



АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Научная статья

УДК 629.463.6:621.642:658.7

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-2-170-178

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



КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРИ ПЕРЕВОЗКАХ МАССОВЫХ ГРУЗОВ

С. П. Вакуленко¹, М. В. Роменская¹✉,
К. А. Калинин¹, К. И. Шведин²

¹Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ))
Москва, Российская Федерация

²Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ)
Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. В условиях идущей опережающими темпами контейнеризации грузовых перевозок на железнодорожном транспорте становится все более актуальным вопрос поиска новых грузопотоков, пригодных к перевозке в контейнерах или в другой интермодальной транспортной таре на приемлемых условиях для перевозчика и грузоотправителя. Из-за фиксированного размера крупнотоннажного контейнера перевозка в нем не всегда отвечает запросам грузоотправителей по причинам неудовлетворительной грузоподъемности, объема кузова и тарифных условий. В статье исследуется вопрос технико-экономической эффективности использования железнодорожного транспорта при применении различных типов подвижного состава и соответствующих им логистических технологий в рамках поиска новых направлений контейнеризации грузопотоков.

Материалы и методы. На примере перевозок насыпных грузов, слабо подверженных контейнеризации, проведен анализ эффективности использования подвижного состава в зависимости от рода перевозимого насыпного груза (плотности груза). Для сравнения были взяты как распространенные типы подвижного состава (конвенционный и полувагон с повышенной нагрузкой на ось), так и достаточно редко используемые типы подвижного состава (сочлененный полувагон с повышенной нагрузкой на ось, съемный железнодорожный кузов, контейнеры open top и специализированный bulk-контейнер).

Результаты. Для каждого типа подвижного состава построены графики, показывающие эффективность использования потенциала железнодорожного транспорта, выраженную через объем перевозимого груза на погонный метр вагона и через использование полезного объема самого подвижного состава. Сравнение доказало, с одной стороны, очевидный тезис о лучшей приспособленности полувагонов к перевозкам насыпных грузов, а с другой стороны, показало существенное ухудшение условий перевозки насыпных грузов в крупнотоннажных контейнерах.

Обсуждение и заключение. Использование инновационной системы съемных железнодорожных кузовов демонстрирует средние показатели в общем ранге, что свидетельствует о достаточном потенциале для внедрения данной логистической технологии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: железнодорожный транспорт, подвижной состав, вагон, грузоподъемность, кузов, сменный кузов, съемный кузов, контейнер, контейнерные перевозки, логистика

Для цитирования: Вакуленко С.П., Роменская М.В., Калинин К.А., Шведин К.И. Комплексный анализ эффективности использования современного подвижного состава при перевозках массовых грузов // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2022. Т. 81, № 2. С. 170–178. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-2-170-178>.

✉ avantes7@yandex.ru (М. В. Роменская)

© Вакуленко С. П., Роменская М. В.,
Калинин К. А., Шведин К. И., 2022



AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN RAILWAY TRANSPORT

Original article

UDK 629.463.6:621.642:658.7

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-2-170-178

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



COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE MODERN ROLLING STOCK EFFICIENCY IN BULK CARGO TRANSPORTATION

Sergey P. Vakulenko¹, Mariya V. Romenskaya¹✉,
Kirill A. Kalinin¹, Konstantin I. Shvedin²

¹Russian University of Transport,
Moscow, Russian Federation

²Railway Research Institute,
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Under the conditions of increasing containerisation of railway freight traffic, the problem of finding new cargo flows suitable for transportation of freight containers or other types of intermodal freight containers on acceptable terms for both the carrier and the consignor is becoming increasingly important. Being of a fixed size, large-capacity containers can not always meet the demands of consignors due to insufficient carrying capacity, body volume and tariff conditions. The article examines the technical and economic efficiency of railway transport using various types of rolling stock and corresponding logistics technologies in the search for new areas for containerisation of cargo flows.

Materials and methods. Using bulk transportation, which is weakly subject to containerisation, as example, the authors carried out an analysis of the efficiency of rolling stock depending on the type of transported bulk freight (freight density). The comparison was performed both between common types of rolling stock (conventional and increased axle load gondola) and rather rarely used types of rolling stock (articulated gondola with increased axle load, demountable railway body, open top containers and specialised bulk containers).

Results. Graphs have been plotted showing the efficiency of using each type of rolling stock, expressed through the volume of transported freight per running meter of the car and through the use of the useful volume of the rolling stock itself. The comparison proved, firstly, the obvious thesis about the better suitability of gondola cars for the transportation of bulk freight, and secondly, it showed a significant deterioration in the bulk freight transportation conditions for large-capacity containers.

Discussion and conclusion. The innovative system of demountable railway bodies demonstrates average results in the overall ranking, which indicates sufficient potential for the implementation of this logistics technology.

KEYWORDS: railway transport, rolling stock, car, carrying capacity, body, swap body, demountable body, container, containerised shipment, logistics

For citation: Vakulenko S. P., Romenskaya M. V., Kalinin K. A., Shvedin K. I. Comprehensive analysis of the modern rolling stock efficiency in bulk cargo transportation. *Russian Railway Science Journal*. 2022;81(2):170-178. (In Russ.). <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-2-170-178>.

