V. Gulyaev. "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 imeni admirala S. O. Makarova* 9.6 (2017): 1209–1216. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1209-1216.

**УДК 656.029.4**

## РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА НАСЫПНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВАЛКИ НАВАЛОЧНЫХ ГРУЗОВ НА НЕСПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ПРИЧАЛЕ

**О. А. Изотов, А. В. Гультяев**

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

*Произведена оценка возможности применения специализированных насыпных контейнеров для перегрузки навалочных грузов на неспециализированном причале по прямому и складскому варианту. Представлена методика расчета потребности внутривпортовой механизации и специализированных контейнеров для перегрузки навалочных грузов в условиях обратимости причала для перегрузки не традиционных для него грузов. В качестве гипотезы выдвинуто предположение о том, что задача имеет ряд решений, за-*

висящих от линейных размеров причала и технических характеристик перегрузочного оборудования. Это выявляет возможность применения традиционных нормативных рекомендаций по расчету численности парка технологического оборудования и персонала, вовлеченного в складские и кордонные операции. Данные элементы технологической цепочки перемещения груза из тыловой зоны являются одними из самых затратных для осуществления предложенной схемы работ. Показано, что оптимизационная численная постановка задачи ведет к снижению нерациональных затрат на закупку оборудования, а также к уменьшению рисков, связанных со сбоями работы транспортной инфраструктуры терминала. Предложена аналитическая методика оперативного расчета потребности в ресурсах для складских операций, в основе которых находится уточненный метод оценки производительности складывающего оборудования. Этот метод предполагает анализ и сопоставление единичного технологического цикла машин внутривортовой механизации при работе по различным вариантам. На основе представленной методики рассматривается также расчет общего потребного количества контейнеров для перегрузки заданного грузопотока. Полученные численные зависимости и сформированные на их основе выводы позволяют сделать общий вывод о том, что построение системы переработки на неспециализированных причалах навалочных грузов требует большей детализации, учитывающей вероятностный многофакторный характер процессов, и является одним из направлений исследований в рассматриваемых условиях работы портов.

*Ключевые слова:* перегрузочный терминал, технологии перегрузки, контейнерные перевозки, навалочные грузы, контейнерный терминал.

**Для цитирования:**

Изотов О. А. Расчет количества насыпных контейнеров при организации перевалки навалочных грузов на неспециализированном причале / О. А. Изотов, А. В. Гульятев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 6. — С. 1209–1216. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1209-1216.

### Введение

Вопросы перевозки навалочных грузов, в том числе с использованием контейнеров и вагонных кузовов при погрузочных операциях, как и производства погрузочно-разгрузочных работ с навалочными грузами на неспециализированных причалах, являются объектом изучения ряда отечественных и зарубежных исследователей [1] – [3], однако единых рекомендаций по проведению оперативных технологических расчетов пока не существует. В условиях мирового экономического кризиса наблюдается неуклонный рост объема отгрузок навалочных грузов, в частности, минеральных удобрений, из портов Балтийского региона. При этом количество специализированных терминалов, обеспечивающих высокопроизводительную перегрузку рассматриваемых грузов, не так уж и велико. Для освоения нетрадиционного для них грузопотока порты региона вынуждены переориентировать часть неспециализированных причалов и мощностей на работу по новым технологиям [4] – [6]. Так, например, технология перевалки, применяемая «Смарт Балк терминалом» — рис. 1, разработана на основе опыта работы портов Австралии, которые предложили перевалку насыпных грузов с использованием специализированных насыпных контейнеров, обеспечивающих складирование грузов и высокие темпы перегрузки удобрений на морские суда [7], [8].



Рис. 1. Специализированный насыпной контейнер для складирования и перегрузки навалочных грузов

Общая схема работы такова: перевалка навалочных грузов из вагонов в суда производится путем загрузки специализированных контейнеров, транспортировки их к мобильному (универсальному) крану со специальным автоматизированным захватным устройством и высыпания содержимого контейнеров в трюм судна. При этом контейнеры могут использоваться как элементы склада, что позволяет накапливать судовые партии различных грузов и обеспечивает их сохранность.

### Методы и материалы

Выполненное исследование показало, что первичной задачей в общей цепочке моделирования работы неспециализированного причала является расчет потребного количества контейнеров, обеспечивающего непрерывную подачу груза под загрузку судна. Решение этой задачи позволит перейти к планированию общей схемы размещения объектов технологического процесса, расчету производительности и пропускной возможности таких объектов, а также вместимости грузовых площадок под контейнеры [9] – [11].

