



АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Оригинальная статья

УДК 656.225:629.46

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-4-359-369

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



МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ВНЕДРЕНИИ ВАГОНОВ С ПОВЫШЕННОЙ ОСЕВОЙ И ПОГОННОЙ НАГРУЗКОЙ

М. И. Мехедов, Е. А. Сотников, П. С. Холодняк,
А. А. Капырин, Н. В. Корниенко ✉

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

АННОТАЦИЯ

Введение. Одним из направлений повышения провозной способности железнодорожных линий является увеличение количества груза, размещаемого в вагонах, при этом следует учесть неизбежный рост осевой и погонной нагрузки вагона. Решение об использовании вагонов с повышенной осевой нагрузкой должно основываться на оценке их технико-экономической эффективности по сравнению с получившимися широкое внедрение инновационными полувагонами с нагрузкой 25 т/ось. При оценке экономической эффективности от применения таких вагонов требуется учитывать их влияние на изменение параметров организации перевозочного процесса.

Материалы и методы. На основании представленных исходных данных по расчетному прогнозируемому грузопотоку выполнено определение численных значений параметров перевозочного процесса при внедрении 8- и 4-осных (27 т/ось) полувагонов. При определении прироста провозной способности учитывается ее изменение за счет увеличения массы поезда нетто и изменения общего количества поездов. Расчет выполнен с учетом усиления тяги пропорционально повышению массы поездов брутто из 8- и 4-осных (27 т/ось) полувагонов на существующей инфраструктуре.

Результаты. Разработаны методические положения по определению численных значений: увеличения провозной способности, потребного инвентарного парка вагонов и наличного парка локомотивов в условиях внедрения новых 8- и 4-осных (27 т/ось) полувагонов.

Обсуждение и заключение. Статья является теоретической и посвящена расчетным механизмам, методическим вопросам. Результаты исследования могут быть применены на полигонах сети ОАО «РЖД», в частности для решения сложных вопросов повышения провозной способности Восточного полигона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: железнодорожная линия, провозная способность, масса поезда, инвентарный парк вагонов и магистральных локомотивов, внедрение 8- и 4-осных полувагонов, кольцевые маршруты

Для цитирования: Мехедов М. И., Сотников Е. А., Холодняк П. С., Капырин А. А., Корниенко Н. В. Методические положения по определению значений основных параметров условий организации перевозочного процесса при внедрении вагонов с повышенной осевой и погонной нагрузкой // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2022. Т. 81, № 4. С. 359–369. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-4-359-369>.

✉ korniyenko.natalia@vniizht.ru (Н. В. Корниенко)

© Мехедов М. И., Сотников Е. А., Холодняк П. С.,
Капырин А. А., Корниенко Н. В., 2022



AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN RAILWAY TRANSPORT

Original article

UDK 656.225:629.46

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-4-359-369

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



METHODOLOGICAL PROVISIONS FOR DETERMINING THE MAIN PARAMETERS OF THE ORGANISATION OF THE TRANSPORTATION PROCESS DURING THE INTRODUCTION OF CARS WITH INCREASED AXIAL AND LINEAR LOAD

Mikhail I. Mekhedov, Evgeniy A. Sotnikov, Pavel S. Kholodnyak,
Aleksey A. Kapyrin, Natalya V. Kornienko ✉

Railway Research Institute,
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. One of the ways to increase the traffic-carrying capacity of railway lines is increasing the amount of cargo carried in cars, while taking into account the inevitable increase in the axial and linear load of the car. The decision to use cars with increased axial load should be based on an assessment of their technical and economic efficiency in comparison with the innovative and widely used open-box wagons with a load of 25 tonnes per axle. When assessing the economic efficiency of such cars, it is required to consider their impact on changes in the parameters of the organisation of the transportation process.

Materials and methods. Based on the presented initial data on the estimated predicted freight flow, the numerical values of the parameters of the transportation process were determined when introducing 8- and 4-axle (27 t/axle) open-box wagons. When determining the increase in the traffic-carrying capacity, its change due to an increase in the net mass of the train and a change in the total number of trains is taken into account. The calculation was made accounting for the increase in traction in proportion to the increase in the gross mass of the 8- and 4-axle (27 t/axle) open-box wagon trains on the existing infrastructure.

Results. The authors have developed methodological provisions to determine the numerical values: an increase in the traffic-carrying capacity, the required inventory fleet of cars and the available locomotive fleet in the context of the introduction of new 8- and 4-axle (27 t/axle) open-box wagons.

Discussion and conclusion. The article is theoretical and is devoted to calculation mechanisms and methodological issues. The results of the study may be applied to the ranges of the Russian Railways network, in particular, to solve complex issues of increasing the traffic-carrying capacity of the Eastern range.

KEYWORDS: railway line, traffic-carrying capacity, train weight, inventory fleet of open-box wagons and main line locomotives, introduction of 8- and 4-axle open-box wagons, circular routes

For citation: Mekhedov M. I., Sotnikov E. A., Kholodnyak P. S., Kapyrin A. A., Kornienko N. V. Methodological provisions for determining the main parameters of the organisation of the transportation process during the introduction of cars with increased axial and linear load. *Russian Railway Science Journal*. 2022;81(4):359-369. (In Russ.). <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-4-359-369>.

✉ kornienko.natalia@vniizht.ru (N. V. Kornienko)

© Mekhedov M. I., Sotnikov E. A., Kholodnyak P. S.,
Kapyrin A. A., Kornienko N. V., 2022

Введение. Повышение провозной способности загруженных направлений сети железных дорог может достигаться не только за счет усиления и развития инфраструктуры и средств тяги, но и за счет внедрения конструкций вагонов с повышенными осевыми и погонными нагрузками [1].

Отечественной промышленностью предложены конструкции 4-осных полувагонов с увеличенной до 27 т/ось осевой нагрузкой (при погонной нагрузке на метр пути 7,76 т/м) и 8-осные полувагоны с погонной нагрузкой на метр пути 9,3 т/м. Решение об использовании этих вагонов должно основываться на оценке их технико-экономической эффективности по сравнению с получившими широкое внедрение инновационными полувагонами с осевой нагрузкой 25 т/ось. При такой оценке требуется определять ряд параметров, связанных с изменением условий организации перевозочного процесса. Основными из них являются:

- изменение потребного инвентарного парка вагонов;
- изменение потребного наличного парка локомотивов;
- изменение провозной способности участков и направлений.

Ниже рассмотрены вопросы методического обеспечения вычислений численных значений указанных параметров для их последующего использования в технико-экономических расчетах.