✉ avantes7@yandex.ru (M. V. Romenskaya)

Введение. Перевозки грузов в крупнотоннажных контейнерах на сети железных дорог ОАО «РЖД» находятся в стадии активного роста. Например, с 2015 по 2021 г. объемы перевозок контейнеров увеличились с 3 млн условных двадцатифутовых контейнеров (ДФЭ) [1] до 6,5 млн. На железнодорожном транспорте находят реализацию две ключевые тенденции последних десятилетий: переход на контейнерные отправки грузов, перевозимых в настоящее время в конвенциональном железнодорожном подвижном составе, а также индуцирование спроса на грузовые перевозки железнодорожным транспортом за счет повышения качества логистических услуг при использовании крупнотоннажных контейнеров. Вторая тенденция также реализуется в виде переключения на железнодорожный транспорт части грузопотоков, обслуживаемых в настоящее время автомобильным транспортом.

Контейнерный бизнес на железнодорожном транспорте развивается в парадигме обслуживания достаточно крупных (разовых или регулярных) грузопотоков во внутреннем или в экспортно-импортном сообщении. Контейнеризации подвергаются все новые и новые грузопотоки. По оценкам участников рынка транспортно-логистических услуг, перевозки в универсальных контейнерах были апробированы на примере практически всех видов грузов, которые по массогабаритным и физическим параметрам могут быть размещены в контейнере с упаковкой или без упаковки.

Контейнеры оказались наиболее удобным транспортным продуктом для грузоотправителей при обслуживании импортных перевозок товаров народного потребления, полуфабрикатов и других немассовых категорий грузов. Также активное применение контейнеров в смешанном железнодорожно-водном сообщении показывает удобство данной транспортной тары при необходимости использования нескольких видов транспорта. Определенную популярность контейнерные перевозки приобретают во внутрироссийском сообщении между крупнейшими городами на расстоянии свыше 3000 км. Однако из-за объективных причин технико-экономического характера ниша эффективного использования интермодальной транспортной тары на железнодорожном транспорте до настоящего момента заполнена не до конца. В эту нишу входят не только крупнотоннажные контейнеры, но и такие типы транспортной тары, как среднетоннажные контейнеры, сменные автомобильные кузова (континентальные контейнеры), съемные железнодорожные кузова и конрейлеры [2–7].

Постановка проблемы эффективности и универсальности подвижного состава в современных условиях. При выборе типа подвижного состава для перевозки груза во внутреннем или экспортно-

импортном сообщении грузоотправителями сравниваются следующие параметры:

- фактическая стоимость доставки груза, включая стоимость привлечения подвижного состава, тарифы за перевозку и все виды дополнительных сборов;
- наличие компетенций и оборудования для работы с каждым типом подвижного состава у грузоотправителя и грузополучателя;
- наличие (доступность) подвижного состава и срок его заадресации к месту погрузки;
- сохранность груза при перевозке.

Одним из объективных критериев, влияющих на привлекательность использования того или иного подвижного состава при перевозках с использованием инфраструктуры ОАО «РЖД», является эффективность использования возможностей железнодорожного транспорта по объему партии перевозимого груза (эффективность использования железнодорожного габарита) и по грузоподъемности вагонов (эффективность использования погонной нагрузки). Так как железнодорожный транспорт в сравнении с автомобильным имеет преимущество по этим параметрам, недоиспользование такого потенциала приводит к снижению общей эффективности перевозочного процесса. Эти параметры прямо или косвенно влияют на затраты грузоотправителей через тариф, стоимость привлечения вагонов и контейнеров, величину фактических затрат ОАО «РЖД» на перевозочную деятельность и другие факторы, а следовательно, и на предпочтения к использованию того или иного типа подвижного состава, и даже на общую привлекательность железнодорожного транспорта.

В реальных условиях работы железнодорожного транспорта из-за несбалансированности грузопотоков массовых грузов возникает интерес грузоотправителей к такой заведомо менее эффективной перевозочной технологии, как перевозка контейнеров в полувагонах [8–10]. Подобная тенденция показывает интерес транспортного рынка к появлению, с одной стороны, достаточно эффективного (вместительного) подвижного состава, а с другой стороны, владельцам подвижного состава хотелось бы иметь наиболее универсальный подвижной состав, пригодный для коммерческого использования в перевозках любых типов грузов. Как правило, эти требования взаимоисключающие, и необходим поиск компромиссных решений, которые удовлетворят всех участников перевозочного процесса, начиная от производителей вагонов и заканчивая стивидорными компаниями, обслуживающими грузопотоки в портах.

Усилия вагоностроительного сектора последние годы были направлены преимущественно в сторону повышения надежности вагонов, увеличения полезного объема кузовов и повышения грузоподъемности

(главным образом за счет повышения нагрузки на ось) [11] при достаточно консервативном подходе к конструкциям и использованию типоразмеров полувагонов, крытых вагонов, вагонов-хопперов и цистерн. Максимизировать полезность использования железнодорожного транспорта при контейнерных перевозках получилось путем перехода на длиннобазные фитинговые вагоны-платформы. Данную тенденцию в вагоностроении продолжит переход на трехосные тележки [12], что позволит еще более увеличить полезную погонную нагрузку и перевезти больший объем грузов тем же количеством поездов.

Сравнение эффективности использования различных типов подвижного состава при перевозках насыпных грузов. Проведем сравнение эффективности использования различных типов подвижного состава (и соответствующих им логистических схем) на примере сегмента, слабо охваченного контейнеризацией, — сегмента перевозки насыпных грузов. Такие грузы активно перевозятся во всех видах сообщений, и величина партии отправки колеблется от повагонной и групповой до регулярной маршрутизированной отправки.

