

Оценка эффективности инвестиций в проекты для компаний железнодорожного транспорта

О.О. Гренкевич, А.Д. Калидова✉

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Российская Федерация

✉alexandra_kd@bk.ru

Резюме

В статье рассматривается методика выбора целесообразного места расположения железнодорожных путей для выполнения технического осмотра порожних вагонов, направляемых под погрузку. Использование разработанной методики позволит выбирать оптимальное место для проведения работ по технической передаче вагонов под двоянные операции по критерию минимума суммарных эксплуатационных расходов, а также обосновывать затраты на содержание штата осмотровиков вагонов по договору для транспортных компаний ОАО «РЖД». Объект исследований – пункты проведения технической передачи вагонов под двоянные операции; предмет – критерий выбора оптимального местонахождения железнодорожных выставочных путей, заключающийся в минимизации эксплуатационных расходов. Расчет таких расходов по полурейсам при различных значениях учитываемых факторов (параметры путевого развития, количество и масса местных вагонов) произведен на основе имитационного моделирования маневровых передвижений. Методы статистического исследования применялись с целью выявления математических зависимостей и определения влияния изменяемых параметров на изучаемые величины. В результате были получены зависимости эксплуатационных расходов от массы и числа вагонов в маневровом составе, от длины и продольного профиля полурейсов, используемых в перестановке фитинговых платформ для технического осмотра под двоянные операции. Разработанная методика апробирована на реальном железнодорожном объекте. Практическая значимость данного исследования заключается в совершенствовании работы станции путем сокращения простоя местных вагонов, а также оптимизации условий обслуживания грузоотправителей и грузополучателей за счет ускорения доставки грузов.

Ключевые слова

выставочный путь, технический осмотр, расходные ставки, эксплуатационные расходы, сокращение простоя, ускорение доставки

Для цитирования

Гренкевич О.О. Оценка эффективности инвестиций в проект для компаний железнодорожного транспорта / О.О. Гренкевич, А.Д. Калидова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2023. № 4 (80). С. 102–111. DOI 10.26731/1813-9108.2023.4(80).102-111.

Информация о статье

поступила в редакцию: 27.10.2023 г.; поступила после рецензирования: 04.12.2023 г.; принята к публикации: 05.12.2023 г.

Evaluating the efficiency of investment in a project for railway transport companies

O.O. Grenkevich, A.D. Kalidova✉

Siberian Transport University, Novosibirsk, the Russian Federation

✉alexandra_kd@bk.ru

Abstract

The article considers the method of choosing an appropriate location of railway tracks for performing technical inspection of empty wagons sent for loading. The use of the developed methodology will make it possible to choose the optimal place for the technical transfer of wagons for dual operations according to the criterion of the minimum total operating costs, as well as to justify the costs of maintaining the staff of wagon inspectors under the contract for the transport companies of JSC «Russian Railways». The object for research is the points of technical transfer of wagons for dual operations. The subject of the study is the criterion for choosing the optimal location of railway exhibition tracks thus minimizing the operating costs. The calculation of operating costs for half-journeys with different values of factors about the parameters of track development, the number and weight of local wagons was made on the basis of simulation modeling of shunting movements. Statistical research methods were used to identify mathematical dependencies and determine the influence of variable parameters on the studied values. As a result, the dependences were obtained of operating costs on the mass and number of wagons in the shunting train, on the length and longitudinal profile of the rails used in the rearrangement of fitting platforms for technical inspection for dual operations. The developed methodology for selecting the location of the technical transfer of wagons involved in dual operations has been tested on a real railway facility. The practical significance of this study lies in the improvement of the station's operation by reducing the downtime of local wagons, as well as optimizing the

conditions of service for shippers and cargo recipients by accelerating the delivery of goods.

Keywords

exhibition track, technical inspection, expense rates, operating costs, reduction of downtime, acceleration of delivery

For citation

Grenkevich O.O., Kalidova A.D. Otsenka effektivnosti investitsii v proekty dlya kompanii zheleznodorozhnogo transporta [Evaluating the efficiency of investment in a project for railway transport companies]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2023, no. 4(80), pp. 102–111. DOI: 10.26731/1813-9108.2023.4(80).102-111.

Article Info

Received: October 27, 2023; Revised: December 4, 2023; Accepted: December 5, 2023.

Введение

В целях совершенствования ведения договорной работы в ОАО «РЖД» при взаимодействии с контрагентами об оказании услуг в сфере грузовых железнодорожных перевозок разработана и утверждена типовая форма договора. Регламентированы услуги по организации осмотра порожних вагонов, выполняемых силами грузоотправителей (получателей порожних вагонов).

На основании требования на перемещение порожнего грузового вагона с железнодорожных станций общего пользования на пути необщего пользования осуществляется оплата, в том числе и за предоставление железнодорожных путей общего пользования для нахождения на них железнодорожного подвижного состава, не задействованного в перевозочном процессе (на основании актов общей формы ГУ-23 ВЦ, подписанных перевозчиком или владельцем инфраструктуры). При этом оплата производится в соответствии с положениями Федерального закона «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» от 10 января 2003 г. № 18-ФЗ и постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении Правил перемещения порожних грузовых вагонов на железнодорожном транспорте» от 31 октября 2015 г. № 1180.

