

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛАХ

В.Д. Шепелев, Л.А. Зверев, З.В. Альметова, О.В. Гераскина

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

В статье рассматриваются основные процессы, происходящие на автомобильно-железнодорожном контейнерном терминале. Выделяются основные хозяйствующие субъекты автомобильно-железнодорожного сообщения, в числе которых: владелец железнодорожной инфраструктуры, оператор железнодорожного подвижного состава, контейнерный терминал и автоперевозчик. Предлагается методика определения оптимальных параметров работы терминальных комплексов, в основе которой лежит минимизация затрат участников перевозочного процесса. Устанавливается необходимость пересмотра критериев оптимизации расчета оптимального количества погрузочно-разгрузочных механизмов, с учетом затрат за сверхнормативный простой автомобильных транспортных средств под погрузкой (выгрузкой), свыше планового времени выполнения работ и затрат в связи с простоем железнодорожного подвижного состава на путях общего пользования в ожидании операций погрузки (выгрузки). Рассматриваемая методика предполагает, что прибытие контейнеров представляет собой случайный поток событий, а весь комплекс технических средств терминала является каналом обслуживания. Также входящий поток контейнеров классифицируется, исходя из весовых характеристик. Результаты исследования показывают, что при расчетах оптимального количества погрузочно-разгрузочных механизмов целесообразно учитывать расходы, связанные с непроизводительными простоями подвижного состава, а дополнительное время, затрачиваемое на расконсолидацию груза, а также возможность доставки легковесных контейнеров парами, значительно сказывается на показателях переработки входящего потока контейнеров на терминале.

Ключевые слова: операторы железнодорожных перевозок, подвижной состав, контейнерные перевозки, оптимизация, погрузочно-разгрузочные механизмы (ПРМ), транспортные средства, автотранспорт, целевая функция, параметры контейнерных терминалов, терминальные комплексы.

Введение

В цепочке добавленной стоимости значительную часть составляют затраты на логистику. В среднем на предприятиях расходы на транспортное обслуживание находятся в интервале 5–35 % в зависимости от таких факторов, как объем выпускаемой продукции, географическое расположение, используемый ресурс, тип бизнеса и т. д. Поэтому перед предприятиями, осуществляющими транспортные услуги, стоят задачи развития передовых логистических технологий, внедрения современных технических средств и методов перевозок с целью снижения транспортных издержек. Тенденция к географическому перемещению производства с мест зарождения промышленности на Восток [1] привела к развитию интермодальных транспортных систем.

Движение грузов укрупненными грузовыми единицами, в контейнерах, облегчает интеграционные процессы транспортных систем и упрощает взаимодействие автомобильного и железнодорожного транспорта, тем самым ускоряя и удешевляя процесс транспортировки. Развитие сети контейнерных терминалов на территории России в полной мере отвечает целям и задачам Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года [2].

Создание интермодальной транспортной цепочки ведет за собой целый ряд вопросов стратегического, тактического и оперативного уровня планирования и управления операциями [3–5]. Более того, в сравнении с другими областями исследований, область взаимодействия видов транспорта остается менее изученной и во многих случаях отсутствуют общепринятые методики и установки [6–8].

Одним из резервов снижения затрат в области контейнерных перевозок является оптимизация взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта в транспортных узлах [9, 10]. Вопросам, уделяющим внимание тактическому и оперативному планированию операций на сухопутных контейнерных терминалах, посвящено много трудов. Большинство исследований, посвященных эксплуатации терминальных мощностей, заключаются в минимизации затрат по обработке контейнеров и эффективном использовании складских помещений [3]. Ряд ранних исследований способствовал пониманию проблем, связанных с распределением пространства. В работах [11, 12] были проанализированы основные свойства, связанные с обработкой контейнеров на складах. Проблемы сокращения расходов и оптимизации технологических параметров, путем определения

мест хранения контейнеров решались в [13]. Задачами распределения и диспетчеризации погрузо-разгрузочных машин занимались в работах [14, 15]. Решения сводятся, как правило, к минимуму общего пробега, общего времени ожидания или общих задержек оборудования. Также отметим работу Садовской О.Л. [16], в которой были предложены обоснованные рекомендации по совершенствованию оперативного планирования и управления работой погрузочно-разгрузочных средств по переработке крупнотоннажных контейнеров на контейнерной площадке, позволяющие снизить простой автомобильного транспорта при переработке контейнеров.