Известен метод оценки пропускной способности причала по формуле

$$П_{сут} = \frac{Q_c}{t_{гр} + t_{всп}}, \quad (1)$$

где  $Q_c$  — загрузка судна, т;  $t_{всп}$  — время на вспомогательные операции, сут;  $t_{гр}$  — время, отводимое на грузовые операции, сут,  $t_{гр} = Q_c / N$  ( $N$  — интенсивность обработки судна, т/сут (конт./сут)),

$$N = m \cdot P^{кр}, \quad (2)$$

где  $m$  — количество механизированных линий, обслуживающих перегрузку грузов;  $P^{кр}$  — производительность крановой установки, т/сут (конт./сут),

$$P^{кр} = \sum T_{см} \cdot \frac{3600}{T_{ц}^{кр}} \cdot G_{гр}^{конт}, \quad (3)$$

где  $T_{см}$  — продолжительность рабочего времени в течение суток, ч;  $T_{ц}^{кр}$  — время цикла крана на обработку одного контейнера, с;  $G_{гр}^{конт}$  — средняя загрузка одного специализированного контейнера, т.

Можно сделать вывод о том, что количество циклов, совершенных краном за час перегрузочных работ, будет равно количеству контейнеров ( $K_{конт/ч}$ ), которое за тот же промежуток времени необходимо подать на причал для бесперебойной перегрузки грузов:

$$K_{конт/ч} = \frac{3600}{T_{ц}^{кр}}. \quad (4)$$

Далее при организации прямой перегрузки можно было бы рассчитать время цикла работы внутрипортового транспорта по обеспечению подачи контейнеров под загрузку на пункт перевалки с железнодорожного транспорта, а затем к борту судна, а также количество потребных транспортных средств для этой операции. Однако режим работы железнодорожного транспорта, в частности, такая его операция, как подача / уборка вагонов, не позволяет исключить из данной схемы складскую операцию (рис. 2).

### Результаты

Как видно из рис. 2, время цикла внутрипортовых транспортных средств, работающих по различным вариантам работ, будет неодинаково. Так, наибольшим будет время работ по прямому варианту ( $T_{ц. внутр. трансп.}^{пр. вар-т}$ ). При отсутствии вагонов внутрипортовый транспорт будет работать по варианту склад-судно ( $T_{ц. внутр. трансп.}^{скл. - судно}$ ), а при отсутствии судна восполнит складские запасы по варианту вагон – склад ( $T_{ц. внутр. трансп.}^{ваг - скл}$ ).