Утверждена и введена в действие с 1 января 2020 г. методика расчета ставок платы при предоставлении услуг локомотивного комплекса ОАО «РЖД» сторонним организациям. Размер ставок плат определяется на основе экономически обоснованной себестоимости выполнения работ и услуг с учетом допустимого уровня рентабельности.

На сегодняшний день нет методики, применение которой позволит принять решение транспортным компаниям о целесообразности

содержания штата вагонников-осмотрщиков по договору с ОАО «РЖД».

Система взаимодействия путей необщего пользования с железнодорожной станцией примыкания является многофакторным процессом, зависящим от величины путевого развития, особенности технологии работы по подаче (уборке) и технической передаче вагонов, рода грузов и подвижного состава, объемов работы [1–3].

Выставочные пути, на которых выполняются приемо-сдаточные операции, проектируются для временной постановки подаваемых вагонов на погрузочно-выгрузочные пути и временной постановки вагонов, убираемых на станцию, а также для выполнения маневровой работы, связанной с изменением месторасположения вагонов на грузовом фронте или внутри маневрового состава [4–8]. Кроме того, выставочные пути могут использоваться для операций по технической осмотру вагонов, предназначенных под сдвоенные операции.

Пункты технической передачи вагонов под сдвоенные операции предусматривают, когда суточный вагонооборот железнодорожной станции с предприятием составляет более 50 вагонов. Размещают пункты на железнодорожных станциях общего пользования или на промышленных железнодорожных станциях либо непосредственно на местах выполнения погрузочно-разгрузочных работ.

В действующих нормативных источниках не даны рекомендации по выбору варианта местонахождения путей или пунктов для технического осмотра вагонов под сдвоенные операции: на территории станции ОАО «РЖД» (вариант 1), на территории промышленной станции (вариант 2) или в местах непосредственной погрузки вагонов (вариант 3).

Необходимость создания методики выбора оптимального варианта местоположения

пунктов осмотра вагонов, учитывающей основные факторы, влияющие на эффективность того или иного варианта в реальных условиях работы, обусловлена отсутствием технико-экономических обоснований.

Местоположение таких пунктов следует определять путем сравнения суммарных эксплуатационных затрат, связанных с маневровой работой по перестановке вагонов после выгрузки на места проведения работ по технической их передаче (без учета стоимости услуг по техническому обслуживанию подвижного состава) с затратами, связанными с осмотром вагонов при наличии договора на оказание услуг по техническому обслуживанию и текущему ремонту. Целью данной статьи является описание методики для обоснования расходов на содержание штата вагонников-осмотрщиков ОАО «РЖД» для транспортных компаний.

Методика обоснования расходов на содержание штата вагонников-осмотрщиков по договору для транспортных компаний ОАО «РЖД»

Существующая методика тяговых расчетов [4] позволяет решить широкий круг практических вопросов эффективной эксплуатации железных дорог: определять оптимальную массу состава для конкретной серии локомотива, рассчитывать скорость движения состава, время хода по участку, расход электрической энергии или дизельного топлива. На основании расчетов составляют график движения поездов, определяют пропускную и провозную способности дорог. На действующих линиях теория тяги позволяет найти рациональные режимы вождения поездов на различных железнодорожных участках. В РФ и за рубежом к настоящему времени разработан ряд таких способов, многие из которых уже нашли достаточно широкое практическое применение [9–13].

Для принятия оптимального решения по выбору места проведения технической передачи вагонов под сдвоенные операции используется критерий минимума эксплуатационных расходов на маневровые рейсы, который является обобщающим, поскольку обеспечивает учет ряда других частных критериев, в числе которых и затраты вагоно-часов в процессе маневровых передвижений.

Исходные данные для работы имитационной модели определения эксплуатацион-

ных расходов на маневровую работу методом тяговых расчетов состоят из трех групп: данные о маневровом составе, о маршруте маневрового передвижения, значения ставок единичных норм расходов на измерители маневровой работы.

Внутри первых двух групп данные представляются в следующем виде: количество вагонов в переставляемой группе, длина группы вагонов, масса переставляемой группы. Данные о скоростях движения и продольном профиле пути на маршруте включают в себя: допустимые скорости движения маневрового состава и длины полурейсов.

Описание элементов продольного профиля на маршруте с указанием границ элементов профиля, длины и уклона элементов. Данные первой группы формируются по результатам расчетов первого этапа. Данные второй группы определяются следующим образом: допустимые скорости движения маневрового состава – для случаев нахождения маневрового локомотива в голове и в хвосте состава. Длины полурейсов определяются по масштабному плану соединительных путей, примыкающих горловин, пути стоянки состава; длины и уклоны элементов продольного профиля на маршруте – по продольному профилю участков, входящих в маневровый полурейс.