Исходные данные и условия подготовки методических положений. Технические характеристики конструкций сравниваемых полувагонов представлены в табл. 1 [2, 3, 4].

Предусматривается концентрированное использование новых 8- и 4-осных (27 т/ось) полувагонов в кольцевых маршрутах, следующих по специализированным расписаниям, на выбранных направлениях с крупными корреспонденциями грузопотоков угля.

Обращение кольцевых маршрутов предусматривается при длине станционных путей 1050 м с полным использованием длины путей для всех вариантов массы поездов. Количество вагонов в таком маршруте определяется по формуле

$$n_{\text{ваг}} = \frac{l_{\text{ст}} - l_{\text{лок}} - l_{\text{ост}}}{l_{\text{ваг}}} \quad (1)$$

(с округлением в меньшую сторону),

где $l_{\text{ст}}$ — длина станционных путей, $l_{\text{ст}} = 1050$ м для всех вариантов; $l_{\text{лок}}$ — длина локомотива, используемого на маршруте, м; $l_{\text{ост}}$ — длина пути, предусматриваемая на точность остановки поезда, $l_{\text{ост}} \geq 10$ м во всех вариантах; $l_{\text{ваг}}$ — длина вагонов по осям автосцепок, м (см. табл. 1).

На Транссибе и БАМ предусматривается использование электровозов типа ЭС5К и тепловозов типа ТЭ25К2М с различным числом секций, значение $l_{\text{лок}}$ в формуле (1) определяется согласно данным в табл. 2. Максимальная масса поезда брутто Q_{max} для принятого типа локомотива составит 7100–8850 т.

Прирост массы поезда при переходе от полувагонов 25 т/ось к полувагонам 27 т/ось и 8-осным для различных вариантов составит от 248 до 1231 т (табл. 3).

Ежесуточное количество кольцевых маршрутов зависит от размеров корреспонденций грузопотоков угля на выбранных направлениях. Очевидно, что наименьшее количество маршрутов будет в варианте использования 8-осных полувагонов, так как они имеют максимальные значения массы поезда нетто.

Для устойчивости выполнения специализированных расписаний кольцевых маршрутов необходимо

Таблица 1

Параметры 4- и 8-осных полувагонов

Table 1

Parameters of 4- and 8-axle open-box wagons

Тип вагона	Длина по осям автосцепок $l_{\text{ваг}}, \text{ м}$	Масса вагона, т		
		Брутто $q_{\text{бр}}$	Нетто $q_{\text{н}}$	Тара $q_{\text{т}}$
4-осный (25 т/ось) глухонный	13,92	100	76	24
4-осный (25 т/ось) с люками	13,92	100	75	25
4-осный (27 т/ось) глухонный	13,92	108	83	25
8-осный глухонный	20,24	188	141	47
8-осный с люками	20,24	188	139	49

Таблица 2

Максимальная масса поезда брутто для принятого типа локомотива с учетом числа секций

Table 2

Maximum gross train mass for the accepted type of locomotive, taking into account the number of sections

Тип локомотива с учетом числа секций	$Q_{\text{max}}, \text{ т}$	$l_{\text{лок}}, \text{ м}$
3ЭС5К	7100	52,5
3ТЭ25К2М	7100	60,0
4ЭС5К _{пр} (с поосным регулированием)	8850	70,0
2ТЭ25К2М + 2ТЭ25К2М	8850	80,0

Таблица 3

Прирост массы поезда при переходе от 4-осных (25 т/ось) к 4-осным (27 т/ось) и 8-осным полувагонам

Table 3

Increase in train mass during the transition from 4-axle (25 t/axle) to 4-axle (27 t/axle) and 8-axle open-box wagons

Тип вагона	Используемый тип локомотива	Количество вагонов в поезде при тяге $n_{\text{ваг}}$		Масса поезда брутто $Q_{\text{бр}}$, т, при тяге		Масса поезда нетто $Q_{\text{н}}$, т, при тяге		Прирост массы поезда нетто при переходе к 4-осным (27 т/ось) и 8-осным полувагонам $\Delta Q_{\text{н}}$, т, при тяге	
		Электро-воз	Тепловоз	Электро-воз	Тепловоз	Электро-воз	Тепловоз	Электровоз	Тепловоз
4-осный (25 т/ось) глухонный	3ЭС5К или 3ТЭ25К2М	71	71	7100	7100	5396	5396	—	—
4-осный (25 т/ось) с люками	3ЭС5К или 3ТЭ25К2М	71	71	7100	7100	5325	5325	—	—
4-осный (27 т/ось) глухонный	4ЭС5К _{нр} или 2ТЭ25К2М + 2ТЭ25К2М	69	68	7452	7344	5727	5644	5727 – 5396 = 331	5644 – 5396 = 248
8-осный глухонный	4ЭС5К _{нр} или 2ТЭ25К2М + 2ТЭ25К2М	47	47	8836	8836	6627	6627	6627 – 5396 = 1231	6627 – 5396 = 1231
8-осный с люками	4ЭС5К _{нр} или 2ТЭ25К2М + 2ТЭ25К2М	47	47	8836	8836	6533	6533	6533 – 5325 = 1208	6533 – 5325 = 1208

обеспечивать отправление не менее одного маршрута в сутки. Поэтому ограничением по величине грузопотоков является условие

$$\Gamma_{\text{гр}} \geq \frac{365q_{\text{н8}}n_{\text{ваг8}}10^{-6}}{\beta_{\text{нр}}}, \quad (2)$$

где $\Gamma_{\text{гр}}$ — грузопоток каменного угля между станциями отправления и назначения, млн т/год; $q_{\text{н8}}$ — масса 8-осного полувагона нетто, т; $n_{\text{ваг8}}$ — количество 8-осных полувагонов в поезде, состоящем только из

8-осных полувагонов; $\beta_{\text{нр}}$ — коэффициент неравномерности суточной погрузки.

$$\beta_{\text{нр}} = \frac{\Gamma_{\text{гр min}}^{\text{сут}}}{1/365\Gamma_{\text{гр}}}, \quad (3)$$

где $\Gamma_{\text{гр min}}^{\text{сут}}$ — фактическая минимальная суточная погрузка рассматриваемого грузопотока (с вероятностью не менее 0,95), млн т/сут.

На основании экспертных оценок и с учетом рекомендаций, содержащихся в [5], коэффициент неравномерности суточной погрузки принимается равным $\beta_{\text{нр}} = 0,75$. Определено суточное количество кольцевых маршрутов для 8- и 4-осных (27 т/ось) полувагонов (табл. 4).