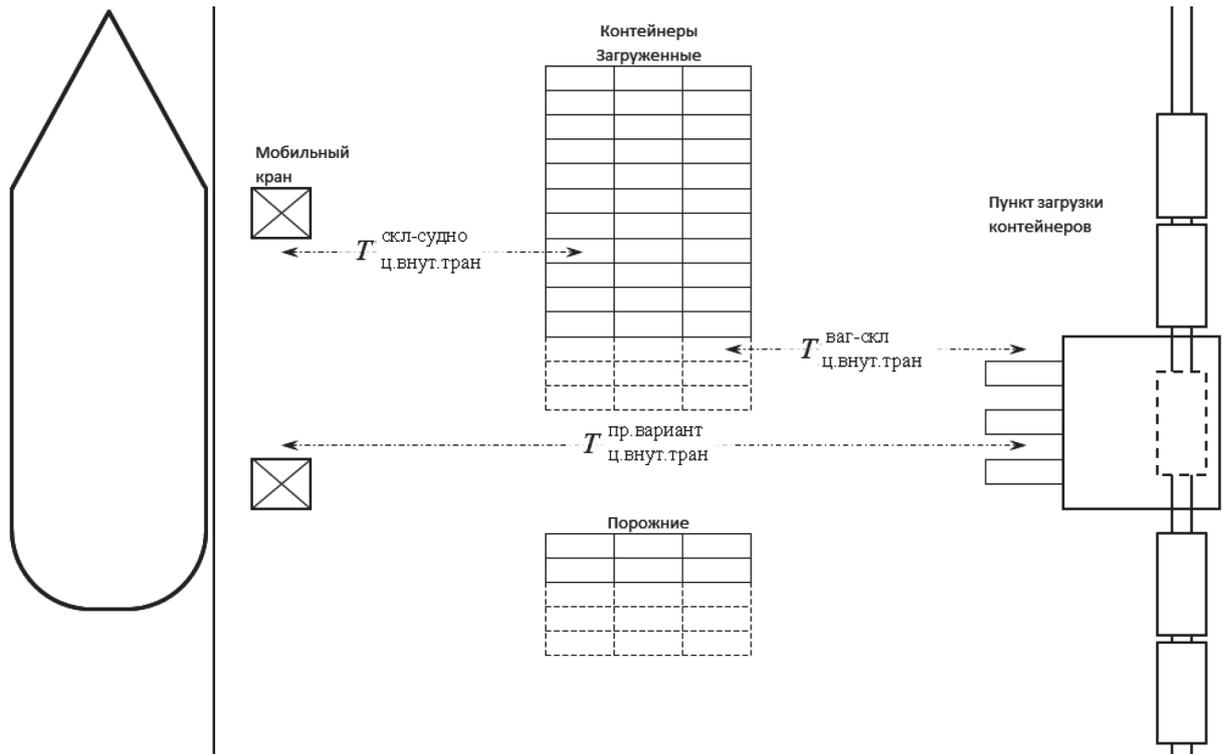


Рис. 2. Общая схема рассматриваемого полигона (планировка причала при перегрузке навалочных грузов с применением специализированных контейнеров)

Тогда расчет необходимого количества внутрипортовой механизации может быть выполнен по формуле

$$M_{\text{внутр. трансп}}^{\text{пр. вар-т}} = \frac{P^{\text{кр}}}{P_{\text{пр. вар-т}}}, \quad (5)$$

где  $M_{\text{внутр. трансп}}^{\text{пр. вар-т}}$  — количество внутрипортовой механизации, необходимой для организации работ по прямому варианту;  $P_{\text{внутр. трансп}}^{\text{пр. вар-т}}$  — производительность единицы внутрипортового транспорта при работе по прямому варианту, конт./сут,

$$P_{\text{внутр. трансп}}^{\text{пр. вар-т}} = \sum T_c \cdot \frac{3600}{T_{\text{ц. внутр. трансп}}^{\text{пр. вар-т}}} \cdot K_{\text{конт}}^{\text{цикл}}, \quad (6)$$

где  $K_{\text{конт}}^{\text{цикл}}$  — количество контейнеров, перевозимых внутрипортовым транспортом за цикл, ед.

Так как производительность единицы внутрипортового транспорта при работе по варианту *склад – судно* ( $P_{\text{вн. трансп}}^{\text{скл-судно}}$ ) меньше, чем по прямому варианту ( $P_{\text{вн. трансп}}^{\text{пр. вар-т}}$ ), при отсутствии вагонов часть механизации будет высвобождаться, что не влияет на расчет потребности в контейнерах.

Необходимо отметить, что пропускная способность причала и общее количество контейнеров ( $K_{\text{конт}}$ ), необходимых для бесперебойной обработки судна, имеют разную направленность, но при этом не противоречат друг другу [12], [13]:

$$\begin{cases} \Pi_{\text{сут}} \rightarrow \min; \\ K_{\text{конт}} \rightarrow \max. \end{cases} \quad (7)$$

Безусловно, оптимальным явился бы прямой вариант обработки грузов, когда пропускная способность причала была бы равна пропускной способности пункта перегрузки груза из железнодорожных вагонов в контейнеры ( $\Pi_{\text{пункта загр. конт}}$ ):

$$\Pi_{\text{сут}} \approx \Pi_{\text{пункта загр. конт}} \quad (8)$$

Однако, поскольку по ряду указанных ранее причин это невозможно, для сглаживания неритмичности подачи контейнеров под выгрузку необходимо предусмотреть буферный склад для временного хранения загруженных контейнеров [14], [15]. Для определения вместимости склада, а значит и расчета количества одновременно принимаемых для хранения контейнеров, необходимо определить среднюю продолжительность одного перерыва в подаче вагонов на пункт загрузки контейнеров ( $T_{\text{пер. подачи ваг.}}$ ) и количество таких перерывов ( $n_{\text{пер}}$ ) за время грузовой обработки судна ( $t_{\text{гр}}$ ). Тогда емкость склада в контейнерах можно выразить следующим образом:

$$E_{\text{скл}}^{\text{конт}} = \frac{\Pi_{\text{скл}}^{\text{конт}}}{t_{\text{хр}}^{\text{конт}}} = \frac{\Pi_{\text{скл}}^{\text{конт}}}{t_{\text{гр}} - (T_{\text{пер. подачи ваг.}} \cdot n_{\text{пер}})}, \quad (9)$$

где  $\Pi_{\text{скл}}^{\text{конт}}$  — пропускная способность склада, конт./сут.