Определение затрат в имитационной модели производится с использованием системы единичных норм расходов (ЕНР). В ней определяются расходы в зависимости от значительного числа характерных измерителей, что позволяет с наибольшей точностью учесть особенности производства маневровой работы при различных способах формирования. В предлагаемой модели расчет происходит по следующим показателям: механическая работа локомотива, механическая работа сил сопротивления, расход дизельного топлива, бригадо-часы локомотивных бригад, локомотиво-часы, вагоно-часы, локомотиво-километры, вагоно-километры, тонно-километры.

Реализация алгоритма начинается с приема необходимых для имитации исходных данных. Группы данных, описанные выше, вводятся вручную. Сведения о маневровом локомотиве размещаются во внешнем файле. Для представления кривых в виде, удобном для компьютерной обработки, используется метод кусочно-линейной аппроксимации, при этом в файле

сохраняются коэффициенты соответствующих отрезков прямых.

В процессе движения маневрового состава он испытывает действие неуправляемых и управляемых сил, которые могут выступать как в качестве сил сопротивления движению, так и в качестве ускоряющих сил. К неуправляемым силам следует отнести сопротивление движению состава от воздушной среды, а также от трения (в первую очередь между рельсами и гребнями колес), а также силу тяжести, которая зависит от массы состава с локомотивом и уклонов элементов продольного профиля, на которых находится состав на участке смещения. Силы трения всегда препятствуют движению маневрового состава; сила тяжести может как препятствовать увеличению скорости, так и способствовать ему. Управляемые силы – сила тяги локомотива и тормозная сила.

В предлагаемой модели имитируется управление движением локомотива с маневровым составом, что позволяет рассчитывать значения измерителей при использовании всех возможных режимов движения маневрового состава: тяга, выбег, торможение. Формирование результатов сеанса имитации заключается в расчете суммарных значений измерителей по всем участкам смещения.

В результате сеанса имитации маневрового передвижения получают значения рассматриваемых измерителей. Величина суммарных эксплуатационных расходов на одно маневровое передвижение определяется путем перемножения заданных расходных ставок на измеритель на соответствующие значения измерителей, полученные в ходе моделирования движения маневрового состава.

Разработанные методика и алгоритмы позволяют на основании реальных данных о структуре местных вагонопотоков, с учетом особенностей продольного профиля и работы маневрового локомотива определять суммарные эксплуатационные расходы на маневровую работу по перестановке составов в различных условиях. Определение времени на маневровые операции выполняется по вариантам с учетом длины полурейса, продольного профиля пути на участке маневрового маршрута, технических характеристиках местных вагонов (масса и длина маневрового состава) и энергетических затрат маневрового локомотива [14–21].

Выполнение экспериментальных исследований и обсуждение их результатов

Расчет эксплуатационных расходов, связанных с различной длиной полурейсов, при разных значениях фактора о параметрах путевого развития и количестве местных вагонов, задействованных под сдвоенные операции, выполнен с использованием имитационного моделирования.

Время на проведение маневровых полурейсов по перестановке порожних составов для выполнения технического осмотра на выставочные пути станции ОАО «РЖД» (вариант 1) и на выставочные пути промышленной станции (вариант 2) определялось с помощью тяговых расчетов и отражено в табл. 1.

При помощи временных значений (см. табл. 1), можно определить суммарные эксплуатационные расходы, связанные с перестановкой вагонов к местам выполнения технической передачи в оперативных условиях (табл. 2). Изменение величины расходных ставок на маневровую работу приведет к необходимости внесения изменений в базовые значения эксплуатационных расходов по полурейсам.

По итогам исследований построены графики, отражающие зависимость эксплуатационных расходов от длины и продольного профиля маневровых полурейсов, от числа и массы вагонов в маневровом составе (рис. 1, 2). Проанализированы различные варианты удаленности расположения пунктов осмотра вагонов в зависимости от числа порожних фитинговых платформ в составе, которые могут быть реализованы при использовании вариантов 1 и 2.

По полученным кривым выполнен расчет статистических показателей для уравнений зависимости эксплуатационных расходов от числа вагонов в маневровом составе и от длины полурейса по условной площадке (табл. 3). По результатам полученных статистических показателей можно сделать вывод, что построенные графики достаточно точно описывают результаты испытаний.

На основе приведенных исследований для выбора оптимального варианта места проведения осмотра вагонов по критерию минимума расходов составлена сводная диаграмма зависимости эксплуатационных расходов от числа вагонов в маневровом составе и от длины полурейса (рис. 3).

Таблица 1. Время выполнения маневровых полурейсов, мин.