Методы исследования

В настоящей работе объектом изучения выбран контейнерный терминал станции Челябинск Грузовой. В результате проведенных статистических исследований замечено, что средняя численность некоторых состояний в течение рабочего дня подвержена значительным колебаниям. В некоторый момент времени на контейнерной площадке может возникнуть большое скопление подвижного состава, ожидающего выполнения технологических операций. Малопрогнозируемый подход как автомобильного, так и железнодорожного транспорта сказывается на режиме работы всего контейнерного пункта, что вызывает значительные затраты, связанные с простоями в ожидании. Представив контейнерную площадку терминала как систему, в которую поступает поток контейнеров на переработку (погрузки в вагон или в автомобиль, а так же выгрузку из вагона или автомобиля), можно выделить основные производственные ресурсы, ограничивающие перерабатывающую способность: емкость контейнерной площадки, производительность погрузочно-разгрузочных механизмов (ПРМ), вместимость погрузочно-разгрузочных путей, количество автомобильного транспорта.

Таким образом, было принято решение для определения оптимального количества транспортных и погрузо-разгрузочных средств использовать взаимообусловленный подход, широко распространенный среди отечественных и зарубежных ученых. Была сделана попытка развить данный подход, включив неучтенные ранее факторы.

Предыдущие исследования не предоставили возможности научно обосновать оптимальное количество ПРМ с учетом производительности переработки разного типа контейнеров. Это выразилось в том, что основу технического комплекса контейнерного терминала в период создания и развития контейнерной транспортной системы в СССР составляли козловые краны грузоподъемностью 20–24 тонны на захвате, в то время как количество контейнеров длиной 40 футов с максимальной массой брутто 30–48 тонн увеличивается на сети [17]. В этих условиях коэффициент использо-

вания грузоподъемности ПРМ имел максимальное приближение к единице, что привело к их низкой надежности работы. Вместе с тем, при расчете времени на переработку контейнеров на терминале следует учитывать, что технические характеристики автотранспорта в большинстве не позволяют принимать к перевозке контейнера массой брутто свыше 24 т из-за ограничений на грузоподъемность и максимальную нагрузку на ось [18]. Тем самым прибывшие на станцию груженые контейнеры требуют расконсолидации груза для доставки его автотранспортом до склада получателя. В то же время порожние, либо груженые легковесными грузами 20-футовые контейнеры в адрес одного грузоотправителя или грузополучателя могут быть доставлены парами одним транспортным средством. Таким образом, производительность парка машин напрямую зависит от весовых характеристик контейнеров.

Изучение статистических данных работы терминала позволяет выделить основную тенденцию поступления контейнеров с учетом их весовых характеристик (рис. 1).

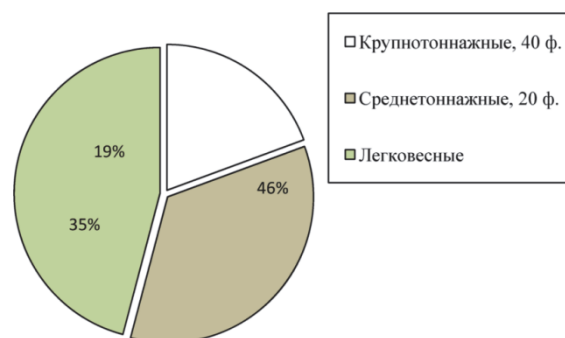


Рис. 1. Соотношение прибывших контейнеров

Помимо этого случайным является время прибытия или завоза контейнеров на терминал. Процесс прибытия груженых контейнеров от грузоотправителя на станцию имеет случайный характер в силу того, что зависит от целого ряда факторов, в том числе от даты заключения торговых контрактов, готовности груза к отправке, наличия товара на складе покупателя, от сезонности перевозок, а на морских терминалах еще и от погоды в портах отправления и назначения, оказывающей непосредственное влияние на подход судна и работу порта. Завоз груженых контейнеров автотранспортом на терминал не подлежит точному расчету из-за невозможности просчитать дату загрузки контейнера каждым конкретным отправителем. По мере готовности груза к отправке отправитель заказывает необходимый контейнер у собственника последнего или нанимает экспедитора, который организует данную перевозку. Но сама дата отправки в любом случае остается случайной (рис. 2).