Если выразить пропускную способность склада через время цикла складского контейнерного перегружателя, получим

$$\Pi_{\text{скл}}^{\text{конт}} = \frac{3600}{T_{\text{ц. перег}}^{\text{скл}}} \cdot K_{\text{контр}}^{\text{перег}}, \quad (10)$$

$$E_{\text{скл}}^{\text{конт}} = \frac{(24 - (T_{\text{пер. подачи ваг.}} \cdot n_{\text{пер}})) \cdot \left(\frac{3600}{T_{\text{ц. перег}}^{\text{скл}}} \cdot K_{\text{контр}}^{\text{перег}}\right)}{24} \cdot t_{\text{гр}}. \quad (11)$$

где  $T_{\text{ц. перег}}^{\text{скл}}$  — время цикла складского контейнерного перегружателя, с;  $K_{\text{контр}}^{\text{перег}}$  — количество одновременно перегружаемых складским перегружателем контейнеров, ед.

При отсутствии возможности организации прямого варианта обработки вагонов, емкость склада должна соответствовать грузоподъемности судна:

$$E_{\text{скл}}^{\text{конт}} \cdot G_{\text{гр}}^{\text{конт}} = Q_{\text{с}}. \quad (12)$$

Условие бесперебойной обработки судна можно выразить через сопоставление времени цикла оборудования, включенного в одну технологическую линию:

$$T_{\text{ц}}^{\text{кр}} = T_{\text{ц. перег}}^{\text{скл}}. \quad (13)$$

Таким образом, на момент начала обработки судна, требуемое количество контейнеров можно рассчитать как сумму:

$$K_{\text{конт}} = E_{\text{скл}}^{\text{конт}} + K_{\text{конт}}^{\text{пр. вар-т}} \cdot m, \quad (14)$$

где  $K_{\text{конт}}^{\text{пр. вар-т}}$  — количество контейнеров, подаваемых к борту судна по прямому варианту, ед.;  $m$  — количество механизированных линий, обслуживающих перегрузку грузов:

$$K_{\text{конт}}^{\text{пр. вар-т}} = M_{\text{внутр. трансп}}^{\text{пр. вар-т}} \cdot K_{\text{конт}}^{\text{цикл}}. \quad (15)$$

В данном случае при работе по прямому варианту учитывается возможность оборота контейнера и его дальнейшего использования после высвобождения от груза.

### Обсуждение

Снижение времени цикла оборудования по вариантам работ, таких как  $T_{\text{ц. внутр. трансп}}^{\text{ваг. - скл}}$  и  $T_{\text{ц. внутр. трансп}}^{\text{пр. вар-т}}$ , потребует как минимум сокращения расстояния подвоза груза на причал ( $L$ ). Анализ моделей показывает справедливость следующих зависимостей:

– с увеличением плеча подвоза увеличивается время цикла и количество оборудования, участвующего в подвозе контейнеров, так как необходимо обеспечить производительность крана, осуществляющего погрузку и норму обработки судна [16] – [18];

– с ростом интенсивности обработки судна (пропускной способности причала), без изменения плеча подвоза, увеличивается количество оборудования, участвующего в подвозе контейнеров по прямому варианту, и общее потребное количество контейнеров, при этом емкость буферного склада остается неизменной (рис. 3);