На основании представленных исходных данных возможно определение численных значений параметров перевозочного процесса при внедрении 8-осных и 4-осных (27 т/ось) полувагонов.

Потребный инвентарный парк 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов определяется отдельно для каждого выбранного направления корреспонденций следования угля в кольцевых маршрутах из 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов:

$$n_{\text{н8}} = n_{\text{н8}}^{\text{испр}} + n_{\text{п8}}^{\text{отп}} + n_{\text{п8}}^{\text{кан}}, \quad (4)$$

где $n_{\text{н8}}^{\text{испр}}$ — потребный наличный исправный парк 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов; $n_{\text{п8}}^{\text{отп}}$ — потребное количество 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов,

Таблица 4

Количество кольцевых маршрутов в сутки для 8- и 4-осных (27 т/ось) полувагонов

Table 4

Number of circular routes per day for 8- and 4-axle (27 t/axle) open-box wagons

8-осные полувагоны		4-осные (27 т/ось) полувагоны	
Годовой расчетный грузопоток, млн т/год	Количество маршрутов, маршрутов/сут	Годовой расчетный грузопоток, млн т/год	Количество маршрутов, маршрутов/сут
3,3–6,6 (искл.)	1	2,8–5,6 (искл.)	1
6,6–9,9 (искл.)	2	5,6–8,4 (искл.)	2
9,9–13,2 (искл.)	3	8,4–11,2 (искл.)	3
13,2–16,5 (искл.)	4	11,2–14,0 (искл.)	4
>16,5	5	>14,0	5

находящихся в отцепочном ремонте; $n_{p8}^{кап}$ — потребное количество 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов, находящихся в капитальном ремонте.

Здесь и далее в необходимых случаях индекс «8» относится не только к 8-осным, но и к 4-осным (27 т/ось) полувагонам.

Доля 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов, находящихся в отцепочном ремонте, составляет

$$\alpha_{p8}^{отц} = \frac{n_{p8}^{отц}}{n_{и8}}. \quad (5)$$

То же в капитальном ремонте:

$$\alpha_{p8}^{кап} = \frac{n_{p8}^{кап}}{n_{и8}}. \quad (6)$$

Тогда

$$n_{и8} = \frac{n_{и8}^{испр}}{1 - (\alpha_{p8}^{отц} + \alpha_{p8}^{кап})}. \quad (7)$$

Для каждого направления следования корреспонденций угля величина $n_{и8}^{испр}$ определяется по формуле

$$n_{и8}^{испр} = \frac{1}{24} O_8 k_{sj} n_8, \quad (8)$$

где O_8 — время оборота 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов, следующих в кольцевых маршрутах, для выбранного направления следования корреспонденций угля, ч; k_{sj} — количество отправляющихся кольцевых маршрутов, маршрутов/сут; n_8 — количество 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов в кольцевом маршруте.

Рассмотрим порядок определения величины O_8 , которая рассчитывается по формуле

$$O_8 = t_8^{погр} + t_8^{выгр} + t_8^{д.гр} + t_8^{д.пор}, \quad (9)$$

где $t_8^{погр}$ — полное время нахождения 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов на путях станции примыкания ОАО «РЖД» и на путях необщего пользования (ПНП), связанное с выполнением операции погрузки, ч; $t_8^{выгр}$ — то же, связанное с выполнением операции выгрузки, ч; $t_8^{д.гр}$, $t_8^{д.пор}$ — время следования 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов в кольцевых маршрутах между станциями погрузки и выгрузки (от отправления до прибытия) в груженом и порожнем состояниях соответственно, ч.

Значение $t_8^{погр}$ включает в себя технологическое время операций, выполняемых на станциях примыкания ОАО «РЖД», обслуживающих углепогрузочный район, и на ПНП:

$$t_8^{погр} = t_{8ржд}^{погр} + t_{8ржд}^{пнп} + t_{8пнп}^{погр} + t_{8ржд}^{сржд} + t_{8ржд}^{отпр}, \quad (10)$$

где $t_{8ржд}^{погр}$ — время нахождения порожних 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов, следующих в кольцевых маршрутах, на станции примыкания ОАО «РЖД», обслуживающей углепогрузочный район, от прибытия до отправления на ПНП, ч; $t_{8пнп}^{погр}$ — время нахождения 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов, следующих в кольцевых маршрутах, на ПНП при выполнении операции погрузки без учета времени следования маршрута между станцией примыкания ОАО «РЖД» и углесборочной станцией ПНП (в обоих направлениях), ч; $t_{8ржд}^{пнп}$, $t_{8ржд}^{сржд}$ — время нахождения 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов при следовании в кольцевых маршрутах от станции ОАО «РЖД» до передаточной (углесборочной) станции ПНП и в обратном направлении соответственно, ч; $t_{8ржд}^{отпр}$ — время нахождения кольцевого маршрута из груженных 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов на станции ОАО «РЖД» от прибытия с ПНП до отправления на участок, ч.

Учитываемые при определении времени оборота вагонов технологические операции на станциях примыкания ОАО «РЖД» и ПНП при погрузке угля представлены в табл. 5. В зимний период увеличивается время выполнения операций, связанных с погрузочно-выгрузочными работами, что приводит к увеличению потребного парка вагонов. Поэтому расчет парка вагонов выполняется для зимнего периода.

Следует учитывать, что обращение кольцевых маршрутов предусматривается по специализированным расписаниям, поэтому величина $t_8^{погр}$ в формуле (10) для повышения надежности выполнения таких расписаний должна учитывать некоторый резерв времени $t_{рез8}^{погр}$ на возможную неравномерность выполнения технологических операций, входящих в величину $t_8^{погр}$, т. е.:

$$t_8^{погр} = \bar{t}_8^{погр} + t_{рез8}^{погр}. \quad (11)$$

В расчетах с учетом нормального закона распределения продолжительности выполнения станционных операций [6] принимается 10%-й резерв времени.

Тогда

$$t_8^{погр} = 1,1 \bar{t}_8^{погр}. \quad (12)$$

Технологическое время загрузки вагонов (операция 6 в табл. 5) определяется в условиях использования погрузочных бункеров — способа, наиболее характерного для крупных углепогрузочных районов. Возможна последовательная или параллельная загрузка вагонов маршрута при использовании одного или двух погрузочных бункеров с соответствующим изменением суммарного времени загрузки вагонов и в целом величины $t_8^{погр}$.