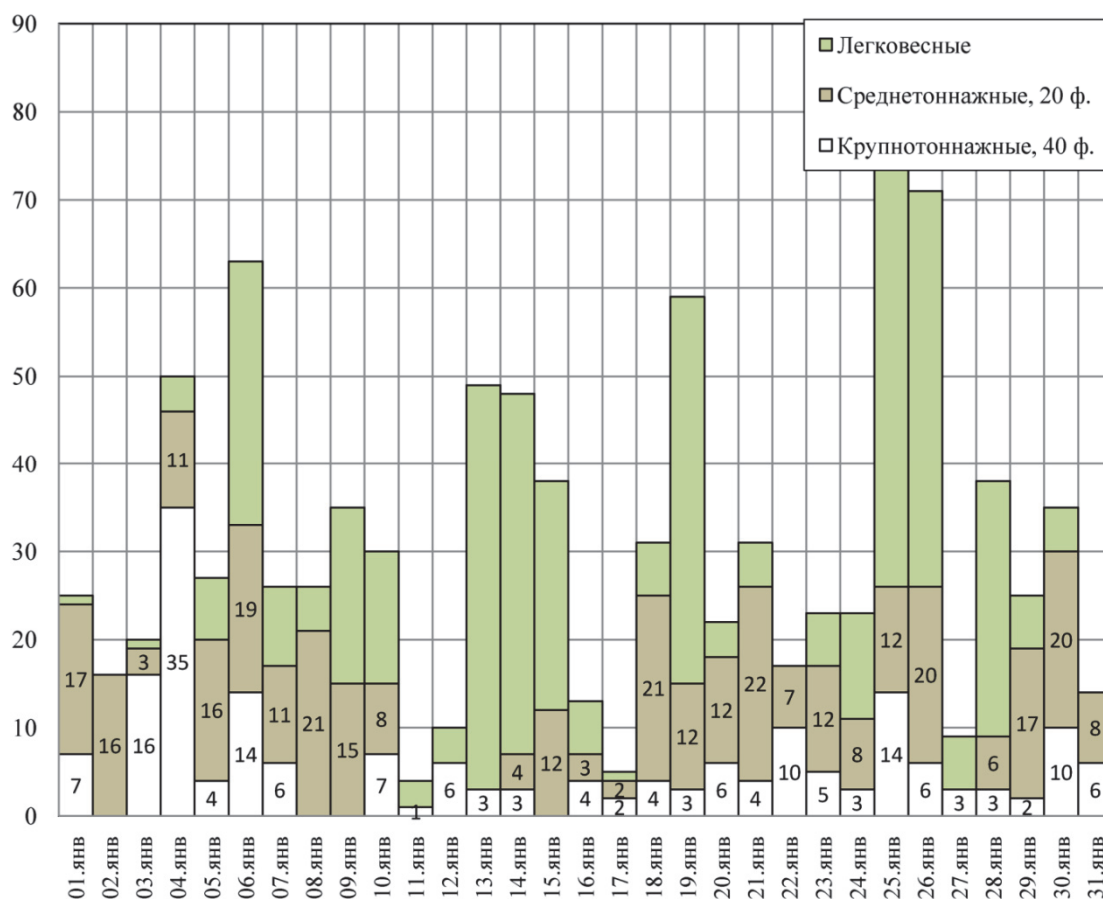


Рис. 2. Месячная неравномерность прибытия контейнеров

Для учета неравномерности прибытия контейнеропотока использованы методы теории массового обслуживания (ТМО). ТМО имеет дело со случайными величинами, которые в значительной мере присутствуют в работе любой контейнерной площадки [20]. Так, например, случайной является масса груза в контейнере, поднимаемом ПРМ. Неопределенным заранее остается и тип контейнера, который понадобится грузоотправителю, будет это 20 фут. или 40 фут. контейнер, остается неизвестным до момента подачи заявки на погрузку контейнера. На каждой контейнерной площадке имеются все содержательные моменты моделей ТОМ: источник заявок, входящий поток требований, канал обслуживания, очередь в ожидании процесса, простой канала в ожидании поступления заявки [17].

При определении параметров погрузочно-разгрузочных комплексов, как правило, используются затратные критерии оптимизации, однако анализ научных работ показывает, что не в полной мере учитываются особенности формирования затрат на выполнение погрузочно-разгрузочных операций и потери владельцев транспортных средств в связи с простоем под данными операциями или ожиданием их выполнения, а именно

потери операторов железнодорожного подвижного состава в связи с простоем транспортных средств в ожидании выполнения погрузо-разгрузочных операций. В этом случае владельцем инфраструктуры взимается плата за каждый контейнер за каждый час простоя на путях общего пользования [19].

