

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.203>АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА КОЛИЧЕСТВО
ЗАДЕРЖАННЫХ ПОЕЗДОВ В ГРАНИЦАХ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Научная статья

Потехина А.М.^{1,*}, Потехина А.М.², Деканова Н.П.³¹ ORCID : 0009-0002-2612-9358;² ORCID : 0000-0003-3104-3882;³ ORCID : 0000-0002-6158-1270;^{1,2,3} Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (potehina_am[at]mail.ru)

Аннотация

В данной статье приводится анализ современного состояния Восточно-Сибирской железной дороги и факторы, влияющие на эксплуатационную обстановку в условиях высокой турбулентности. Цель исследования заключается в применении метода корреляционно-регрессируемого анализа в ходе изучения эксплуатационных показателей, влияющих на рост поездов, отставленных от движения. В этой работе были рассмотрены преимущества и недостатки анализируемого метода, а также подчеркнута актуальность проверки модели на адекватность для подтверждения полученных результатов. Обусловленность рассматриваемого аспекта обозначена ростом грузопотока в границах Восточного полигона, постоянным приростом возникающих технических и технологических трудностей, заключающихся в неподготовленности инфраструктуры к пропуску заявленного объема. В этой связи возникает необходимость развития Байкало-Амурской магистрали и Транссиба с целью обеспечения вывоза перспективного объема экспортно-ориентированной продукции новых предприятий, создаваемых в регионе Восточного полигона. Это, в свою очередь, влияет на актуальность рассмотрения вопросов стабилизации эксплуатационной обстановки в условиях риска. Кроме того, исследование условий развития грузооборота на Восточном полигоне определяется обеспечением работы сразу нескольких трансевразийских коридоров, по которым осуществляется отправка грузов к промышленным центрам и портам Китая, транспортировка грузов с месторождений Сибири и Урала в сторону портов Дальнего Востока для дальнейшей перевозки к растущим рынкам Азиатско-Тихоокеанского региона, – отправка грузов по транзитному маршруту через территорию Монголии.

Ключевые слова: прием, сдача поездов, отставленные от движения поезда, инфраструктура, рабочий парк.

AN ANALYSIS OF THE IMPACT OF KEY OPERATIONAL INDICATORS ON THE NUMBER OF DERAILED
TRAINS WITHIN THE BOUNDARIES OF EAST SIBERIAN RAILWAY

Research article

Potekhina A.M.^{1,*}, Potekhina A.M.², Dekanova N.P.³¹ ORCID : 0009-0002-2612-9358;² ORCID : 0000-0003-3104-3882;³ ORCID : 0000-0002-6158-1270;^{1,2,3} Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

* Corresponding author (potehina_am[at]mail.ru)

Abstract

This article analyses the current state of the East Siberian Railway and the factors affecting the operational environment under high turbulence conditions. The aim of the study is to apply the method of correlation and regression analysis in the course of examining the operational indicators affecting the growth of derailed trains. In this work, the advantages and disadvantages of the analysed method have been discussed and the relevance of testing the model for adequacy to validate the results obtained has been highlighted. The conditionality of the studied aspect is marked by the growth of the freight traffic within the boundaries of the Eastern polygon, the constant increase of the arising technical and technological difficulties, consisting in the unpreparedness of the infrastructure for the passage of the declared volume. In this regard, there is a necessity to develop the Baikal-Amur Mainline and the Trans-Siberian Railway in order to ensure the export of the prospective volume of export-oriented products of new enterprises being established in the region of the Eastern polygon. This, in turn, affects the relevance of considering the issues of stabilizing the operational situation under risk conditions. In addition, the study of conditions for the development of cargo turnover in the Eastern polygon is determined by the provision of several trans-Eurasian corridors through which cargoes are shipped to the industrial centres and ports of China, cargoes are transported from the fields of Siberia and the Urals to the ports of the Far East for further transportation to the growing markets of the Asia-Pacific region, and cargoes are shipped along the transit route through the territory of Mongolia.

Keywords: reception, delivery of trains, derailed trains, infrastructure, working park.

Введение

Курс новой государственной политики взят на создание в Восточной Сибири и Дальнем Востоке конкурентоспособных условий для развития бизнеса. Нередко о Восточном регионе говорится как об экономической

площадке опережающего развития. В Долгосрочной программе развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года предусмотрено увеличение провозной способности Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей до 180 млн. тонн к 2024 году [1]. В первую очередь это связано с потенциально привлекательным экспортным направлением бурно развивающейся Юго-Восточная Азии. На долю стран-членов Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества приходится свыше 31,6% мирового ВВП, около 60% объема прямых иностранных инвестиций.