Аналогичный анализ технологических операций выполнен и при определении времени оборота вагонов, связанного с выполнением операции выгрузки $t_8^{выгр}$.

Таблица 5

Технологические операции, выполняемые на станциях примыкания ОАО «РЖД» и ПНП при погрузке 8-осных (4-осных) полувагонов, входящих в кольцевой маршрут

Table 5

Technological operations performed at the connecting stations of JSC Russian Railways and non-public railways when loading 8-axle (4-axle) open-box wagons included in the circular route

№ п/п	Технологические операции	Место и особенности выполнения операций
1	Операции с отправительским маршрутом по прибытию на станцию примыкания ОАО «РЖД» и отправлению на углесборочную станцию ПНП	Станция примыкания ОАО «РЖД»
2	Приемо-сдаточные операции	Станция примыкания ОАО «РЖД» или углесборочная станция ПНП
3	Операции по прибытию на углесборочную станцию	ПНП
4	Расформирование состава с формированием групп вагонов (подач) под очистку и погрузку вагонов. Подготовка к погрузке — очистка вагонов, опрыскивание антиобледенителем (зимой), взвешивание	ПНП
5	Подача групп вагонов к местам погрузки	ПНП
6	Погрузка, взвешивание груженых вагонов, дозировка, уплотнение угля	ПНП, операция выполняется последовательно или параллельно
7	Передача групп вагонов на углесборочную станцию	ПНП
8	Формирование маршрута	ПНП
9	Операции по отправлению кольцевого маршрута с углесборочной станции	ПНП
10	Приемо-сдаточные операции	ПНП или станция примыкания ОАО «РЖД»
11	Операции по прибытию с отправительским маршрутом с углесборочной станции и отправлению на перегон	Станция примыкания ОАО «РЖД»

Выгрузку 8-осных полувагонов, следующих в кольцевых маршрутах, предусмотрено выполнять на угольных терминалах морских портов. Учитываются варианты выгрузки угля с использованием вагоноопрокидывателей или грейферов.

При расчете $t_8^{выгр}$ аналогично $t_8^{погр}$ принимается 10%-й резерв времени на возможную неравномерность выполнения операций, связанных с выгрузкой вагонов.

Расчет времени выполнения маневровых операций при определении значений $t_8^{погр}$ и $t_8^{выгр}$ производится

согласно [7, 8 и 9], а времени выполнения погрузочно-выгрузочных операций согласно [10].

Учитывается, что ОАО «РЖД» совместно с железной дорогой примыкания ПНП для перспективных проектов рассматривает схему развития инфраструктуры ПНП и формирует к ней исходные данные, в которых излагаются требования к развитию инфраструктуры ПНП по освоению заявляемых объемов перевозок на основе реализации перспективной технологии. В таких требованиях, как правило, предусматривается решение задачи ускорения оборота вагонов, чему в значительной степени способствует параллельное выполнение операций погрузки и выгрузки. Использование такого способа учитывается в методических положениях.

Что касается способа выгрузки, то, принимая во внимание сложившиеся в настоящее время технические и внешнеэкономические условия, связанные с закупкой, разработкой и производством конструкций вагоноопрокидывателей (для выгрузки 8-осных полувагонов), в расчетах следует учитывать использование грейферной выгрузки.

Таким образом, при выполнении технико-экономических расчетов эффективности использования 8-осных полувагонов для перевозки угля целесообразно учитывать следующую технологию работы ПНП:

- параллельную бункерную погрузку;
- параллельное выполнение выгрузки с использованием грейферов.

Рекомендуемые значения величин $(t_8^{погр} + t_8^{выгр})$ — для 8-осных полувагонов и $(t_4^{погр} + t_4^{выгр})$ — для 4-осных полувагонов представлены в табл. 6.

При определении значений $t_8^{д.гр}$ и $t_8^{д.пор}$ (9) наиболее точным способом является построение для каждого направления следования корреспонденций угля графиков движения поездов с прокладкой специализированных ниток для кольцевых маршрутов из груженых и порожних полувагонов.

Для укрупненных расчетов на перспективу возможно использование некоторых средних прогнозных значений маршрутной скорости с определением времени следования кольцевых маршрутов между станциями погрузки/выгрузки по выбранным направлениям следования корреспонденций угольных грузопотоков:

$$t_8^{д.гр} + t_8^{д.пор} = \frac{24 \cdot 2L_8}{V_{м8}}, \quad (13)$$

где L_8 — длина выбранного направления следования корреспонденций грузопотоков угля, км; $V_{м8}$ — маршрутная скорость поездов из 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов, км/сут (прогнозное значение).

Таким образом, определены все составляющие в (9) для расчета оборота вагонов, что позволяет использовать полученные значения в (8) для расчета

величины исправного парка вагонов. При расчете потребного инвентарного парка вагонов (7) доля вагонов, находящихся в отцепочном и капитальном ремонте, принимается равной $(\alpha_{p8}^{опч} + \alpha_{p8}^{кан}) = 0,02$.

Это значение принято на основании следующих данных. Доля грузовых вагонов, находящихся в ремонте, составляет в настоящее время 3,4%. Для инновационных вагонов нормативный межремонтный пробег увеличивается примерно в 1,8 раза по сравнению с вагонами действующего парка, поэтому можно ожидать, что доля инновационных 8-осных полувагонов, находящихся в ремонте, составит $3,4/1,8 \approx 2\%$.

Это же значение принимается для инновационных 4-осных полувагонов с нагрузкой 25 и 27 т/ось.

Определение потребного инвентарного парка магистральных локомотивов. На каждом выбранном направлении следования кольцевых маршрутов из 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов инвентарный парк магистральных локомотивов для вождения кольцевых маршрутов определяется в общем виде (с учетом [11]) по формуле

$$M_{ис} = \sum_{j=1}^z K_{эj} K_{э8j} K_{эпj} \left(\frac{1 + \alpha_{эпj}}{1 - \beta_{эпj}} \right) + \sum_{j=1}^z K_{тj} K_{т8j} K_{тпj} \left(\frac{1 + \alpha_{тпj}}{1 - \beta_{тпj}} \right), \text{секций} \quad (14)$$

где $\sum_{j=1}^z$ — распространяется на все участки выбранного направления следования кольцевых маршрутов из 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов, обслуживаемые электрической тягой; $\sum_{j=1}^z$ — то же, обслуживаемые тепловозной тягой; j — множество участков обращения локомотивов (УОЛ) — всего z , с электрической и тепловозной тягой на выбранном направлении следования; $K_{эj}$, $K_{тj}$ — коэффициенты, учитывающие кратность тяги кольцевых маршрутов, на УОЛ с электрической и тепловозной тягой соответственно; $K_{э8j}$, $K_{т8j}$ — количество ежесуточно следующих кольцевых маршрутов из 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов на участках с электрической и тепловозной тягой соответственно, маршрутов/сут; $K_{эпj}$, $K_{тпj}$ — коэффициент потребности эксплуатационного парка локомотивов (электровозов, тепловозов) на пару поездов (кольцевых маршрутов) на j -м УОЛ; $\alpha_{эпj}$, $\alpha_{тпj}$ — доля увеличения парка исправных локомотивов (электровозов, тепловозов), связанная с посуточной неравномерностью следования кольцевых маршрутов из 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов на j -м УОЛ; $\beta_{эпj}$, $\beta_{тпj}$ — доля парка неисправных локомотивов (электровозов, тепловозов) с учетом нахождения в процессе перемещения на ремонтные заводы и в депо.