Table 1. Execution time of shunting half-runs, min

Число вагонов Number of wagons	Уклон, ‰ Slope, ‰	Длина полурейса, м half-run length, m						
		500	1 000	1 500	2 000	2 500	3 000	3 500
До 5 Under 5	–4	1,81	3,62	5,10	6,81	8,11	10,20	11,72
	–2	1,84	3,71	4,34	6,66	8,00	10,01	11,08
	0	1,75	3,40	4,24	6,10	7,23	9,53	10,49
	2	1,55	2,97	4,14	5,66	6,82	9,01	10,00
	4	1,45	2,90	4,08	5,78	6,18	8,93	9,46
5–10	–4	2,55	3,81	5,40	6,80	8,23	11,05	12,15
	–2	2,28	3,62	5,26	6,52	8,17	10,98	11,10
	0	2,18	3,54	5,03	6,38	7,98	10,90	11,01
	2	2,08	3,30	4,90	5,99	7,69	10,00	10,85
	4	1,95	3,12	4,88	5,56	7,0	09,73	10,15
11–15	–4	2,93	3,45	5,72	6,42	7,59	9,47	12,53
	–2	2,69	3,00	5,12	5,99	7,23	8,85	11,93
	0	2,26	2,96	4,46	5,83	6,99	8,47	11,34
	2	2,12	2,59	4,17	5,43	6,12	8,10	10,86
	4	2,11	2,0	4,02	5,16	6,02	7,75	9,42
Более 15 Over 15	–4	3,99	4,72	7,12	8,29	9,55	10,47	12,25
	–2	3,36	4,2	6,57	7,43	8,03	10,32	12,00
	0	3,01	3,71	5,17	6,15	7,21	9,68	11,47
	2	2,54	3,56	5,0	5,88	6,21	8,44	9,21
	4	2,52	3,01	4,77	5,78	6,12	8,29	9,12

Таблица 2. Информационная база расходов для расчета суммарных эксплуатационных затрат на маневровую работу, руб.

Table 2. Information base of expenses for calculating the total operating costs for maneuvering work, rub

Число вагонов Number of wagons	Уклон, ‰ Slope, ‰	Длина полурейса, м half-run length, m						
		500	1 000	1 500	2 000	2 500	3 000	3 500
До 5	–4	64,14	128,98	181,72	242,65	288,97	363,44	417,60
	–2	65,56	132,20	154,65	237,31	285,06	356,68	394,81
	0	62,36	121,15	140,57	217,35	257,61	339,57	373,78
	2	55,23	105,83	147,52	201,68	243,01	321,05	356,33
	4	51,67	103,33	145,38	20,96	220,21	318,20	337,08
5–10	–4	90,86	135,76	192,42	242,30	293,26	393,74	432,93
	–2	81,24	128,99	187,43	232,32	291,12	391,24	395,52
	0	75,68	126,14	179,23	227,33	284,34	388,38	392,30
	2	74,12	117,59	174,60	213,44	274,01	356,33	386,61
	4	69,48	111,17	173,89	198,12	249,43	346,70	361,67
11–15	–4	104,40	122,93	203,82	228,76	270,45	337,44	446,48
	–2	95,85	106,90	182,44	213,44	257,62	315,35	425,10
	0	80,52	105,47	158,92	207,73	249,07	301,80	404,06
	2	75,54	92,29	148,59	193,48	218,07	288,62	386,97
	4	75,18	71,27	143,24	183,86	214,51	276,15	335,66
Более 15	–4	142,17	168,19	253,70	295,39	340,29	373,07	436,50
	–2	119,73	149,66	234,11	264,75	286,13	367,73	427,59
	0	107,25	132,19	184,22	219,13	258,90	344,91	408,69
	2	90,51	126,85	178,16	209,52	221,28	300,74	328,18
	4	89,79	107,25	169,97	205,96	218,07	295,39	324,97

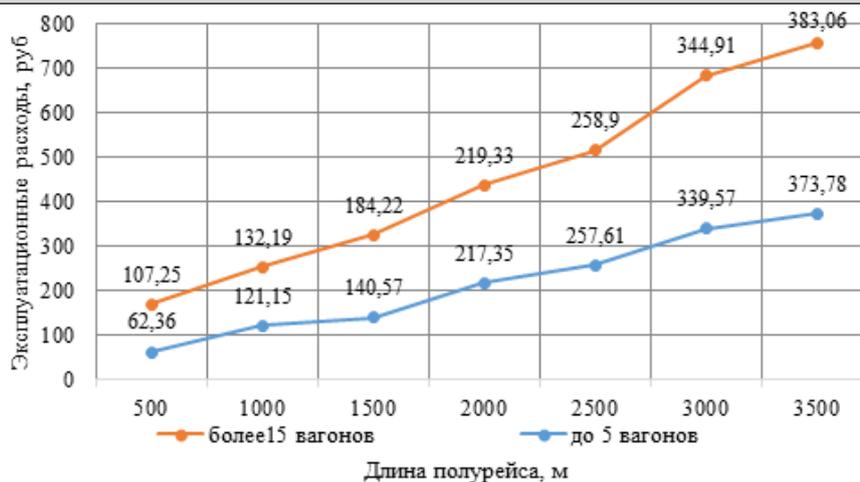


Рис. 1. Зависимость эксплуатационных расходов от длины полурейса при движении по условной площадке
Fig. 1. Dependence of operating costs on the length of the half-trip when moving on a conditional platform