Расчет оптимального количества погрузочно-разгрузочных средств (n), при которых обеспечиваются минимальные совокупные затраты на работу и непроизводительные простои погрузочно-разгрузочных комплексов и потери перевозчиков в связи с простоем подвижного состава под соответствующими операциями C_{nm} :

$$C_{nm} = C_{nm}^A + C_{nm}^{RW} + C_{nm}^{CD} + C_{nm}^{CW} \rightarrow \min,$$

где C_{nm}^A – затраты за сверхнормативный простой автомобильных транспортных средств под погрузкой (выгрузкой) свыше планового времени выполнения работ, руб.; C_{nm}^{RW} – затраты в связи с простоем железнодорожного подвижного состава на путях общего пользования в ожидании операций погрузки (выгрузки), руб.; C_{nm}^{CW} – затраты на эксплуатацию одной ПРМ за весь период работы, руб.; C_{nm}^{CD} – затраты в связи с вынужденным простоем каждого ПРМ в период отсутствия транспортных средств за весь период простоя, руб.

Как было сказано выше, исследование функционирования рассматриваемых систем осуществлялось методами теории массового обслуживания, которая характеризуется двумя параметрами: параметром входящего потока заявок на обслуживание и параметром обслуживания. Тот и другой параметры являются случайными в зависимости от закона распределения и структуры самой системы исследования и параметров ее функционирования. Так как под каналом обслуживания понимается весь комплекс технических средств, представленных на конкретной контейнерной площадке, то за входящий поток требований примем число контейнеров, завезенных на контейнерную площадку, а также погруженных на железнодорожный подвижной состав или выгруженных с него на площадку погрузочно-разгрузочными машинами. Случайная величина входящего потока контейнеров распределена по закону Пуассона.

Таким образом, затраты за сверхнормативный простой автомобильных транспортных средств под погрузкой (выгрузкой) свыше планового времени выполнения работ, C_{nm}^A :

$$C_{nm}^A = t_{lt}(n) \cdot Q_c \cdot C_h,$$

где $t_{lt}(n)$ – среднее время ожидания автомобилем начала технологических операций, которое рассчитывается по формулам ТМО для одноканальных систем с ожиданием (М/М/1/м); Q_c – количество заявок, требующих обслуживания автотранспортом; C_h – стоимость 1 часа простоя автомобиля.

$$Q_c = 2k_1 + k_2 + \frac{1}{2}k_3 + Q,$$

где k_1 – количество крупнотоннажных контейнеров (FEU); k_2 – количество среднетоннажных контейнеров (TEU); k_3 – количество легковесных контейнеров; Q – количество заявок, оставшихся с предыдущих суток.

$$C_{nm}^{RW} = N_w \cdot C_{rw},$$

где N_w – количество железнодорожного подвижного состава, которое система не в состоянии обслужить

$$C_{rw} = \frac{e_r \cdot (1+r) k_c \cdot L_r}{365 \cdot 24 \cdot 1000},$$

где e_r – расходная ставка на содержание и амортизацию 1 км станционных путей за год, руб; L_r – протяженность станционных путей, занимаемых одной единицей железнодорожного подвижного состава, м; k_c – коэффициент занятия станционных путей для отстоя вагонов; r – коэффициент рентабельности.

$$C_{nm}^{CW} = P_w C_w n T;$$

$$C_{nm}^{CD} = C_d P_0 \sum_{n=0}^{n-1} \frac{(k-n) \left(\frac{\rho}{\mu}\right)^n}{n!},$$

где P_w – вероятность того что ПРМ занят в работе; P_0 – вероятность того, что ПРМ свободен; C_w , C_d – соответственно стоимость часа работы ПРМ и стоимость часа простоя.

В результате колебания отдельных составляющих оборота автомобиля будет изменяться и количество рейсов, которые может выполнить

один автомобиль в течение смены. Среднее время оборота автомобиля, если продолжительность выгрузки, движения с грузом описываются нормальным законом распределения с заданными параметрами:

$$Z(n) = \frac{k_a T}{t_{lt}(n) + t_l + t_m^0 + t_m^c + t_{un} + t_{unt}},$$

где t_l – время простоя автомобиля под погрузкой; t_m^c – время, затрачиваемое автомобилем на движение с грузом (с учетом средней технической скорости движения по городу); t_m^0 – время, затрачиваемое автомобилем на движение в порожнем состоянии (с учетом средней технической скорости движения по городу); t_{un} – время на выгрузку автомобиля; t_{unt} – время ожидания выгрузки; k_a – коэффициент использования автомобиля по времени (0,94); T – продолжительность рабочей смены:

$$t_{unt} = \frac{\rho t_{un} (\gamma^2 + \gamma_0^2)}{2(1-\rho)},$$

где ρ – уровень загрузки механизмов; γ – коэффициент вариации интервалов прибытия автомобилей; γ_0 – коэффициент вариации времени обслуживания транспортной единицы.