При сравнении не будет рассматриваться тарифная составляющая, так как величина тарифа не всегда отражает фактическую эффективность перевозки для участников процесса. Для анализа приняты упомянутые выше параметры — длина кузова, грузоподъемность подвижного состава (для анализа эффективности использования погонной нагрузки) и габариты подвижного состава (для анализа эффективности использования железнодорожного габарита).

Для каждого типа грузового подвижного состава (вагонов и интермодальной транспортной тары) необходимо построить кривую зависимости (график) эффективности его использования при перевозке насыпных грузов разной плотности. Идеальным является такое состояние, при котором одновременно полностью используются как объем кузова, так и грузоподъемность подвижного состава. Соответственно, чем больше кузов и грузоподъемность, тем более универсальным является вагон или транспортная единица на нем, а следовательно, более эффективным является подвижной состав. Подвижной состав с малым размером кузова и конкурентоспособной грузоподъемностью может оказаться привлекательным только для перевозки грузов с большой плотностью, и наоборот: подвижной состав с большим объемом кузова и малой грузоподъемностью может быть эффективным и привлекателен для грузоотправителей только при перевозках легковесных грузов с меньшей плотностью.

Общий вид кривой эффективности использования подвижного состава в зависимости от рода перевозимого груза приведен на рис. 1.

Для дальнейшего исследования применимости различных типов транспортной тары в условиях внедрения современных технологий грузовых перевозок с использованием конвенциональной и интермодальной тары на примере перевозок насыпных грузов принимается: полувагон с нагрузкой на ось 23,5 т, открытый 20-футовый контейнер без крыши — open top (типы ICC, IC, ГОСТ Р 53350–2009 (ИСО 668:1995) «Контейнеры грузовые серии 1. Классификация, размеры и масса»), открытый 40-футовый контейнер open top (типы 1BBB, 1BB, 1B), специализированный bulk-контейнер для насыпных грузов (эквивалент типов ICC и IC), полувагон с повышенной допустимой нагрузкой на ось 25 т, сочлененный полувагон с нагрузкой на ось 25 т и модульный подвижной состав с применяемой технологией съемных кузовов (на примере разработок «Объединенной вагонной компании» — ОВК). Основные эксплуатационные характеристики данных типов вагонов и соответствующих им типов транспортной тары приведены в табл. 1. Рассмотренные типы тары и вагонов, применяемые для перевозки насыпных грузов с различной плотностью, исследуем по следующим количественным и качественным характеристикам:

- используемый объем кузова подвижного состава $\alpha V_{п.с.}^i, \text{M}^3$;

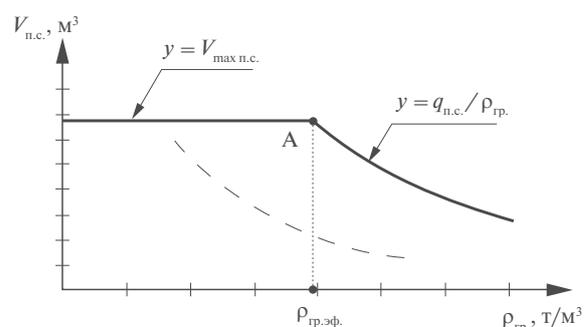


Рис. 1. Общий вид кривой эффективности использования подвижного состава в зависимости от рода перевозимого груза: $V_{\max \text{ п.с.}}$ — максимальный объем груза, принимаемый к перевозке в рассматриваемом типе подвижного состава, m^3 ; $\rho_{гр.}$ — плотность груза, принимаемого к перевозке, t/m^3 ; $\rho_{гр.эф.}$ — плотность груза, при которой обеспечивается предельная эффективность использования подвижного состава по объему и грузоподъемности, t/m^3 ; $q_{п.с.}$ — предельная нагрузка подвижного состава, t ; А — точка наиболее эффективного использования подвижного состава с максимальной нагрузкой по объему и массе перевозимого груза

Fig. 1. General view of the efficiency curve for the use of rolling stock depending on the type of trailing load: $V_{\max \text{ п.с.}}$ — maximum volume of freight accepted for transportation for the type of rolling stock under consideration, m^3 ; $\rho_{гр.}$ — density of freight accepted for transportation, t/m^3 ; $\rho_{гр.эф.}$ — load density ensuring peak efficiency of rolling stock utilisation in terms of volume and carrying capacity, t/m^3 ; $q_{п.с.}$ — maximum load of the rolling stock, t ; А — the point of the most efficient use of rolling stock with the maximum load in terms of volume and weight of the trailing load

Таблица 1

Исходные данные для анализа эффективности использования объема кузова подвижного состава

Table 1

Initial data for the analysis of the rolling stock body volume efficiency

Тип подвижного состава	Полезный объем кузова, м ³	Количество тары на единицу подвижного состава	Абсолютный объем кузова, м ³	Относительный объем кузова, м ³	Грузоподъемность, т	Длина (по осям авто-сцепок), м	Масса на погонный метр подвижного состава, т/м
Контейнер open top 20-футовый ICC, 1С	32,45	2	64,9	0,4160	43,12	14,62	2,95
Контейнер open top 40-футовый 1ВВВ,1ВВ,1В	66,7	1	66,7	0,4276	31,57	14,62	2,16
Контейнер bulk-cont 20-футовый ICC, 1С	32,79	2	65,58	0,4204	48,98	14,62	3,35
Полувагон 25 т/ось	88	1	88	0,5641	77	13,92	5,53
Полувагон сочлененный 25 т/ось	142	1	142	0,9103	114,5	19,54	5,86
Полувагон 23,5 т/ось	76	1	76	0,4872	69	13,92	4,96
Съемный кузов ОВК на сочлененной платформе	52	3	156	1,0000	106,5	19,54	5,45