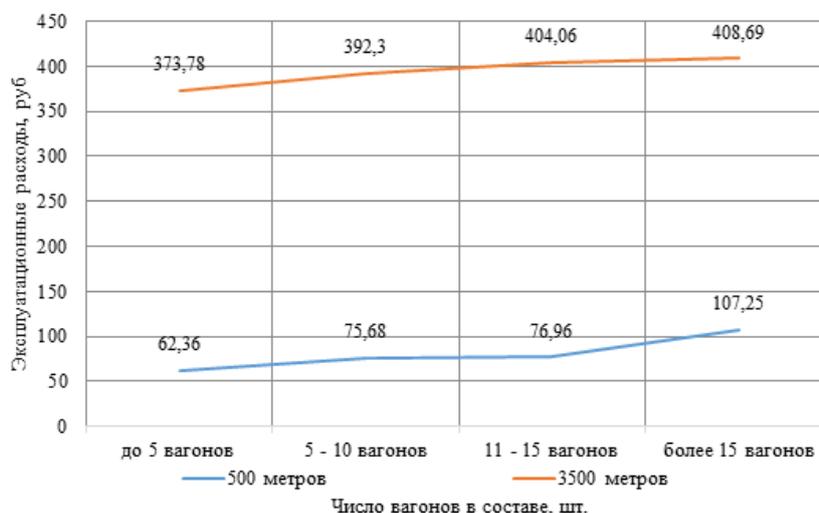


Рис. 2. Зависимость эксплуатационных расходов от числа вагонов в маневровом составе при движении по условной площадке
Fig. 2. Dependence of operating costs on the number of wagons in the shunting train when moving on a conditional platform

Корреляционный анализ состоит в определении степени связи между величинами, каждая из которых является случайной. В качестве меры оценки такой связи используется коэффициент корреляции r . По форме корреляционная связь может быть прямолинейной или криволинейной. По направлению корреляционная связь может быть положительной (прямой) и отрицательной (обратной). Степень корреляционной связи определяется по величине коэффициента корреляции. Сила связи не зависит от ее направленности и определяется по абсолютному значению коэффициента корреляции.

Далее проводится проверка гипотезы для коэффициента корреляции. Нулевая гипотеза

состоит в том, что коэффициент корреляции равен нулю, альтернативная – не равен нулю. Очевидно, достаточно большое по абсолютной величине значение величины коэффициента корреляции будет стремиться опровергнуть нулевую гипотезу.

В качестве критерия проверки гипотезы выступают критерии $N_{эмп}$ и $N_{кр}$: если $T_{эмп} > T_{кр}$, то нулевую гипотезу отвергают и выборочный коэффициент корреляции значимо отличается от нуля, корреляция есть; если при $T_{эмп} \leq T_{кр}$, то нет оснований отвергать нулевую гипотезу и говорят, что выборочный коэффициент корреляции незначим, корреляции нет.

Табл. 3. Статистические показатели для уравнений зависимости эксплуатационных расходов от числа вагонов в маневровом составе и от длины полурейса по условной площадке
Table 3. Statistical indicators for the equations of the dependence of operating costs on the number of wagons in the shunting train and on the length of the half-trip along the conditional platform

Статистический показатель Statistical indicator	Зависимость эксплуатационных расходов Dependence of operating costs	
	От числа вагонов в маневровом составе From the number of wagons in the shunting train	От длины полурейса по условной площадке From the length of the half-flight according to the conditional site
Коэффициент корреляции r Correlation coefficient r	0,99	0,87
Эмпирическое значение $N_{эм}$ Empirical value of $N_{эм}$	111,06	5,06
Уровень значимости α , д.е. Significance level α , units	0,05	0,05
Критическое значение $N_{кр}$ Critical value $N_{кр}$	2,57	4,30

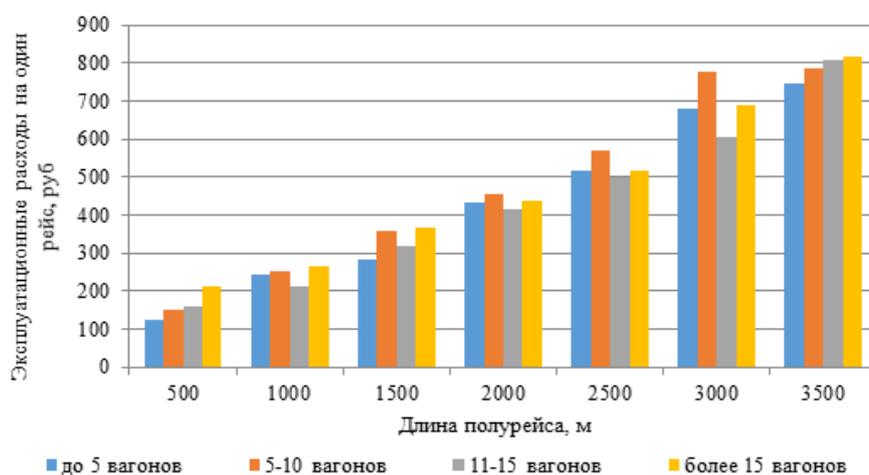


Рис. 3. Сводная диаграмма зависимости эксплуатационных расходов на выполнение рейса от удаленности расположения выставочных путей и числа вагонов в составе