Результаты

Стоит отметить, что оптимальное расчетное количество ПРМ не всегда может быть реализовано на практике в связи с наличием ограничений на одновременное размещение максимально допустимого количества разгрузочных средств на одном посту. В расчетах предполагается, что расположение фронтов погрузки-выгрузки и их длина допускают одновременную работу нескольких ПРМ, а уборка железнодорожного подвижного состава осуществляется в ночное время суток, не влияя на интенсивность работы ПРМ.

Практические исследования показали, что системы массового обслуживания имеют хорошие параметры функционирования при соотношении λ/μ существенно меньше единицы, что хорошо видно из графика (рис. 3).

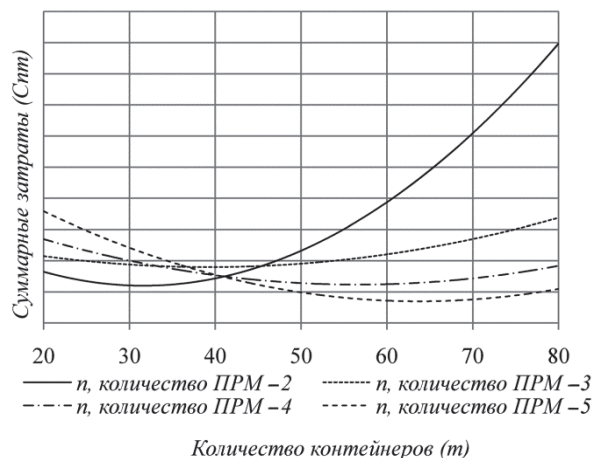


Рис. 3. Комплексные затраты, связанные с погрузо-разгрузочными работами и простоем подвижного состава в зависимости от количества обрабатываемых контейнеров

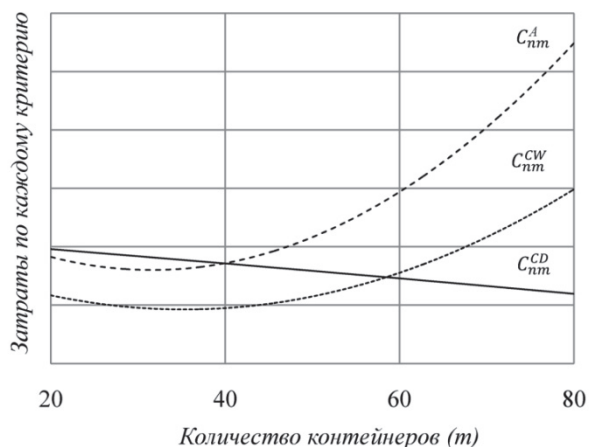


Рис. 4. График изменения затрат при n, количестве ПРМ – 2

При этом необходимо учесть две ситуации, возникающие при изменении числа входящего потока заявок:

- число заявок слишком велико – в этом случае говорят о большом времени ожидания или о недостаточном объеме обслуживающего оборудования;
- на контейнерную площадку поступает недостаточное число заявок, что приводит к увеличению времени простоя оборудования или его избытку.

В рамках исследования найдено среднесуточное количество контейнеров m_0 , прибывающих на терминал. В ходе сравнения вариантов (рис. 4) установлено, что наименьшие суммарные затраты при заданном среднем количестве прибывающих контейнеров m_0 достигаются при $n = 2$ ед.

Увеличение n числа погрузо-разгрузочных средств позволяет снизить потери в связи с простоями транспортных средств C_{nm}^A, C_{nm}^{RW} , но появятся потери в связи с вынужденным простоем ПРМ C_{nm}^{CD} , что приводит к росту суммарных затрат C_{nm} (см. рис. 4).

Заключение

Таким образом, в соответствии с проведенным анализом исследований по проблеме эффективности использования технических средств на контейнерных терминалах было установлено, что практически все исследования в области оптимизации затрат были произведены без учета весовых характеристик контейнеров. Дополнительное время, затрачиваемое на расконсолидацию груза, а также возможность доставки легких контейнеров парами влияет на время переработки входящего потока заявок в систему. Кроме того, не полностью отражены расходы, связанные с простоем подвижного состава обоих видов транспорта, что не давало основания для определения оптимальной перерабатывающей способности контейнерного пункта. Разработанная методика позволяет выработать управленческие решения, направленные

на повышение эффективности контейнерных терминалов, а также сократить капиталовложения в их техническое развитие.