Рост грузопотока в границах Восточного полигона достиг своего критического значения. И железнодорожная отрасль столкнулась с техническими и технологическими трудностями, в том числе и в части неподготовленности инфраструктуры к пропуску заявленного объема [2]. Поэтому ключевым фактором роста экономики дальневосточных регионов останется развитие транспортной инфраструктуры, прежде всего Байкало-Амурской магистрали и Транссиба, для обеспечения вывоза перспективного объема экспортно ориентированной продукции с новых предприятий, создаваемых в регионе Восточного полигона. При этом стоит учитывать возможность задержки в перевозочном процессе, а именно отставание от движения поездов при невозможности организации пропуска по участкам [3]. Основными факторами (так принято считать специалистами железнодорожниками), влияющими на образование так называемых «брошенных» поездов, являются завышенные значения показателей: «рабочий парк дороги», «прием поездов», «сдача поездов», «погрузка дороги» и иные. Увеличение поездов, отставленных временно от движения, ведет к просрочке доставки груза и, как следствие, к возникновению финансовых рисков. Клиентоориентированность и в конечном итоге имидж компании значительно страдают от невыполнения основных показателей перевозочного процесса.

Для обеспечения 100% пропуска заданных объемов были приняты ряд организационных мер. Так, например, создание Восточного полигона из четырех дорог (Красноярская, Восточно-Сибирская, Забайкальская, Дальневосточная) должно было положительным образом повлиять на организацию грузопотока [4]. Сложившаяся структура диспетчерского управления претерпела значительные изменения. Об итогах работы можно судить по приведенным в таблице 1 показателям.

Таблица 1 - Основные показатели работы ВСЖД в рамках раздельного учета

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.203.1>

Наименование показателей	Ед. изм.	2018 г.	2019 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
			Факт (с/с)	% к п.г.						
Погружено вагонов	ваг.	2821	2699	95,65	2540	94,13	2415	95,05	2467	102,17
Выгрузка	ваг.	2005	1983	98,90	1962	98,96	1974	100,59	2141	108,44
Рабочий парк обци й	ваг.	55443	62741	113,16	60992	97,21	60144	98,61	61391	102,07
Поро жный	ваг.	31221	36149	115,78	37382	103,41	34905	93,37	33711	96,58
Местн ый	ваг.	4939	5743	116,28	5096	88,73	6419	125,97	7326	114,12
Транз ит	ваг.	19284	20850	108,12	18514	88,80	18821	101,65	20354	108,15
Прие м	ваг.	11237	11242	100,04	11557	102,80	10779	93,27	10778	99,99
Сдача	ваг.	11179	11133	99,59	11520	103,48	10702	92,90	10685	99,84
Оборо т грузов ого вагона	сут.	5,96	6,86	115,11	6,62	96,40	6,72	101,58	6,67	99,20
Оборо т местн ого	сут.	2,46	2,90	117,58	2,60	89,66	3,25	125,23	3,42	105,24

вагона										
Оборот транзитного вагона	сут.	2,65	2,89	109,05	2,51	87,01	2,68	106,62	2,85	106,54
Оборот порожнего вагона	сут.	4,65	5,47	117,66	5,59	102,17	5,73	102,58	5,60	97,72

Примечание: по данным Восточно-Сибирской железной дороги

При рассмотрении показателей в сравнении с 2018 годом выделим такую негативную тенденцию как снижение погрузки на 387 вагонов в среднем в сутки, или 12,5%, рост рабочего парка (общий) на 6362 вагона в среднем в сутки, или 10,73%, при этом снижены показатели по приему (-57 вагонов в среднем в сутки) и по сдаче (-68 вагонов в среднем в сутки). На протяжении 2021-2022 годов Восточно-Сибирская железная дорога работает в условиях сверхнормативного наличия вагонного парка. Также негативное влияние на эксплуатационную работу дороги оказывает сверхнормативное наличие вагонов рабочего и нерабочего парка, следующих в адрес вагоноремонтных предприятий. Значительное влияние на выполнение пробегных норм по инфраструктуре железной дороги и нормативных сроков доставки оказывают отставленные от движения грузовые поезда [5]. Отметим, что 59% поездов были задержаны на инфраструктуре общего пользования по причинам, зависящим от перевозчика. Задержки поездов на Северном ходу дороги обусловлены не только отказами дирекции тяги и дефицитом локомотивов грузового движения, но и неравномерным планированием возврата тяги [6].

Такие внешние условия как ковидные ограничения (2021 год), ограничительные политические и экономические меры, введенные государствами и международными организациями в отношении России (2022 год) существенно повлияли на структуру перевозок, изменили географию рынков сбыта и в корне переориентировали вагонопотоки.