Величину $M_{ис}$ округляют в большую сторону до числа, кратного $K_{эj}$ и/или $K_{тj}$.

Таблица 6

Рекомендуемые численные значения величин $(I_8^{погр} + I_8^{выгр})$, $(I_4^{погр} + I_4^{выгр})$ по вариантам технико-экономических расчетов

Table 6

Recommended numerical values $(I_8^{погр} + I_8^{выгр})$, $(I_4^{погр} + I_4^{выгр})$ according to the options for technical and economic calculations

Варианты технико-экономических расчетов		Значения $(I_8^{погр} + I_8^{выгр})$, $(I_4^{погр} + I_4^{выгр})$, ч
Вид тяги	Тип вагона	
Электровозная	4-осный, 25 т/ось	47,2
	4-осный, 27 т/ось	46,9
	8-осный	39,1
Тепловозная	4-осный, 25 т/ось	47,2
	4-осный, 27 т/ось	46,2
	8-осный	39,1

Составляющие формулы (14) определяются следующим образом.

На Транссибе и БАМ для вождения кольцевых маршрутов из 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов предусматривается использовать электровозы типа ЭС5К и тепловозы типа ТЭ25К2М, состоящие из расчетного числа секций. Те же локомотивы используются для вождения маршрутов из 4-осных (25 т/ось) полувагонов с меньшим количеством секций. Соответственно, количество секций может быть равно 3 или 4, т. е. это локомотивы 3ЭС5К, 4ЭС5К, 3ТЭ25К2М, 2ТЭ25К2М + 2ТЭ25К2М. При определении количества локомотивных бригад необходимо учитывать использование распределенной тяги. В зависимости от количества секций значения коэффициентов $K_{эj}$ и $K_{тj}$ равны 3 или 4.

Значения количества кольцевых маршрутов для различных годовых грузопотоков определяются на основании данных табл. 4. При этом имеет место равенство количества кольцевых маршрутов при электровозной и тепловозной тяге.

Величина коэффициентов $K_{эпj}$ и $K_{тпj}$ определяется по формуле (для $K_{тпj}$ аналогично) с округлением до целого числа в большую сторону (локомотивов без учета количества секций):

$$K_{эпj} = \frac{1}{24} \left(24 \frac{2L_j}{V_{mj}} + t'_{обj} + t''_{обj} \right), \quad (15)$$

где L_j — длина УОЛ, км; V_{mj} — маршрутная скорость кольцевых маршрутов из 8-осных полувагонов на j -м УОЛ, км/сут (прогнозируемая или определенная на основе построения графика); $t'_{обj}$, $t''_{обj}$ — время нахождения локомотивов, следующих с кольцевыми

маршрутами, на станциях, ограничивающих УОЛ (станциях оборота магистральных локомотивов), ч.

Значения $t'_{обj}$ и $t''_{обj}$ (обозначим $t_{обj}$) определяются следующим образом:

$$t_{обj} = t_{тех.обj} + \rho_j t_{тоj} + t_{ожj}, \quad (16)$$

где $t_{тех.обj}$ — норма времени на технологические операции при нахождении магистрального локомотива на станции оборота без учета времени на ТО-2 и экипировку, ч; ρ_j — доля магистральных локомотивов, заходящих на ТО-2 и экипировку; $t_{тоj}$ — среднее время, необходимое для ТО-2 и экипировки, ч; $t_{ожj}$ — среднее время ожидания отправления в пункте оборота, ч.

В формуле (16) значение $t_{тех.обj}$ принимается на основе технологических графиков выполнения операций с магистральными локомотивами на станциях оборота. При отсутствии таких данных $t_{тех.обj} = 1,0$ ч.

На основании опыта обращения инновационных локомотивов на удлинённых УОЛ будет целесообразна следующая схема оборота магистральных локомотивов (см. рисунок).

Здесь на станции оборота А выполняется ТО-2, а по станции Б локомотивы следуют «с оборота». Тогда доля локомотивов, заходящих на ТО-2 и экипировку, в среднем по обеим станциям оборота $\rho_j = 0,5$. Значение $t_{тоj}$ (16) принимается по нормативным документам или из технической документации на используемые локомотивы, а при отсутствии таких данных $t_{тоj} = 1,5$ ч. Значение $t_{ожj}$ принимается на основе построения графика движения и графиков оборота локомотивов на j -м участке. При отсутствии таких данных $t_{ожj} = 1,5$ ч.

Значения $\alpha_{эpj}$ ($\alpha_{тпj}$) и $\beta_{эпj}$ ($\beta_{тпj}$) в формуле (14) принимаются следующим образом.

При определении доли парка исправных локомотивов, связанной с влиянием посуточной неравномерности, принимается во внимание, что кольцевые маршруты следуют по специализированным расписаниям, в суточном количестве которых уже учитывается возможное неравномерное суточное проявление грузопотока. Поэтому в данном случае при

значении $\alpha_{эpj} \neq 0$ или $\alpha_{тпj} \neq 0$ влияние посуточной неравномерности грузопотоков будет учитываться повторно, что неправильно. Для расчетов принимаем $\alpha_{эpj} = \alpha_{тпj} = 0$.

В (14) доля парка неисправных локомотивов (с учетом находящихся в процессе перемещения на заводы и в депо) в инвентарном парке для инновационных локомотивов принимается на основе нормативных значений коэффициента их технической готовности, равного $(1 - \beta_{эпj})$ или $(1 - \beta_{тпj})$. При отсутствии таких данных принимаем $\beta_{эпj} = 0,04$, $\beta_{тпj} = 0,05$.