Разработанная модель взаимодействия участников перевозочного процесса сможет снизить потери, связанные с избыточным увеличением норм рабочего парка и коэффициента порожнего пробега, а также сократить сроки доставки груза. С точки зрения владельца инфраструктуры и перевозчика, это позволит эффективно использовать имеющиеся пропускные способности железнодорожной сети и планировать их развитие. Операторам подвижного состава модель даст возможность оптимизировать расходы и доходы. Для грузоотправителей это повлечет за собой снижение затрат на перевозку, сокращение сроков доставки грузов и повышение качества транспортного обслуживания.

Литература

1. Islam, D.M.Z. Barriers to and enablers for European rail freight transport for integrated door-to-door logistics service. Part 1: barriers to multimodal rail freight transport / D.M.Z. Islam // *Transport Problems*. – 2014. – V. 9, Iss. 3. – P. 43–56.
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 № 1734-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации».
3. Caris, A. Planning Problems in Intermodal Freight Transport: Accomplishments and Prospects / A. Caris, C. Macharis, G.K. Janssens. – Belgium: *Transportation Planning and Technology*, 2008. DOI: 10.1080/03081060802086397
4. Integrated Decision Support Tool for Intermodal Freight Transport / E. Pekin, A. Caris, T. Crépin, C. Macharis, B. Jourquin, G. Janssens // *Nectar Cluster Meeting on Freight Transport and Intermodality*. – 2008. – <http://hdl.handle.net/1942/8352>.
5. Tsamboulas, D. Assessment of a Transport Policy Potential for Intermodal Mode Shift on a European Scale / D. Tsamboulas, H. Vrenken and A. Lekka // *Transportation Research. Part A: Policy and Practice*. – 2007. – V. 41, Iss. 8. – P. 715–733. DOI: 10.1016/j.tra.2006.12.003
6. Crainic, T.D. Intermodal Transportation / T.D. Crainic, K.H. Kim // *Transportation*. – 2005. – V. 14. – P. 467–537.
7. Hassall, K. Freight Exposure and How to Measure it / K. Hassall // *Proceedings of the TRANSLU'08*. – Bucharest, Romania, 2008.
8. Hopp, W. *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management* / W. Hopp, M. Spearman. – 2nd ed. – McGraw-Hill, Boston, 2001.
9. Marinov, M. Rail and Multimodal Freight: A Problem-Oriented Survey (Part II-1) / M. Marinov // *Transport Problems*. – 2009. – V. 4, no. 2. – P. 73–83.
10. Bontekoning, Y.M. Is a new applied transportation research field emerging? – A review of intermodal rail-truck freight transport literature / Y.M.

Bontekoning, C. Macharis, J.J. Trip // Transportation Research. Part A: Policy and Practice. – 2004. – V. 38, Iss. 1. – P. 1–34. DOI: 10.1016/j.tra.2003.06.001

11. *Taleb-Ibrahimi, M. Storage Space vs Handling Work in Container Terminals / M. Taleb-Ibrahimi, B. Castilho, C.F. Daganzo // Transportation Research. Part B: Methodology. – 1993. – V. 27, Iss. 1. – P. 13–32. DOI: 10.1016/0191-2615(93)90009-Y*

12. *Kim, K.H. Evaluation of the Number of Rehandles in Container Yards / K.H. Kim // Computers & Industrial Engineering. – 1997. – V. 32, Iss. 4. – P. 701–711.*

13. *Kim, K.H. Dynamic Space Allocation for Temporary Storage / K.H. Kim, K.T. Park // International Journal of Systems Science. – 2003. – V. 34, Iss. 1. – P. 11–20. DOI: 10.1080/0020772031000115533*

14. *Bish, E.K. A Multiple-Crane-Constrained Scheduling Problem in a Container Terminal / E.K. Bish // European Journal of Operational Research. – 2003. – V. 144, Iss. 1. – P. 83–107. DOI: 10.1016/S0377-2217(01)00382-4*

15. *Kim, K.H. A Dispatching Method for Automated Guided Vehicles to Minimize Delay of Container Operations / K.H. Kim and J.W. Bae // International Journal of Management Science. – 1999. – V. 5, Iss. 1. – P. 1–25.*

16. *Садовская, О.Л. Совершенствование оперативного планирования и управления грузовым автомобильным транспортом и погрузочно-разгрузочными работами на контейнерных пунктах: дис. ... канд. техн. наук: 08.00.05 / Садовская Ольга Леонидовна. – М., 1984. – 153 с.*