Fig. 3. Summary diagram of the dependence of the operating costs of the flight on the remoteness of the location of the exhibition tracks and the number of wagons in the composition

Предложенная методика апробирована на реальном объекте в системе «железнодорожная станция ОАО «РЖД» Н – грузовая промышленная железнодорожная станция; Ю – погрузочно-выгрузочные пути терминала Т промышленной станции Ю».

На 2023 г. предприятием Т, обслуживаемым станцией Н, запланированы стабильные и возрастающие объемы местной работы, заключены договоры отправления поездов своего формирования по твердым ниткам графика в направлении Восточного полигона. Динамика выполнения местной работы предприятия показана на рис. 4.

Заключение

Стоимость оказания услуг по техническому обслуживанию и ремонту вагонного парка на железнодорожном пути необщего пользования в соответствии с договором между ОАО «РЖД» и ООО «Фирма Т» (вариант 3) составляет 427 500,00 руб. в месяц (4,5 вагонников-осмотрщиков).

На основании вышеприведенных данных для выбора оптимального варианта места проведения осмотра вагонов по критерию минимума расходов составлена итоговая табл. 4.

Для определения оптимального варианта места выполнения технического осмотра ва-

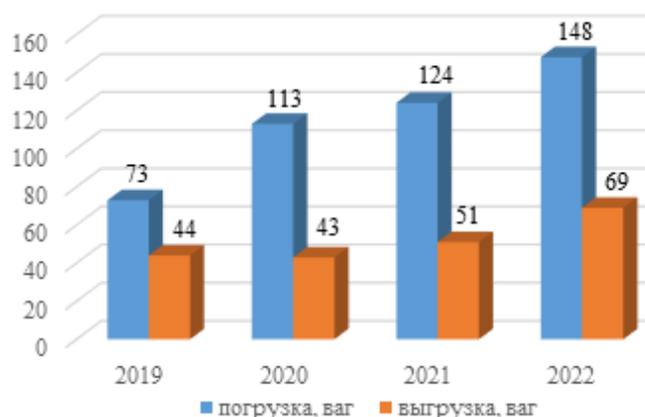


Рис. 4. Динамика среднесуточного выполнения местной работы в 2019–2022 гг., ваг.

Fig. 4. Dynamics of average daily performance of local work in 2019–2022, wag.

Табл. 4. Сравнительный анализ вариантов места выполнения технического осмотра вагонов

Table 4. Comparative analysis of options for the location of technical inspection of wagons

Показатель Indicator	Варианты Options		
	1	2	3
Время на один рейс, ч Time for one run, hour	0,38	0,10	–
Число рейсов в сутки Number of runs per day	4	4	–
Укрупненная расходная ставка на 1 ч работы маневрового локомотива, руб. Integrated expense rate for 1 hour of shunting locomotive operation, rub.	2 676,18		–
Эксплуатационные расходы на один рейс, руб. Operating costs per run, rub.	1 016,95	267,62	–
Суммарные расходы в месяц, руб. Total expenses per month, rub.	122 033,81	8 028,54	427 500,00

гонов под сдвоенные операции необходимо сравнение суммарных эксплуатационных расходов по вариантам.

Вариант проведения технического осмотра вагонов под сдвоенные операции на территории реальной промышленной станции является оптимальным для выполнения согласно минимальному значению эксплуатационных расходов.

Следовательно, расходы на содержание штата вагонников-осмотрщиков по договору (вариант 3) нецелесообразны.

Таким образом, использование разработанной методики позволит выбирать оптимальное место проведения работ по технической

передаче вагонов под сдвоенные операции по критерию минимума суммарных эксплуатационных расходов, а также обосновывать расходы на содержание штата осмотрщиков вагонов по договору для транспортных компаний ОАО «РЖД».

Результаты исследования могут быть использованы при составлении местных технологических процессов технического обслуживания грузовых вагонов по определению места проведения осмотра их под сдвоенные операции на основе требований типового технологического процесса работы пункта передачи вагонов и контроля за сохранностью вагонного парка.

Список литературы

1. Logistics performance and transport infrastructure / S. Nikolicic, M. Maslaric, J. Strohmmandl et al. // Proceedings of the 3rd Logistics International Conference. Belgrade, 2017. P. 142–147.
2. Freight transportation. Improvements and the Economy. Washington : DC, 2004. URL: https://ops.fhwa.dot.gov/freight/documents/improve_econ.pdf (Дата обращения 18.10.2023).
3. Liang J., Cheng W.-M., Zhang M. Simulation study on train loading-unloading operation at railway container terminal //

Journal of System Simulation. 2009. Vol. 21. P. 6290–6293.