- используемый объем кузова подвижного состава на погонный метр $\beta V_{п.с.}^i$, м³/м;
- относительное использование полезного объема кузова подвижного состава при перевозке $\gamma V_{п.с.}^i$, %;
- относительное использование объема кузова подвижного состава на погонный метр при перевозке $\delta V_{п.с.}^i$, %/м.

Исследуемые параметры в соответствии с рис. 1 будут состоять из двух пересекающихся функций:

а) линейной — отражающей использование подвижного состава по объему;

б) гиперболической — отражающей использование подвижного состава по допустимой грузоподъемности.

Для параметра объема транспортной тары параметр $\alpha V_{п.с.}^i$ определим как

$$\begin{cases} \alpha V_{п.с.}^i(\rho_{гр.}^k) = V_{п.с.}^i & \text{при } \rho_{гр.}^k < \rho_{гр.эф.}; \\ \alpha V_{п.с.}^i(\rho_{гр.}^k) = \frac{q_{п.с.}^i}{\rho_{гр.}^k} & \text{при } \rho_{гр.}^k > \rho_{гр.эф.}, \end{cases} \quad (1)$$

где $V_{п.с.}^i$ — предельная вместимость рассматриваемого i -го подвижного состава, м³; $q_{п.с.}^i$ — предельная нагрузка рассматриваемого i -го подвижного состава, т; $\rho_{гр.}^k$ — плотность k -го типа груза, принимаемого к перевозке, т/м³; $\rho_{гр.эф.}$ — плотность груза, при которой обеспечивается предельная эффективность использования подвижного состава по объему и грузоподъемности, т/м³.

Для определения $\rho_{гр.эф.}$ достаточно рассчитать точку пересечения полученных функциональных зависимостей, т. е. приравнять части уравнения,

тогда после выполнения соответствующих преобразований получим

$$\rho_{гр.эф.} = \frac{q_{п.с.}^i}{V_{п.с.}^i}. \quad (2)$$

При определении эффективности использования подвижного состава целесообразно рассчитать приведенную абсолютную нагрузку на погонный метр:

$$\begin{cases} \beta V_{п.с.}^i(\rho_{гр.}^k) = \frac{V_{п.с.}^i}{l_{п.с.}^i} & \text{при } \rho_{гр.}^k < \rho_{гр.эф.}; \\ \beta V_{п.с.}^i(\rho_{гр.}^k) = \frac{q_{п.с.}^i}{\rho_{гр.}^k l_{п.с.}^i} & \text{при } \rho_{гр.}^k > \rho_{гр.эф.}, \end{cases} \quad (3)$$

где $l_{п.с.}^i$ — длина используемого подвижного состава по осям автосцепок, м.

Полученные зависимости абсолютных значений используемого объема для исследуемых типов подвижного состава приведены на рис. 2 и 3.

Для общего представления об эффективности подвижного состава кроме абсолютных показателей используемого объема кузова необходимо определить показатели его относительного использования в зависимости от $\rho_{гр.}^k$ (формулы 4, 5):

$$\gamma V_{п.с.}^i(\rho_{гр.}^k) = \frac{\alpha V_{п.с.}^i(\rho_{гр.}^k)}{V_{п.с.}^i \max(V_{п.с.}^i)} \cdot 100; \quad (4)$$

$$\gamma V_{п.с.}^i(\rho_{гр.}^k) = \frac{\alpha V_{п.с.}^i(\rho_{гр.}^k)}{V_{п.с.}^i \max(V_{п.с.}^i) l_{п.с.}^i} \cdot 100. \quad (5)$$

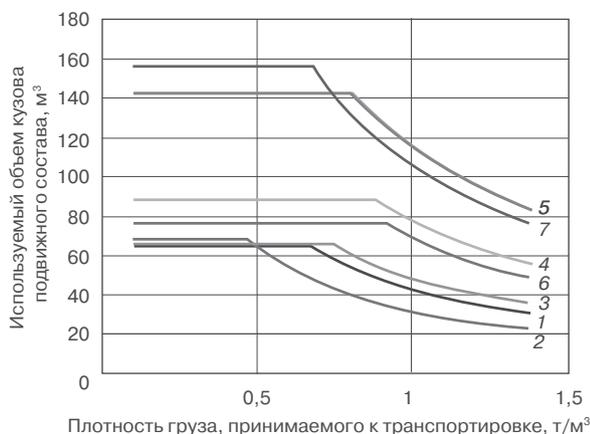


Рис. 2. Кривые зависимости используемого объема кузова подвижного состава от рода груза:
 1 — контейнер open top 20-футовый; 2 — контейнер open top 40-футовый; 3 — контейнер bulk-cont 20-футовый; 4 — полувагон 25 т/ось; 5 — полувагон сочлененный 25 т/ось; 6 — полувагон 23,5 т/ось; 7 — съемный кузов ОВК