При технико-экономической оценке эффективности использования 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов, по сравнению с исходным вариантом использования 4-осных (25 т/ось) полувагонов, необходимо оценить значение потребного количества секций локомотивов и при использовании только 4-осных (25 т/ось) полувагонов. Это значение определяется на основе следующей зависимости:

$$M_{и4,25} = \frac{M_{и8} \cdot Q_{и8}}{K_{э8} \cdot Q_{и4,25}} K_{э4,25}, \quad (17)$$

где $K_{э8}$, $K_{э4,25}$ — коэффициенты, учитывающие кратность тяги (в секциях) при эксплуатации 8- или 4-осных (27 т/ось) и 4-осных (25 т/ось) полувагонов соответственно; $Q_{и8}$, $Q_{и4,25}$ — масса поезда нетто из 8- или 4-осных (27 т/ось) и 4-осных (25 т/ось) полувагонов соответственно, т.

Расчетную величину $M_{и4,25}$ округляют в большую сторону до числа, кратного $K_{эj}$ и/или $K_{тj}$.

Например, определено, что $M_{и8} = 120$ секций локомотивов; $Q_{и8} = 6063$ т; $Q_{и4,25} = 5396$ т; $K_{э8} = 4$; $K_{э4,25} = 3$.

$$\text{Тогда } M_{и4,25} = \frac{120 \cdot 6063}{4 \cdot 5396} \cdot 3 = 102 \text{ секции локомотивов.}$$

Число 102 кратно $K_{э4,25} = 3$, поэтому величина $M_{и4,25} = 102$ принимается окончательной.

Прирост провозной способности. Изменение провозной способности при переходе от обращения поездов, в том числе угольных маршрутов, только из 4-осных (25 т/ось) полувагонов к обращению угольных маршрутов из 4-осных (27 т/ось) или 8-осных полувагонов $\Delta G_{4,8}$ включает в себя две составляющие [12]:

$$\Delta G_{4,8} = \Delta G_{Q8} + \Delta G_{N_{гр4,8}}, \text{ млн т/год}, \quad (18)$$

где ΔG_{Q8} — изменение провозной способности за счет изменения массы поездов (угольных маршрутов) из 8-осных полувагонов нетто, млн т/год; $\Delta G_{N_{гр4,8}}$ — изменение провозной способности за счет изменения общего количества обращающихся грузовых поездов из 4-осных (25 т/ось), а также 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов, млн т/год.

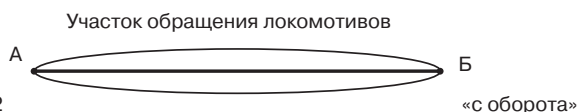


Рис. Схема оборота магистральных локомотивов:
А, Б — станции оборота локомотивов

Fig. Diagram of turnover of main line locomotives:
А, Б — locomotive turnover stations

В данной зависимости рассмотрен переход от 4-осных (25 т/ось) к 8-осным полувагонам. При переходе к 4-осным (27 т/ось) полувагонам эта зависимость сохраняется. Значение ΔG_{Q8} определяется по формуле

$$\Delta G_{Q8} = \Delta G_1 K_{гр8}, \text{ млн т/год}, \quad (19)$$

где ΔG_1 — прирост провозной способности, приходящийся на один угольный маршрут из 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов, согласно табл. 7, млн т/год; $K_{гр8}$ — суточное количество угольных маршрутов, состоящих из 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов, маршрутов/сут (см. табл. 4).

Значение $\Delta G_{N_{гр4,8}}$ (формула 18) определяется по формуле

$$\Delta G_{N_{гр4,8}} = 365(N_{гр4,8} - N_{гр4,25}^{исх}) Q_{н4,25} 10^{-6}, \text{ млн т/год}, \quad (20)$$

где $N_{гр4,8}$ — пропускная способность участка при обращении угольных маршрутов из 4-осных (25 т/ось) и 8-осных полувагонов, поездов/сут; $N_{гр4,25}^{исх}$ — исходная пропускная способность при обращении по участку угольных маршрутов только из 4-осных полувагонов (25 т/ось), поездов/сут.

Для определения значения $\Delta G_{N_{гр4,8}}$ принимается, что количество маршрутов из 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов является постоянным, и они следуют по выделенным расписаниям. Общее же количество угольных маршрутов изменяется за счет различного количества угольных маршрутов, состоящих из 4-осных (25 т/ось) полувагонов.

При определении в формуле (20) фактического значения $(N_{гр4,8} - N_{гр4,25}^{исх})$ необходимо также учитывать возможность проведения на участках обращения 8- и 4-осных (27 т/ось) полувагонов дополнительных мероприятий, связанных не только с усилением тяги, но и с усилением инфраструктуры. Поэтому значение $\Delta G_{N_{гр4,8}}$ следует определять в двух вариантах:

1-й вариант (теоретический): при усилении тяги пропорционально повышению массы грузовых поездов брутто, состоящих из 8- или 4-осных (27 т/ось) полувагонов с сохранением перегонных времен хода, значений межпоездных и станционных интервалов (состояние инфраструктуры не изменяется);

2-й вариант (практический): при фактически достигнутом усилении тяги и с учетом дополнительно проведенных мероприятий по усилению инфраструктуры при переходе к обращению 8-осных или 4-осных (27 т/ось) полувагонов.

В 1-м варианте в формуле (18) при определении прироста перерабатывающей способности $\Delta G_{4,8}$ составляющая $\Delta G_{N_{гр4,8}} = 0$.

Таблица 7

Прирост провозной способности при переходе от 4-осных (25 т/ось) к 8- или 4-осным (27 т/ось) полувагонам для одного маршрута ΔQ_n и для одного маршрута за годовой период ΔG_1

Table 7

Growth in traffic-carrying capacity after the transition from 4-axle (25 t/axle) to 8- or 4-axle (27 t/axle) open-box wagons for one route ΔQ_n and for one route for an annual period ΔG_1

Тип вагона	Вид тяги	Прирост провозной способности	
		ΔQ_n , т (см. табл. 3)	ΔG_1 , млн т/год
8-осный глухонный	Электровозная	1231	0,45
	Тепловозная	1231	0,45
8-осный с люками	Электровозная	1208	0,44
	Тепловозная	1208	0,44
4-осный (27 т/ось)	Электровозная	331	0,12
	Тепловозная	248	0,09

Заключение. При оценке технико-экономической эффективности новых вагонов с повышенной осевой и погонной нагрузкой необходимо иметь данные об изменении значения основных параметров организации перевозочного процесса.