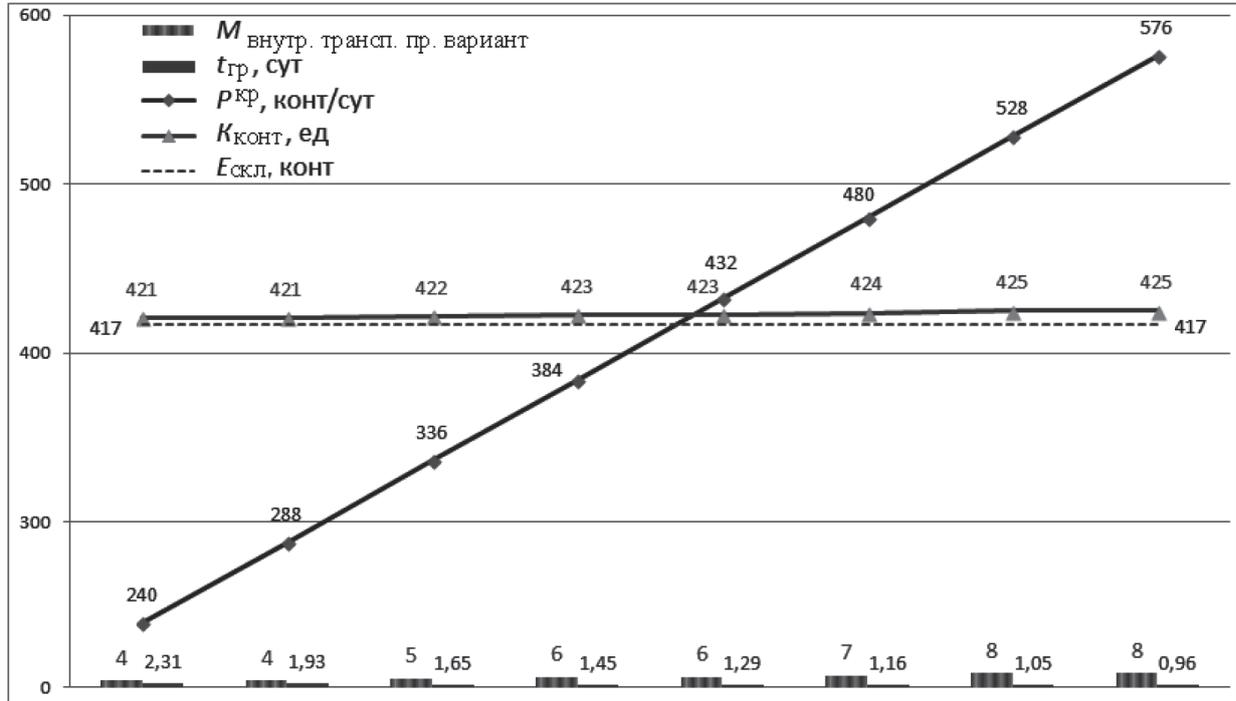


Рис. 3. Зависимость времени обработки судна грузоподъемностью 10000 т от интенсивности обработки судна и расчет емкости склада (в контейнерах) при  $L = \text{const}$

– с сокращением расстояния подвоза груза, т. е. размещением склада на причале, произойдет затаривание фронтальной зоны причала, что может негативно сказаться на возможности обратимости причала, т. е. привести к невозможности обработки на данном причале традиционных для него грузов.

Таким образом, принятие рассмотренных технологических решений определяет возможность исключения универсального предназначения причала.

### Заключение

Полученные модели позволяют ставить и решать оптимизационную задачу по определению потребности в насыпных контейнерах при различных технологических режимах. Однако полученные численные зависимости показывают, что построение рационально функционирующей в условиях изменяющейся обстановки системы переработки навалочных грузов требует большей детализации, учитывающей вероятностный многофакторный характер процессов и является одним из дальнейших направлений исследований в рассматриваемых условиях работы портов. Аналитические модели могут достоверно отображать лишь условно стационарную ситуацию, а дальнейшее исследование, направленное на получение прогнозных значений, целесообразно проводить, опираясь на методы имитационного моделирования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головизнин А. Перевалка сухих минеральных удобрений через морские порты России. Результаты 2015. Проблемы и тренды // «Логистика химического рынка России – ChemoLogic 2016», 21 апреля 2016 г. [Электронный ресурс] / А. Головизнин. — Режим доступа: <http://www.morproekt.ru/publikatsii/989-perevalka>

sukhikh-mineralnykh-udobrenij-cherez-morskije-porty-rossii-rezultaty-2015-problemy-i-trendy.html (дата обращения: 02.10.2017).

2. Bansal T. K. Effect of concrete / T. K. Bansal, M. Sigh, R.B.L. Bed // *Irans. SAEST*. — 1988. — Vol. 23. — № 2 – 3. — Pp. 279–283.