Fig. 2. Dependence curves of the used volume of the rolling stock body on the freight type:

1 — 20-foot open top container; 2 — 40-foot open top container; 3 — 20-foot bulk container; 4 — gondola car 25 t/axis; 5 — articulated gondola car 25 t/axis; 6 — gondola car 23.5 t/axis; 7 — UWC demountable body

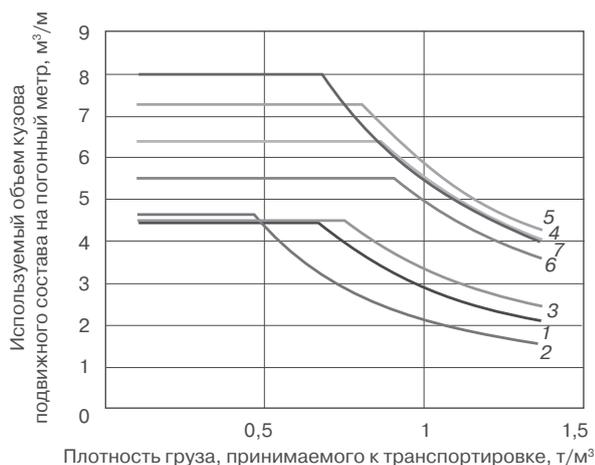


Рис. 3. Кривые зависимости используемого объема кузова подвижного состава на погонный метр от рода груза:
 1 — контейнер open top 20-футовый; 2 — контейнер open top 40-футовый; 3 — контейнер bulk-cont 20-футовый; 4 — полувагон 25 т/ось; 5 — полувагон сочлененный 25 т/ось; 6 — полувагон 23,5 т/ось; 7 — съемный кузов ОВК

Fig. 3. Dependence curves of the used volume of the rolling stock body per running meter on the freight type:

1 — 20-foot open top container; 2 — 40-foot open top container; 3 — 20-foot bulk container; 4 — gondola car 25 t/axis; 5 — articulated gondola car 25 t/axis; 6 — gondola car 23.5 t/axis; 7 — UWC demountable body

На рис. 4 и 5 представлены кривые зависимости относительного использования объема для тех же типов подвижного состава.

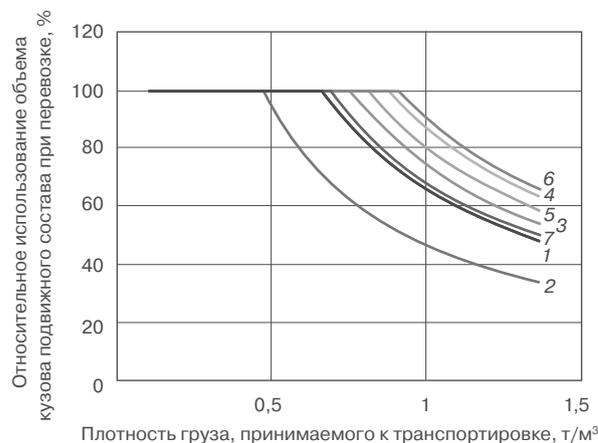


Рис. 4. Кривые зависимости относительного использования объема кузова подвижного состава от рода груза:
 1 — контейнер open top 20-футовый; 2 — контейнер open top 40-футовый; 3 — контейнер bulk-cont 20-футовый; 4 — полувагон 25 т/ось; 5 — полувагон сочлененный 25 т/ось; 6 — полувагон 23,5 т/ось; 7 — съемный кузов ОВК

Fig. 4. Dependence curves of the relative use of the volume of the rolling stock body on the freight type:

1 — 20-foot open top container; 2 — 40-foot open top container; 3 — 20-foot bulk container; 4 — gondola car 25 t/axis; 5 — articulated gondola car 25 t/axis; 6 — gondola car 23.5 t/axis; 7 — UWC demountable body

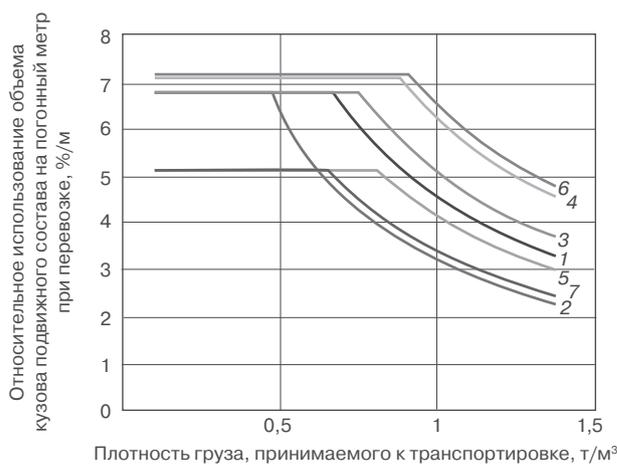


Рис. 5. Кривые зависимости относительного использования объема кузова подвижного состава на погонный метр от рода груза:
 1 — контейнер open top 20-футовый; 2 — контейнер open top 40-футовый; 3 — контейнер bulk-cont 20-футовый; 4 — полувагон 25 т/ось; 5 — полувагон сочлененный 25 т/ось; 6 — полувагон 23,5 т/ось; 7 — съемный кузов ОВК

Fig. 5. Dependence curves of the relative use of the volume of the rolling stock body per running meter on the freight type:

1 — 20-foot open top container; 2 — 40-foot open top container; 3 — 20-foot bulk container; 4 — gondola car 25 t/axis; 5 — articulated gondola car 25 t/axis; 6 — gondola car 23.5 t/axis; 7 — UWC demountable body

Полученные результаты сведем в табл. 2 для анализа и ранжирования эффективности использования рассмотренных типов подвижного состава.