Разработанные методические положения могут быть использованы при определении численных значений таких основных параметров, как потребный инвентарный парк вагонов, наличный парк локомотивов и прирост провозной способности направлений, выбранных для обращения новых вагонов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Богданов В. М. Использование габаритных возможностей сети для повышения провозной способности // Увеличение габаритов и повышение погонных нагрузок грузовых вагонов: сб. науч. тр. / под ред. В. М. Богданова. М.: Транспорт, 1983. С. 4–14. (Труды «ВНИИЖТ»; вып. 660).
- Грузовые вагоны железнодорожной колеи 1520 мм: альбом-справочник: 002И-2009 ПКБ ЦВ / ПКБ ЦВ ОАО «РЖД». М., 2009. 727 с.
- Грановская Г. А., Мурзин Р. В., Сулов О. А. Оценка эффективности эксплуатации грузовых вагонов с улучшенными техническими характеристиками для ОАО «РЖД» на основе проведения испытаний // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2017. Т. 76, № 4. С. 209–216. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-4-209-216>.
- Москаленко М. А., Друзь И. Б., Москаленко А. Д. Устройство и оборудование транспортных средств: учеб. пособие. 2-е изд., испр. СПб.: Лань, 2022. 240 с.
- Временные указания по разработке единых технологических процессов работы подъездных путей и станций примыкания [Электронный ресурс]: утв. МПС СССР 26 декабря 1983 г. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 20.05.2022).

6. Сотников Е. А. Интенсификация работы сортировочных станций. М.: Транспорт, 1979. 239 с.

7. Нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожных станциях ОАО «РЖД», нормативы численности бригад маневровых локомотивов: утв. ОАО «РЖД» 8 февраля 2007 г. М.: Техинформ, 2007. 100 с.

8. Об утверждении Порядка разработки и определения технологических сроков оборота вагонов и технологических норм погрузки грузов в вагоны и выгрузки грузов из вагонов [Электронный ресурс]: приказ МПС РФ от 29 сентября 2003 г. № 67. URL: <https://base.garant.ru> (дата обращения: 16.05.2022).

9. О Методике по разработке и определению технологических норм погрузки грузов в вагоны и выгрузки грузов из вагонов [Электронный ресурс]: приказ МПС РФ от 10 ноября 2003 г. № 70. URL: <https://base.garant.ru> (дата обращения: 16.05.2022).

10. Об утверждении Правил рассмотрения обращений юридических лиц или индивидуальных предпринимателей, владеющих на праве собственности или на ином праве железнодорожными путями необщего пользования, о примыкании строящихся, реконструируемых, восстановленных железнодорожных путей необщего пользования к инфраструктуре ОАО «РЖД» или развитию существующих примыканий [Электронный ресурс]: распоряжение ОАО «РЖД» от 24 ноября 2021 г. № 2571/р. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 20.05.2022).

11. Апатцев В. И., Некрашевич В. И. Управление эксплуатацией локомотивов. 3-е изд. М.: МГУПС, 2014. 340 с.

12. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: учеб. для вузов / П. С. Грунтов [и др.] / под ред. П. С. Грунтова. М.: Транспорт, 1994. 542 с.

REFERENCES

1. Bogdanov V. M. Ispol'zovanie gabaritnykh vozmozhnostey seti dlya povysheniya provoznoy sposobnosti [Using the overall network capabilities to increase the carrying capacity]. Uvelichenie gabaritov i povyshenie pogonnykh nagruzok gruzovykh vagonov [Increasing the dimensions and linear loads of freight cars]. Coll. papers, ed. by V. M. Bogdanov. Moscow: Transport Publ.; 1983. P. 4–14. (Proceedings of VNIIZhT; issue 660). (In Russ.).

2. Gruzovye vagony zheleznodorozhnoy kolei 1520 mm: al'bom-spravochnik: 002I-2009 PKB TsV [Freight wagons of the 1520 mm railway gauge: reference album: 002I-2009 PKB TsV]. Moscow; 2009. 727 p. (In Russ.).

3. Granovskaya G. A., Murzin R. V., Suslov O. A. Otsenka effektivnosti ekspluatatsii gruzovykh vagonov s uluchshennymi tekhnicheskimi kharakteristikami dlya ОАО «RZhD» na osnove provedeniya ispytaniy [Performance evaluation of operating freight cars with improved technical characteristics for JSC “Russian Railways” on the testing basis]. *Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta (Vestnik VNIIZhT) = Russian Railway Science Journal*. 2017;76(4):209-216. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-4-209-216>. (In Russ.).

4. Moskalenko M. A., Druz' I. B., Moskalenko A. D. Ustroystvo i oborudovanie transportnykh sredstv [Design and equipment of vehicles]. Textbook. 2nd ed. St. Petersburg: Lan' Publ.; 2022. 240 p. (In Russ.).

5. Vremennyye ukazaniya po razrabotke edinykh tekhnologicheskikh protsessov raboty pod "ezdnykh putey i stantsiy primykaniya [Temporary instructions for the development of unified technological processes for the operation of access roads and junction stations]. Approved by Ministry of Railways of the USSR dated December 26, 1983. URL: <http://www.consultant.ru> (access date: 20.05.2022). (In Russ.).

6. Sotnikov E. A. Intensifikatsiya raboty sortirovochnykh stantsiy [Intensification of marshalling yards]. Moscow: Transport Publ.; 1979. 239 p. (In Russ.).

7. Normy vremeni na manevrovyye raboty, vypolnyaemye na zheleznodorozhnykh stantsiyakh ОАО «RZhD», normativy chislenosti brigad

manevrovyykh lokomotivov [Time standards for shunting work performed at railway stations of Russian Railways, standards for the number of teams of shunting locomotives]. Approved by Russian Railways dated February 8, 2007. Moscow: Tekhinform Publ.; 2007. 100 p. (In Russ.).

8. Ob utverzhdenii Poryadka razrabotki i opredeleniya tekhnologicheskikh strokov oborota vagonov i vygruzki gruzov iz vagonov [On approval of the procedure for the development and determination of technological terms for the turnover of wagons and technological norms for loading goods into wagons and unloading goods from wagons]. Order of the Ministry of Railways of the Russian Federation dated September 29, 2003 No. 67. URL: <https://base.garant.ru> (access date: 16.05.2022). (In Russ.).

9. O Metodike po razrabotke i opredeleniyu tekhnologicheskikh norm pogruzki gruzov v vagony i vygruzki gruzov iz vagonov [On the Methodology for the development and determination of technological standards for loading goods into wagons and unloading goods from wagons]. Order of the Ministry of Railways of the Russian Federation dated November 10, 2003 No. 70. URL: <https://base.garant.ru> (access date: 16.05.2022). (In Russ.).