3. Setter N. Mechanical features of chemical shrinkage of cement paste / N. Setter, D. M. Roy // *Cement and Concrete Research*. — 1978. — Vol. 8. — Is. 5. — Pp. 623–634. DOI: 10.1016/0008-8846(78)90045-5.

4. Martin J. The development of generic training material for portworkers in the Dry Bulk Sector: Terminal structures and employment arrangements / J. Martin, H. S. Bang, S. Martin // *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. — 2011. — Vol. 27. — Is. 1. — Pp. 31–60. DOI: 10.1016/S2092-5212(11)80002-7.

5. Galvão C. B. The Brazilian seaport system: A post-1990 institutional and economic review / C. B. Galvão, L. T. Robles, L. C. Guerise // *Research in Transportation Business & Management*. — 2013. — Vol. 8. — Pp. 17–29. DOI: 10.1016/j.rtbm.2013.06.006.

6. Кузнецов А. Л. Расчет вместимости портового склада с учетом неравномерности работы смежного транспорта / А. Л. Кузнецов, В. А. Погодин, Я. Б. Спасский // *Эксплуатация морского транспорта*. — 2010. — № 4. — С. 3–9.

7. Скоробогатов В. А. Минеральные удобрения. Перегрузка на портовых терминалах: Справочное пособие / В. А. Скоробогатов. — Таллинн: AS DBT, 2009. — 603 с.

8. Тимошин А. А. Комплексная механизация и автоматизация погрузо-разгрузочных работ / А. А. Тимошин. — М.: Маршрут, 2003. — 400 с.

9. Гультаев А. В. Перспективы освоения экспорта минеральных удобрений портами России (статья на англ. языке) / А. В. Гультаев // *Материалы XV Международной научно-практической конференции «Логистика: современные тенденции развития»: сб. ст. по итогам работы секции «Современные тенденции мировой и отечественной логистики»*. — СПб.: ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2016. — С. 40–43.

10. Bandara Y. M. Improving logistics management using foldable/collapsible containers: a case study / Y. M. Bandara, V. Garaniya, C. Chin, Z. H. Leong // *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. — 2015. — Vol. 31. — Is. 1. — Pp. 161–185. DOI:10.1016/j.ajsl.2015.03.007.

11. Schepler X. Global planning in a multi-terminal and multi-modal maritime container port / X. Schepler, S. Balev, S. Michel, É. Sanlaville // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. — 2017. — Vol. 100. — Pp. 38–62. DOI: 10.1016/j.tre.2016.12.002.

12. 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.

13. Изотов О. А. Организация и технология перегрузочного процесса: учеб.-метод. пособие / О. А. Изотов, А. В. Кириченко, А. Ю. Дьячков, В. А. Никитин. — СПб.: Морской технический колледж, 2015. — Ч. 1. — 518 с.

14. Todd D. Changing technology, economic growth and port development: the transformation of Tianjin / D. Todd // *Geoforum*. — 1994. — Vol. 25. — Is. 3. — Pp. 285–303. DOI: 10.1016/0016-7185(94)90032-9.

15. Park M. 10: International trade / M. Park // *The Fertilizer Industry*. — 2001. — Pp. 10–16.

16. Hoyle B. Inter-port competition in developing countries: an East African case study / B. Hoyle, J. Charlier // *Journal of Transport Geography*. — 1995. — Vol. 3. — Is. 2. — Pp. 87–103. DOI: 10.1016/0966-6923(94)00007-C.

17. Li C. Railway Dry Bulk Container Transport Volume Forecast Method Research / C. Li, J. Lua, J. Liang // *Energy Procedia*. — 2012. — Vol. 17. — Part A. — Pp. 555–560. DOI: 10.1016/j.egypro.2012.02.135.

18. Boumans G. Chapter 5: Unloading and Loading Equipment / G. Boumans // *Developments in Agricultural Engineering*. — 1985. — Vol. 4. — Pp. 207–293.

## REFERENCES

1. Goloviznin, A. “Perevalka sukhikh mineral’nykh udobrenii cherez morskije porty Rossii. Rezul’taty 2015. Problemy i trendy.” *«Logistika khimicheskogo rynka Rossii – ChemoLogic 2016»*, 21 aprelya 2016 g. Web. 2 Oct. 2017 <<http://www.morproekt.ru/publikatsii/989-perevalka-sukhikh-mineralnykh-udobrenij-cherez-morskije-porty-rossii-rezultaty-2015-problemy-i-trendy.html>>.