Таблица 2

Ранжирование эксплуатационной эффективности использования современных типов подвижного состава по исследуемым параметрам при перевозках насыпных грузов

Table 2

Operating efficiency ranking of the rolling stock modern types according to the studied parameters in the bulk freight transportation

Тип подвижного состава	Ранжирование по расчетным параметрам				Среднее значение ранга
	Используемый объем кузова	Используемый объем кузова на погонный метр	Относительное использование полезного объема кузова при перевозке	Относительное использование объема кузова на погонный метр при перевозке	
Контейнер open top 20-футовый 1СС, 1С	6	6	6	4	5,5
Контейнер open top 40-футовый 1ВВВ, 1ВВ, 1В	7	7	7	7	7
Контейнер bulk-cont 20-футовый 1СС, 1С	5	5	4	3	4,25
Полувагон 25 т/ось	3	2	2	2	2,25
Полувагон сочлененный 25 т/ось	1	1	3	5	2,5
Полувагон 23,5 т/ось	4	4	1	1	2,5
Съемный кузов ОВК на сочлененной платформе	2	3	5	6	4

Так, наиболее универсальным типом подвижного состава при различных измерителях эффективности его использования является полувагон с повышенной нагрузкой на ось 25 т. Приближенные к нему результаты продемонстрировали более специализированная модель сочлененного полувагона и полувагон с нагрузкой на ось 23,5 т. Среди интермодальной транспортной тары наилучшие показатели продемонстрировали съемный кузов (по технологии ОВК) и специализированный bulk-контейнер, наилучшие результаты по эксплуатационным параметрам показали 20- и 40-футовый контейнеры open top. Экономический эффект от менее эффективного использования интермодальной транспортной тары компенсируется дополнительными доходами и экономией в случае организации перевозок с несколькими перевалками и использованием нескольких видов транспортных средств. Использование любых типов интермодальной транспортной тары в системе ускоренных грузовых перевозок [13, 14] также позволит увеличить нишу эффективного использования таких типов транспортной тары на железной дороге.

Заключение и обсуждение. Результаты проведенного анализа показали, с одной стороны, очевидность тезиса о лучшей приспособленности полувагонов к перевозкам насыпных грузов, а с другой — существенное ухудшение условий перевозки насыпных грузов в крупнотоннажных контейнерах. Использо-

вание инновационной системы съемных железнодорожных кузовов демонстрирует средние показатели в общем ранге, что свидетельствует о достаточном потенциале для внедрения данной логистической технологии: такой подвижной состав показывает наилучшую универсальность на железнодорожном транспорте в перевозках различных номенклатур грузов.

В условиях обслуживания железными дорогами значительных по объемам и стабильных по структуре грузопотоков насыпных грузов (уголь, руды и другие аналогичные грузы) сфера применения интермодальной транспортной тары в обслуживании перевозок насыпных грузов и других грузов первого передела невелика. Использование конвенционального железнодорожного подвижного состава все равно остается более эффективным при больших грузопотоках и больших расстояниях перевозки. Использование интермодальной транспортной тары будет особенно эффективным при перевозках на расстояния меньше 1000 км, смерзающихся грузов зимой и небольших партий грузов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении Правил перевозок железнодорожным транспортом грузов в контейнерах и порожних контейнеров [Электронный ресурс]: приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 18 декабря 2019 г. № 405: зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 27 марта 2020 г. № 57861).

URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202003270044?index=8&rangeSize=1> (дата обращения: 14.03.2022).

2. Развитие перевозок грузов в интермодальных транспортных грузовых единицах / С. А. Виноградов [и др.] // Железнодорожный транспорт. 2022. № 2. С. 7–11.

3. Перспективы использования новых интермодальных транспортных грузовых единиц / А. В. Хомов [и др.] // Наука 1520 ВНИИЖТ: Загляни за горизонт: сб. докл. I Междунар. науч.-практ. конф. (Шербинка, 26–27 августа 2021 г.). М.: АО «ВНИИЖТ», 2021. С. 200–208.

4. Хомов А. В., Дрейбанд Д. В. Предложение использования съемного кузова при организации комбинированных перевозок с участием железнодорожного и внутреннего водного транспорта // Логистика: форсайт-исследования, профессия, практика: материалы II Нац. науч.-образоват. конф. (Санкт-Петербург, 21 октября 2021 г.) / Санкт-Петербургский гос. экон. ун-т. СПб.: СПбГЭУ, 2021. С. 272–281.

5. Хомов А. В. Использование съемного кузова на первой и последней миле // Логистика: форсайт-исследования, профессия, практика: материалы I Нац. науч.-образоват. конф. (Санкт-Петербург, 20 октября 2020 г.) / Санкт-Петербургский гос. экон. ун-т. СПб.: СПбГЭУ, 2020. С. 139–146.

6. Куренков П. В., Астафьев А. В., Кизимиров М. В. Вне-транспортный эффект контейнерных перевозок // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2016. № 5. С. 23–29.