4. Rietveld P. Brons M.R., Givoni M. Access to railway stations and its potential in increasing rail use // *Transportation Research. Part A: Policy and Practice*. 2009. Vol. 43 (2). P. 136–149.

5. Brons M.R., Rietveld P. Improving the Quality of the Door-to-Door Rail Journey: A Customer-Oriented Approach // *Built Environment*. 2009. Vol. 35 (1). P. 122–135.

6. Гренкевич О.О. Выбор оптимального места проведения работ по технической передаче вагонов на путях необщего пользования // *Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. Иркутск, 2014. Т. 1. С. 113–114.*

7. Гренкевич О.О. Новые технологии обслуживания железнодорожных составов // *Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2018. Ч. 3. С. 29–30.*

8. Гренкевич О.О. Разработка методики выбора оптимального способа формирования многогруппных составов по критерию эксплуатационных расходов на маневровую работу : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2004. 24 с.

9. Калидова А.Д. Определение параметров продольного профиля железнодорожной линии с учетом особенностей специализации по видам движения // *Политранспортные системы : материалы XI Междунар. науч.-техн. конф. Новосибирск, 2020. С. 430–435.*

10. Нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожных станциях ОАО «РЖД», нормативы численности бригад маневровых локомотивов (ред. 30.12.2015). М. : Техинформ, 2007. 100 с.

11. Бабичков А.М., Гурский П.А., Новиков А.П. Тяговое усилие поездов и тяговые расчеты. М. : Транспорт, 1971. 280 с.

12. Подвижной состав и основы тяги поездов / П.И. Борцов, В.А. Валетов, П.И. Кельперис и др. М. : Транспорт, 1983. 334 с.

13. Акимов В.И. Сборник задач по тяговым расчетам. Гомель : Белижт, 1988. 31 с.

14. Подвижной состав и основы тяги поездов / П.И. Борцов, В.А. Валетов, П.И. Кельперис и др. М. : Транспорт, 1990. 335 с.

15. Френкель С.Я. Методика тяговых расчетов. Гомель : БелГУТ, 2007. 72 с.

16. Гребенюк П.Т., Долганов А.Н., Скворцова А.И. Тяговые расчеты. М. : Транспорт, 1987. 271 с.

17. Тепловозы: основы теории и проектирования / В.Д. Кузьмич, И.П. Бородулин, Э.А. Пахомов и др. М. : Транспорт, 1991. 352 с.

18. Теория и конструкция локомотивов / Г.С. Михальченко, В.Н. Кашников, В.С. Коссов и др. М. : Маршрут, 2006. 584 с.

19. Кузьмич В.Д., Руднев В.С., Френкель С.Я. Теория локомотивной тяги. М. : Маршрут, 2005. 448 с.

20. Квашнина Е.В., Дерина Л.В. Тяговые расчеты на подъездном пути промышленного предприятия. Новокузнецк : СибГИУ, 2013. 56 с.

21. Об утверждении правил тяговых расчетов для поездной работы : распоряжение ОАО «РЖД» от 12.05.16 № 867р (ред. 02.02.2018). Доступ из справ.-правовой системы АСПИЖТ в локал. сети.

References

1. Nikolic S., Maslaric M., Strohmmandl J., Mircetic D. Logistics performance and transport infrastructure // *Proceedings of the 3rd Logistics International Conference. Belgrade, 2017, pp. 142–147.*

2. Transportation Infrastructure, Freight Services Sector and Economic Growth: a Synopsis. URL: https://ops.fhwa.dot.gov/freight/documents/improve_econ.pdf (Accessed October 18, 2023).

3. Liang J., Cheng W.-M., Zhang M. Simulation study on train loading-unloading operation at railway container terminal. *Journal of System Simulation*, 2009, vol. 21, pp. 6290–6293.

4. Rietveld P. Brons M.R., Givoni M. Access to railway stations and its potential in increasing rail use. *Transportation Research. Part A: Policy and Practice*, 2009, vol. 43 (2), pp. 136–149.

5. Brons M.R., Rietveld P. Improving the Quality of the Door-to-Door Rail Journey: A Customer-Oriented Approach. *Built Environment*, 2009, Vol. 35 (1), pp. 122–135.

6. Grenkevich O.O. Vybora optimal'nogo mesta provedeniya rabot po tekhnicheskoi peredache vagonov na putyakh neobshchego pol'zovaniya [Selection of the optimal location for the technical transfer of wagons on non-public tracks]. *Materialy V Mezhduнародной nauchno-prakticheskoi konferentsii «Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona»* [Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference «Transport infrastructure of the Siberian region»]. Irkutsk, 2014, vol. 1, pp. 113–114.