2. Bansal, T. K., M. Sigh, and R.B.L. Bed. “Effect of concrete.” *Irans. SAEST* 23.2-3 (1988): 279–283.

3. Setter, N., and Della M. Roy. “Mechanical features of chemical shrinkage of cement paste.” *Cement and Concrete Research* 8.5 (1978): 623–634. DOI: 10.1016/0008-8846(78)90045-5.

4. Martin, Jeffrey, Hee-Seok Bang, and Sally Martin. "The development of generic training material for port-workers in the Dry Bulk Sector: Terminal structures and employment arrangements." *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 27.1 (2011): 31–60. DOI: 10.1016/S2092-5212(11)80002-7.
5. Galvão, Cassia Bömer, Leo Tadeu Robles, and Luciana Cardoso Guerise. "The Brazilian seaport system: A post-1990 institutional and economic review." *Research in Transportation Business & Management* 8 (2013): 17–29. DOI: 10.1016/j.rtbm.2013.06.006.
6. Kuznetsov, A.L., V.A. Pogogin, and Y.B. Spasskiy. "Storage capacity calculation taking into account the irregularity of land transport operations." *Eksploatatsiya morskogo transporta* 4 (2010): 3–9.
7. Skorobogatov, V.A. *Mineral'nye udobreniya. Peregruzka na portovykh terminalakh: Spravochnoe posobie*. Tallinn: AS DBT, 2009.
8. Timoshin, A. A. *Kompleksnaya mekhanizatsiya i avtomatizatsiya pogruzo-razgruzochnykh rabot*. M: Marshrut, 2003.
9. Gul'tyaev, A. V. "Perspektivy osvoeniya eksporta mineral'nykh udobrenii portami Rossii." *Materialy XV mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Logistika: sovremennye tendentsii razvitiya» - Sbornik statei po itogam raboty sektsii «Sovremennye tendentsii mirovoi i otechestvennoi logistiki»*. SPb.: GUMRF im. adm. S.O. Makarova, 2016: 40–43.
10. Bandara, Y. M., V. Garaniya, C. Chin, and Z. H. Leong. "Improving logistics management using foldable/collapsible containers: a case study." *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 31.1 (2015): 161–185. DOI:10.1016/j.ajsl.2015.03.007.
11. Schepler, X., S. Balev, S. Michel, and É. Sanlaville. "Global planning in a multi-terminal and multi-modal maritime container port." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 100 (2017): 38–62. DOI: 10.1016/j.tre.2016.12.002.
12. 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.
13. Izotov, O. A., A. V. Kirichenko, A. Yu. D'yachkov, and V. A. Nikitin. *Organizatsiya i tekhnologiya peregruzochnogo protsessa: Uchebno-metodicheskoe posobie*. SPb: Morskoj tekhnicheskii kolledzh, 2015. Part 1.
14. Todd, Daniel. "Changing technology, economic growth and port development: the transformation of Tianjin." *Geoforum* 25.3 (1994): 285–303. DOI: 10.1016/0016-7185(94)90032-9.
15. Park, M. "10: International trade." *The Fertilizer Industry* (2001): 10–16.
16. Hoyle, Brian, and Jacques Charlier. "Inter-port competition in developing countries: an East African case study." *Journal of Transport Geography* 3.2 (1995): 87–103. DOI: 10.1016/0966-6923(94)00007-C.
17. Li, Changhong, Jing Lua, and Jing Liang. "Railway Dry Bulk Container Transport Volume Forecast Method Research." *Energy Procedia* 17 (2012): 555–560. DOI: 10.1016/j.egypro.2012.02.135.
18. Boumans, G. "Chapter 5: Unloading and Loading Equipment." *Developments in Agricultural Engineering* 4 (1985): 207–293.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

**Гультяев Александр Вадимович** — аспирант  
*Научный руководитель:*  
Изотов Олег Альбертович  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»  
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7  
e-mail: alex\_gulyaev@inbox.ru, kaf\_pgt@gumrf.ru

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Izotov, Oleg A.** — PhD, associate professor  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation  
e-mail: izotovoa@gumrf.ru

**Gulyaev, Alexander V.** — Postgraduate Supervisor:  
Izotov, Oleg A.  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation  
e-mail: alex\_gulyaev@inbox.ru, kaf\_pgt@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 6 октября 2017 г.  
Received: October 6, 2017.