10. Ob utverzhdenii Pravil rassmotreniya obrashcheniy yuridicheskikh lits ili individual'nykh predprinimateley, vladeyushchikh na prave sobstvennosti ili na inom prave zheleznodorozhnyimi putyami neobshchego pol'zovaniya, o primykaniy stroyashchikhsya, rekonstruiemykh, vosstanovlennykh zheleznodorozhnykh putey neobshchego pol'zovaniya k infrastrukture ОАО «RZhD» ili razvitiyu sushchestvuyushchikh primykaniy [On Approval of the Rules for Considering Appeals from Legal Entities or Individual Entrepreneurs Owning Non-Public Railroad Tracks on the Right of Ownership or on Other Rights, on the Adjacency of Non-Public Railroad Tracks Under Construction, Reconstruction, and Rehabilitation to the Infrastructure of Russian Railways Company dated November 24, 2021 No. 2571/r. URL: <http://www.consultant.ru> (access date: 20.05.2022). (In Russ.).

11. Apatsev V. I., Nekrashevich V. I. Upravlenie ekspluatatsiyey lokomotivov [Management of operation of locomotives]. 3rd ed. Moscow: MGUPS Publ; 2014. 340 p. (In Russ.).

12. Gruntov P. S., Kochnev F. P., D'yakov Yu. V. et al. Upravlenie ekspluatatsionnoy rabotoy i kachestvom perevozok na zheleznodorozhnom transporte [Management of operational work and the quality of transportation in railway transport]. Moscow: Transport Publ.; 1994. 542 p. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Михаил Иванович МЕХЕДОВ,

канд. техн. наук, заместитель генерального директора, директор научного центра «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения», Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10), Author ID: 1019989, <https://orcid.org/0000-0002-8174-214X>

Евгений Александрович СОТНИКОВ,

д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, начальник отдела, научный центр «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения», Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10), Author ID: 493861, <https://orcid.org/0000-0003-0852-993X>

Павел Сергеевич ХОЛОДНЯК,

начальник отдела, научный центр «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения», Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10), Author ID: 951876, <https://orcid.org/0000-0002-5469-7419>

Алексей Александрович КАПЫРИН,

главный технолог, научный центр «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения», Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10), Author ID: 1137770, <https://orcid.org/0000-0002-5086-8954>

Наталья Владимировна КОРНИЕНКО,

ведущий технолог, научный центр «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения», Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10), Author ID: 1080941, <https://orcid.org/0000-0002-1375-2071>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Mikhail I. MEKHEDOV,

Cand. of Sci. (Engineering), Deputy General Director, Director of the Digital Models of Transportation and Energy Saving Technologies Research Centre, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St.), Author ID: 1019989, <https://orcid.org/0000-0002-8174-214X>

Evgeniy A. SOTNIKOV,

Dr. of Sci. (Engineering), Professor, Chief Researcher, Head of Department, Digital Models of Transportation and Energy Saving Technologies Research Centre, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St.), Author ID: 493861, <https://orcid.org/0000-0003-0852-993X>

Pavel S. KHOLODNYAK,

Head of Department, Digital Models of Transportation and Energy Saving Technologies Research Centre, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St.), Author ID: 951876, <https://orcid.org/0000-0002-5469-7419>

Aleksey A. KAPYRIN,

Chief Technologist, Digital Models of Transportation and Energy Saving Technologies Research Centre, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St.), Author ID: 1137770, <https://orcid.org/0000-0002-5086-8954>

Natalya V. KORNIENKO,

Leading Technologist, Digital Models of Transportation and Energy Saving Technologies Research Centre, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St.), Author ID: 1080941, <https://orcid.org/0000-0002-1375-2071>

ВКЛАД АВТОРОВ

Михаил Иванович МЕХЕДОВ. Формирование направления исследования, формулировка цели и задач, обозначение алгоритма исследования (20%).

Евгений Александрович СОТНИКОВ. Выполнение расчетов по определению инвентарного парка вагонов, потребного инвентарного парка магистральных локомотивов, оценка численных значений параметров изменения условий организации перевозочного процесса при внедрении вагонов с повышенной осевой и погонной нагрузкой применительно к использованию новых 8- или 4-осных (27 т/ось) (20%).

Павел Сергеевич ХОЛОДНЯК. Формирование исходных данных и описание условий для разработки методических положений, выводы (20%).

Алексей Александрович КАПЫРИН. Определение прироста провозной способности при переходе от обращения поездов, в том числе угольных маршрутов, только из 4-осных (25 т/ось) вагонов к обращению угольных маршрутов из 4-осных (27 т/ось) или 8-осных полувагонов (20%).

Наталья Владимировна КОРНИЕНКО. Подготовка и описание исходных данных для выполнения расчета по определению времени оборота вагонов с учетом выполнения всех технологических операций на станциях примыкания ОАО «РЖД» и железнодорожных путей необщего пользования при погрузке и выгрузке угля, выполнение расчета, проведение сравнительного анализа полученных результатов (20%).

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Mikhail I. MEKHEDOV. Formation of the direction of research, formulation of goals and objectives, designation of the research algorithm (20%).

Evgeniy A. SOTNIKOV. Performing calculations to determine the size of the fleet of cars, the required inventory fleet of main line locomotives, assessing the numerical values of the parameters for changing the conditions for organising the transportation process when introducing cars with increased axial and linear loads in relation to the use of new 8- or 4-axle (27 t/axle) open-box wagons (20%).

Pavel S. KHOLODNYAK. Formation of initial data and description of the conditions for the development of methodological provisions, conclusions (20%).

Aleksey A. KAPYRIN. Estimation of the increase in traffic-carrying capacity during the transition from only 4-axle (25 t/axle) cars to 4-axle (27 t/axle) or 8-axle open-box wagons, including coal routes (20%).

Natalya V. KORNIENKO. Preparation and description of the initial data for performing the calculation to determine the turnaround time of the cars, taking into account the performance of all technological operations at the junction stations of Russian Railways and non-public railway when loading and unloading coal, performing the calculation, conducting a comparative analysis of the obtained results (20%).

*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 05.07.2022, рецензия от первого рецензента получена 26.07.2022, рецензия от второго рецензента получена 08.09.2022, принята к публикации 01.11.2022.
The article was submitted 05.07.2022, first review received 26.07.2022, second review received 08.09.2022, accepted for publication 01.11.2022.