7. Куренков П. В., Астафьев А. В., Кизимиров М. В. Экономическая оценка развития регулярного контейнерного сообщения на территории РФ // Экономика железных дорог. 2016. № 4. С. 60–64.

8. Перевозка крупнотоннажных контейнеров / С. П. Вакулenco [и др.] // Железнодорожный транспорт. 2021. № 5. С. 14–18.

9. Роменский Д. Ю., Калинин К. А., Астафьев А. В. Логистика интермодальных перевозок крупнотоннажных контейнеров // Логистика: современные тенденции развития: материалы XX Междунар. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 8–9 апреля 2021 г.). СПб.: Гос. ун-т морского и речного флота им. адм. С. О. Макарова, 2021. С. 69–80.

10. Вакулenco С. П., Евреенова Н. Ю., Прокофьев М. Н. Взаимодействие видов транспорта в единой транспортной системе: учеб. пособие / Российский университет транспорта (МИИТ). М.: РУТ (МИИТ), 2021. 121 с.

11. Мирошниченко О. Ф., Огинская А. Е. Методология расчета финансового результата для владельца инфраструктуры от повышения провозной способности направления при перевозках в вагонах повышенной грузоподъемности // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2019. Т. 78, № 1. С. 33–40. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-1-33-40>.

12. Левин А. Б., Смольянинов А. В., Павлюков А. Э. Разработка технического облика трехосной тележки грузовых вагонов // Инновационный транспорт. 2015. Т. 15, № 1. С. 49–58.

13. Перспективы развития ускоренных грузовых перевозок / С. А. Виноградов [и др.] // Железнодорожный транспорт. 2021. № 4. С. 10–15.

14. Насыбуллин А. М. Размещение грузовых мест в составе поездов постоянного формирования // Экономика железных дорог. 2021. № 3. С. 67–75.

[On approval of the Rules for the carriage of goods in containers and empty containers by railways. Decree No. 405 of the Ministry of Transportation of Russian Federation on December 18, 2019]. Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on March 27, 2020 No. 57861. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202003270044?index=8&rangeSize=1> (access date: 14.03.2022). (In Russ.).

2. Vinogradov S. A., Mekhedov M. I., Khomov A. V., et al. Razvitiye perevozok грузов v intermodal'nykh transportnykh грузовых единицах [Development of cargo transportation in intermodal transport cargo units]. *Zheleznodorozhnyy transport = Railway Transport*. 2022;(2):7-11. (In Russ.).

3. Khomov A. V., Shvedin K. I., Khomova N. A., et al. Perspektivy ispol'zovaniya novykh intermodal'nykh transportnykh грузовых единиц [Prospects for the use of new intermodal transport cargo units]. *Nauka 1520 VNIIZhT: Zaglyani za gorizont [Science 1520 VNIIZhT: Look beyond the horizon]*. Proc. of I Int. scientific conf. (Shcherbin-ka, August 26–27, 2021). Moscow: VNIIZhT Publ.; 2021. P. 200–208. (In Russ.).

4. Khomov A. V., Dreyband D. V. Predlozheniye ispol'zovaniya s'emnogo kuzova pri organizatsii kombinirovannykh perevozok s uchastiem zheleznodorozhnogo i vnutrennego vodnogo transporta [Proposal for the use of a swap body in the organization of combined transportation with the participation of railway and inland water transport]. *Logistika: foresayt-issledovaniya, professiya, praktika [Logistics: foresight research, profession, practice]*. Proc. of II scientific and educational conf. (St. Petersburg, October 21, 2021). St. Petersburg: SPbGEU Publ.; 2021. P. 272–281. (In Russ.).

5. Khomov A. V. Ispol'zovaniye s'emnogo kuzova na pervoy i posledney mile [The use of a swap body on the first and last mile]. *Logistika: foresayt-issledovaniya, professiya, praktika [Logistics: foresight research, profession, practice]*. Proc. of I scientific and educational conf. (St. Petersburg, October 20, 2020). St. Petersburg: SPbGEU Publ.; 2020. P. 139–146. (In Russ.).

6. Kurenkov P. V., Astaf'ev A. V., Kizimirov M. V. Vnetransportnyy effekt konteynernykh perevozok [Out-of-transport effect of container freighting]. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik = Transport: science, equipment, management. Collection of scientific articles*. 2016;(5):23-29. (In Russ.).

7. Kurenkov P. V., Astaf'ev A. V., Kizimirov M. V. Ekonomicheskaya otsenka razvitiya regul'yarnogo konteylernogo soobshcheniya na territorii RF [Economic assessment of the development of regular container freighting on the territory of the Russian Federation]. *Ekonomika zheleznnykh dorog = Railway Economics*. 2016;(4):60-64. (In Russ.).

8. Vakulenko S. P., Kurenkov P. V., Romenskiy D. Yu., et al. Perevozka krupnotonnazhnykh konteynerov [Transportation of large-tonnage containers]. *Zheleznodorozhnyy transport = Railway Transport*. 2021;(5):14-18. (In Russ.).

9. Romenskiy D. Yu., Kalinin K. A., Astaf'ev A. V. Logistika intermodal'nykh perevozok krupnotonnazhnykh konteynerov [Logistics of intermodal transit of large-tonnage containers]. *Logistika: sovremennyye tendentsii razvitiya [Logistics: modern development trends]*. Proc. of scientific-practical. conf. (St. Petersburg, April 8–9, 2021). St. Petersburg: State University of Sea and River Fleet named after adm. S. O. Makarov Publ.; 2021. P. 69–80. (In Russ.).