7. Grenkevich O.O. Novye tekhnologii obsluzhivaniya zheleznodorozhnykh sostavov [New technologies for servicing railway trains]. *Sbornik statei mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Traditsionnaya i innovatsionnaya nauka: istoriya, sovremennoe sostoyanie, perspektivy»* [Proceedings of the international scientific and practical conference «Traditional and innovative science: history, current state, prospects»]. Ufa, 2018, part 3, pp. 29–30.

8. Grenkevich O.O. Razrabotka metodiki vybora optimal'nogo sposoba formirovaniya mnogogruppnykh sostavov po kriteriyu ekspluatatsionnykh raskhodov na manevrovuyu rabotu [Development of a methodology for choosing the optimal method for the formation of multi-group compositions according to the criterion of operational costs for maneuvering work]. Ph.D.'s thesis. Novosibirsk, 2004. 24 p.

9. Kalidova A.D. Opredelenie parametrov prodol'nogo profilya zheleznodorozhnoi linii s uchetom osobennostei spetsializatsii po vidam dvizheniya [Determination of the parameters of the longitudinal the profile of the railway line, taking into account the specifics of specialization by types of traffic]. *Materialy XI Mezhduнародной nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Politransportnye sistemy»* [Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference «Polytransport systems»]. Novosibirsk, 2020, pp. 430–435.

10. Normy vremeni na manevrovye raboty, vypolnyaemye na zheleznodorozhnykh stantsiyakh ОАО «RZHD», normativy chislennosti brigad manevrovnykh lokomotivov (red. 30.12.2015) [Norms of time for shunting work performed at railway stations of JSC «Russian Railways», standards for the number of shunting locomotive crews (ed. December 30, 2015)]. Moscow: Tekhin-

form Publ., 2007. 100 p.

11. Babichkov A.M., Gurskii P.A., Novikov A.P. Tyagovoe usilie poezdov i tyagovye raschety [Traction force of trains and traction calculations]. Moscow: Transport Publ., 1971. 280 p.

12. Bortsov P.I., Valetov V.A., Kel'peris P.I., Men'zhinskii L.I., Nalivkin M.G., Osipov S.I., Semenov M.Ya. Podvizhnoi sostav i osnovy tyagi poezdov [Rolling stock and the basics of train traction]. Moscow: Transport Publ., 1983. 334 p.

13. Akimov V.I. Sbornik zadach po tyagovym raschetam [Digest of tasks on traction calculations]. Gomel': BelIIZhT Publ., 1988. 31 p.

14. Bortsov P.I., Valetov V.A., Kel'peris P.I., Men'zhinskii L.I. et al. Podvizhnoi sostav i osnovy tyagi poezdov [Rolling stock and the basics of train traction]. Moscow: Transport Publ., 1990. 335 p.

15. Frenkel' S.Ya. Metodika tyagovykh raschetov [Technique of traction calculations]. Gomel': BelGUT Publ., 2007. 72 p.

16. Grebenyuk P.T., Dolganov A.N., Skvortsova A.I. Tyagovye raschety [Traction calculations]. Moscow: Transport Publ., 1987. 271 p.

17. Kuz'mich V.D., Borodulin I.P., Pakhomov E.A. et al. Teplovozy: osnovy teorii i proektirovaniya [Diesel locomotives: fundamentals of theory and design]. Moscow: Transport Publ., 1991. 352 p.

18. Mikhali'chenko G.S., Kashnikov V.N., Kossov V.S., Simonov V.A. Teoriya i konstruktsiya lokomotivov [Theory and design of locomotives]. Moscow: Marshrut Publ., 2004. 424 p.

19. Kuz'mich V.D., Rudnev V.S., Frenkel' S.Ya. Teoriya lokomotivnoi tyagi [Theory of locomotive traction]. Moscow: Marshrut Publ., 2005. 448 p.

20. Kvashnina E.V., Derina L.V. Tyagovye raschety na pod'ezdnom puti promyshlennogo predpriyatiya [Traction calculations on the access road of an industrial enterprise]. Novokuznetsk: SiBGIU Publ., 2013. 56 p.

21. Rasporyazhenie OAO «RZHD» ot 12.05.16 № 867r «Ob utverzhdenii pravil tyagovykh raschetov dlya poezdnoi raboty» (red. 02.02.2018) [Order of JSC «Russian Railways» dated May 12, 16 No 867r «On approval of the rules of traction calculations for train work» (ed. February 2, 2018)].

Информация об авторах

Гренкевич Ольга Олеговна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры железнодорожных станций и узлов, Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск; e-mail: ogrenkevich@mail.ru.

Калидова Александра Дмитриевна, кандидат технических наук, доцент кафедры железнодорожных станций и узлов, Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск; e-mail: alexsandra_kd@bk.ru.

Information about the authors

Ol'ga O. Grenkevich, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Railway Stations and Junctions, Siberian Transport University, Novosibirsk; e-mail: ogrenkevich@mail.ru.

Alexandra D. Kalidova, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Railway Stations and Junctions, Siberian Transport University, Novosibirsk; e-mail: alexsandra_kd@bk.ru.