17. *Мамонтов, И.Ю. Организация функционирования технического комплекса контейнерного терминала на основе оптимизации парка перегрузочных средств / И.Ю. Мамонтов. – М., 2013.*

18. *Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2011 № 272 «Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом».*

19. *Постановление ФЭК России от 19 июня 2002 № 35/12 «Об утверждении Правил применения ставок платы за пользование вагонами и контейнерами федерального железнодорожного транспорта (Тарифное руководство № 2)».*

20. *Островский, А.М. Взаимодействие операторских компаний с промышленными предприятиями и железной дорогой / А.М. Островский, М.Г. Дружинина, А.А. Кузьмина // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 2. – С. 61–63.*

Шепелев Владимир Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автомобильный транспорт», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), shepelevvd@susu.ru

Зверев Леонид Алексеевич, аспирант, направление подготовки 23.06.01 «Техника и технологии наземного транспорта», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), zverevla94@gmail.com

Альметова Злата Викторовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автомобильный транспорт», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), almetovazv@susu.ru

Гераскина Ольга Владимировна, студент, направление подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), geraskina-1996@mail.ru

Поступила в редакцию 15 апреля 2018 г.

DOI: 10.14529/em180222

OPTIMIZATION OF INTERACTION OF AUTOMOBILE AND RAILWAY TRANSPORT IN CONTAINER TERMINALS

V.D. Shepelev, L.A. Zverev, Z.V. Almetova, O.V. Geraskina

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The article describes the main processes taking place at the automobile-railway container terminal. The article highlights the main economic entities of automobile and railway communication, including the owner of the railway infrastructure, the operator of railway rolling stock, a container terminal and a road carrier. A method is proposed to determine the optimal working parameters of terminal

complexes, which is based on minimization of expenses of the transportation process participants. The need to revise the criteria for optimizing the calculation of the optimal number of loading and unloading mechanisms is determined, taking into account the expenses for excessive downtime of motor vehicles under loading (unloading), exceeding the planned execution time of the activities and costs regarding the idle time of railway rolling stock on the general use roads in waiting for the operations of loading (unloading). The method under consideration assumes that arrival of containers is a random flow of events, and the entire complex of the terminal's technical equipment is a channel of service. Also, the incoming flow of containers is classified based on the weight characteristics. Results of the research show that in the process of calculating the optimal number of loading and unloading mechanisms, it is advisable to take into account the expenses connected with unproductive downtime of the rolling stock, and the additional time spent on deconsolidation of cargo, as well as the possibility of delivering light-weight containers in pairs, significantly affects the handling performance of the incoming flow of containers at the terminal.

Keywords: operators of railroad transportations, rolling stock, container transportation, optimization, cargo handling equipment, transport vehicle, automobile transport, objective function, parameters of container terminals, terminal complexes.