10. Vakulenko S. P., Evreenova N. Yu., Prokof'ev M. N. Vzaimodeystviye vidov transporta v edinoy transportnoy sisteme [Interaction of modes of transport in a single transport system]. *Textbook*. Moscow: RUT (MIIT) Publ.; 2021. 121 p. (In Russ.).

11. Miroshnichenko O. F., Oginskaya A. E. Metodologiya rascheta finansovogo rezul'tata dlya vladel'tsa infrastruktury ot povysheniya provoznoy sposobnosti napravleniya pri perevozkakh v vagonakh povyshennoy грузопод'emnosti [Methodology for calculating financial result for the owner of the infrastructure from increasing carrying capacity

REFERENCES

1. Ob utverzhenii Pravil perevozok zheleznodorozhnym transportom грузов v konteynerakh i porozhnykh konteynerov: prikaz Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 18 dekabrya 2019 g. № 405

of the direction during operation in cars with increased capacity]. *Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta (Vestnik VNIIZhT) = Russian Railway Science Journal*. 2019;78(1):33-40. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-1-33-40>. (In Russ.).

12. Levin A. B., Smol'yaninov A. V., Pavlyukov A. E. Razrabotka tekhnicheskogo oblika trekhsnoy teleshki gruzovykh vagonov [Development of the technical appearance of a three-axle freight car bogie]. *Innovatsionnyy transport = Innotrans*. 2015;15(1):49-58. (In Russ.).

13. Vinogradov S. A., Mekhedov M. I., Vakulenko S. P., et al. Perspektivy razvitiya uskorennykh gruzovykh perevozok [Prospects for the development of accelerated freight transportation]. *Zheleznodorozhnyy transport = Railway transport*. 2021;(4):10-15. (In Russ.).

14. Nasybullin A. M. Razmeshchenie gruzovykh mest v sostave poezdov postoyannogo formirovaniya [Placement of cargo packages as a part of train sets]. *Ekonomika zheleznykh dorog = Railway Economics*. 2021;(3):67-75. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергей Петрович ВАКУЛЕНКО,

канд. техн. наук, профессор, директор Института управления и цифровых технологий, Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ), 127994, г. Москва, ул. Образцова д. 9, стр. 9), post-iuit@bk.ru, AuthorID: 284529, <https://orcid.org/0000-0002-6471-8690>

Мария Владимировна РОМЕНСКАЯ,

ассистент, кафедра «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы», Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ), 127994, г. Москва, ул. Образцова д. 9, стр. 9), AuthorID: 1082621

Кирилл Антонович КАЛИНИН,

ассистент, кафедра «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы», Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ), 127994, г. Москва, ул. Образцова д. 9, стр. 9), kalinin.k.a@mail.ru, AuthorID: 1049224, <https://orcid.org/0000-0001-6155-0012>

Константин Иванович ШВЕДИН,

заместитель директора научного центра «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения», начальник отдела, Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10), shvedin.konstantin@vniizht.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sergey P. VAKULENKO,

Cand. of Sci. (Engineering), Professor, Director of the Institute of Management and Digital Technologies, Russian University of Transport (127994, Moscow, 9, bldg. 9, Obraztsova St.), post-iuit@bk.ru, AuthorID: 284529, <https://orcid.org/0000-0002-6471-8690>

Mariya V. ROMENSKAYA,

Assistant, Department of Transport Business Management and Intelligent Systems, Russian University of Transport (127994, Moscow, 9, bldg. 9, Obraztsova St.), AuthorID: 1082621

Kirill A. KALININ,

Assistant, Department of Transport Business Management and Intelligent Systems, Russian University of Transport (127994, Moscow, 9, bldg. 9, Obraztsova St.), kalinin.k.a@mail.ru, AuthorID: 1049224, <https://orcid.org/0000-0001-6155-0012>

Konstantin I. SHVEDIN,

Deputy Director of the Research Center for Digital Transportation Models and Energy Saving Technologies, Head of Department, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St.), shvedin.konstantin@vniizht.ru

ВКЛАД АВТОРОВ

Сергей Петрович ВАКУЛЕНКО. Постановка проблемы эффективности использования подвижного состава, в том числе при мультимодальных перевозках (20%).

Мария Владимировна РОМЕНСКАЯ. Разработка методики сравнения эффективности использования подвижного состава (50%).

Кирилл Антонович КАЛИНИН. Расчет кривых эффективности использования подвижного состава (20%).

Константин Иванович ШВЕДИН. Обзор применяемых в мультимодальных перевозках типов подвижного состава (10%).

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Sergey P. VAKULENKO. Definition of the problem of the rolling stock efficiency including multimodal transportation (20%).

Mariya V. ROMENSKAYA. Development of a methodology for comparing the rolling stock efficiency (50%).

Kirill A. KALININ. Calculation of the rolling stock efficiency curves (20%).

Konstantin I. SHVEDIN. Review of the rolling stock types in multimodal transportation (10%).

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The authors have read and approved the final manuscript.

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

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

Статья поступила в редакцию 17.03.2022, первая рецензия получена 05.04.2022, вторая рецензия получена 08.04.2022, принята к публикации 24.05.2022.

The article was submitted 17.03.2022, first review received 05.04.2022, second review received 08.04.2022, accepted for publication 24.05.2022.