References

1. Islam D.M.Z. Barriers to and enablers for European rail freight transport for integrated door-to-door logistics service. Part 1: barriers to multimodal rail freight transport. *Transport problems*, 2014, vol. 9, iss. 3. – P. 43–56.
2. *Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 22 noyabrya 2008 №1734-r "O Transportnoy strategii Rossiyskoy Federatsii"* [Order of the Government of the Russian Federation of November 22, 2008 No. 1734-r "On the Transport Strategy of the Russian Federation"].
3. Caris A., Macharis C., Janssens G.K. *Planning Problems in Intermodal Freight Transport: Accomplishments and Prospects*. Belgium, Transportation Planning and Technology, 2008. DOI: 10.1080/03081060802086397
4. Pekin E., Caris A., Crépin T., Macharis C., Jourquin B., Janssens G. Integrated Decision Support Tool for Intermodal Freight Transport. *Nectar Cluster Meeting on Freight Transport and Intermodality*, 2008. Available at: <http://hdl.handle.net/1942/8352>.
5. Tsamboulas D., Vrenken H. and Lekka A. Assessment of a Transport Policy Potential for Intermodal Mode Shift on a European Scale. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2007, vol. 41, iss. 8, pp. 715–733. DOI: 10.1016/j.tra.2006.12.003
6. Crainic T.D., Kim K.H. Intermodal Transportation. *Transportation*, 2005, vol. 14, pp. 467–537.
7. Hassall K. Freight Exposure and How to Measure it. *Proceedings of the TRANSLU'08*. Bucharest, Romania, 2008.
8. Hopp W. and Spearman M. *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. 2nd ed. McGraw-Hill, Boston, 2001.
9. Marinov M. Rail and Multimodal Freight: A Problem-Oriented Survey (Part II-1). *Transport Problems*, 2009, vol. 4, no. 2, pp. 73–83.
10. Bontekoning Y. M., Macharis C., Trip J.J. Is a new applied transportation research field emerging? – A review of intermodal rail-truck freight transport literature. *Transportation Research. Part A: Policy and Practice*, 2004, vol. 38, iss. 1, pp. 1–34. DOI: 10.1016/j.tra.2003.06.001
11. Taleb-Ibrahimi M., Castilho B. and Daganzo C.F. Storage Space vs Handling Work in Container Terminals. *Transportation Research. Part B: Methodology*, 1993, vol. 27, iss. 1, pp. 13–32. DOI: 10.1016/0191-2615(93)90009-Y
12. Kim K.H. Evaluation of the Number of Rehandles in Container Yards. *Computers & Industrial Engineering*, 1997, vol. 32, iss. 4, pp. 701–711.
13. Kim K.H. and Park K.T. Dynamic Space Allocation for Temporary Storage. *International Journal of Systems Science*, 2003, vol. 34, iss. 1, pp. 11–20. DOI: 10.1080/0020772031000115533
14. Bish E.K. A Multiple-Crane-Constrained Scheduling Problem in a Container Terminal. *European Journal of Operational Research*, 2003, vol. 144, iss. 1, pp. 83–107. DOI: 10.1016/S0377-2217(01)00382-4
15. Kim K.H. and Bae J.W. A Dispatching Method for Automated Guided Vehicles to Minimize Delay of Containership Operations. *International Journal of Management Science*, 1999, vol. 5, iss. 1, pp. 1–25.
16. Sadovskaya O.L. *Sovershenstvovanie operativnogo planirovaniya i upravleniya gruzovym avtomobil'nyim transportom i pogruzochno-razgruzochnymi rabotami na konteynernykh punktakh* [Improvement of operational planning and management of cargo road transport and loading and unloading operations at container points]. Cand. sci. diss. Moscow, 1984. 153 p.

17. Mamontov I.Yu. *Organizatsiya funktsionirovaniya tekhnicheskogo kompleksa konteynernogo terminala na osnove optimizatsii parka peregruzochnykh sredstv* [Organization of the functioning of the technical complex of the container terminal on the basis of optimization of the fleet of transshipment facilities]. Moscow, 2013.

18. *Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 15 aprelya 2011 № 272 "Ob utverzhdenii Pravil perevozok gruzov avtomobil'nym transportom"* [Decree of the Government of the Russian Federation of April 15, 2011 No. 272 "On Approval of the Rules for the Carriage of Goods by Road"]

19. *Postanovlenie FEK Rossii ot 19 iyunya 2002 № 35/12 "Ob utverzhdenii Pravil primeneniya stavok platy za pol'zovanie vagonami i konteynerami federal'nogo zheleznodorozhnogo transporta (Tarifnoe rukovodstvo № 2)"* [Resolution of the Federal Energy Commission of Russia of June 19, 2002 No. 35/12 "On approval of the Rules for the application of rates for the use of wagons and containers of the federal railway transport (Tariff Guide No. 2)"]

20. Ostrovskiy A.M., Druzhinina M.G., Kuz'mina A.A. Vzaimodeystvie operatorskikh kompaniy s promyshlennymi predpriyatiyami i zheleznoy dorogoy [Interaction of the operator companies with industrial enterprises and the railway]. *Zheleznodorozhnyy transport* [Russian Railways], 2011, no. 2, pp. 61–63.

Vladimir D. Shepelev, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Automobile Transport Department, South Ural State University, Chelyabinsk, shepelevvd@susu.ru

Leonid A. Zverev, postgraduate student, specialization 23.06.01 "Equipment and technology of land-based transport", South Ural State University, Chelyabinsk, zverevla94@gmail.com

Zlata V. Almetova, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Automobile Transport Department, South Ural State University, Chelyabinsk, almetovavz@susu.ru

Olga V. Geraskina, student, specialization 23.03.01 "Technology of transport processes", South Ural State University, Chelyabinsk, geraskina-1996@mail.ru

Received April 15, 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Оптимизация взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта в контейнерных терминалах / В.Д. Шепелев, Л.А. Зверев, З.В. Альметова, О.В. Гераскина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2018. – Т. 12, № 2. – С. 185–192. DOI: 10.14529/em180222

FOR CITATION

Shepelev V.D., Zverev L.A., Almetova Z.V., Geraskina O.V. Optimization of Interaction of Automobile and Railway Transport in Container Terminals. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2018, vol. 12, no. 2, pp. 185–192. (in Russ.). DOI: 10.14529/em180222