Целью настоящей работы является исследование факторов (эксплуатационных показателей), влияющих на рост поездов, отставленных от движения с помощью корреляционно-регрессионного анализа. В данном случае эксплуатационная обстановка будет описана как математический объект с множеством линейных и нелинейных связей.

Современное состояние Восточно-Сибирской железной дороги в условиях социально-экономического развития

Начиная с 2013 года на базе ОАО «РЖД» с целью обеспечения дополнительного объема перевозок различных грузов посредством ликвидации «узких мест» на железных дорогах Дальнего Востока и Забайкалья реализуется комплекс мероприятий, направленных на развитие и совершенствование железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона. Так, в 2021 году объем инвестиций составил более 64 млрд. рублей. Согласно детальным планам мероприятий по реализации инвестиционных проектов «Мероприятия по увеличению пропускной и провозной способности инфраструктуры для увеличения транзитного контейнеропотока в 4 раза, в т.ч. Транссиб за 7 суток», утвержденного ЦЗ-1 Кобзевым С.А. № 1628 от 06.10.2021 г., «Модернизация БАМа и Транссиба (II этап)», утвержденного ЦЗ-1 Кобзевым С.А. № 1629 от 06.10.2021 г. в 2022 году было запланировано к реализации 7 объектов, таких как: второй главный путь на перегоне Гуджекит – Тяя, станция Северобайкальск, двухпутная вставка на перегоне Блокпост 1068 км (Северобайкальск – Блокпост 1084 км), двухпутная вставка на перегоне Новый Уоян – Баканы с примыканием к станции Новый Уоян, двухпутная вставка на перегоне Янчуй – Чуро с примыканием к станции Чуро, второй главный путь на перегоне Сенаторский – Икабьякан, третий путь на перегоне Слюдянка I – Слюдянка II [7].

В 2023 году запланировано к реализации 27 объектов, но фактически с учетом отставания в 2022 году по данным заказчиков будет реализован 31 объект.

Обострение коронавирусной инфекции, а также увеличение нагрузки на диспетчерский аппарат всей системы железнодорожного сообщения данного участка в связи с ростом новых объектов в рамках модернизации стало причиной снижения объема работы и количества переработанных грузовых потоков.

Корреляционный анализ факторов, влияющих на эксплуатационную обстановку на Восточно-Сибирской железной дороге

Для формирования математической модели были выбраны следующие показатели:

- X_1 – «транзит» (количество вагонов, находящихся в категории «транзит»);
- X_2 – «местный» (количество вагонов, находящихся в категории «местный»);
- X_3 – «погрузка» (количество вагонов, принятых к перевозке);
- X_4 – «прием» (количество поездов, поступивших по стыкам Хани, Юрты, Петровский Завод);
- X_5 – «сдача» (количество поездов, переданных на соседние железные дороги);

- X_6 – «участковая скорость» (среднюю скорость движения поезда по участку с учётом времени стоянок на промежуточных станциях, разгона, замедления и задержки поезда на перегонах);

- Y – «количество поездов, отставленных от движения» (к учету приняты как поезда, задержанные согласно диспетчерского приказа, так и поезда без приказа).

Данные показатели выбраны из широкого перечня всех эксплуатационных показателей исходя из экспертного мнения специалистов органа управления Восточно-Сибирской железной дороги.

Первоначально, суть исследования заключалась в том, чтобы выявить линейную зависимость каждого фактора. Как, например, «рабочий парк (X) – количество поездов, отставленных от движения (Y)». Гипотеза состоит в следующем: «чем выше значения показателя «рабочий парк», тем больше количество задержанных поездов. Для определения характера и тесноты связи показателей «рабочий парк» и «количество поездов, отставленных от движения» применен корреляционно-регрессионный анализ [8].

Свод статистических данных представлен в таблице № 2 за период 2021-2022 гг.

Таблица 2 - Количество поездов, отставленных от движения в проекции с показателем «рабочий парк»

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.203.2>

Год	2021 г.		2022 г.	
	Количество задержанных поездов	Рабочий парк, ср/сут.	Количество задержанных поездов	Рабочий парк, ср/сут.
январь	1396	59878	835	59730
февраль	1063	61594	816	59257
март	1282	61808	824	58084
апрель	1138	60147	524	57826
май	931	62389	483	58506
июнь	897	60650	550	64222
июль	773	60512	574	63439
август	802	60021	729	63640
сентябрь	859	58093	922	61570
октябрь	635	60934	1223	62197
ноябрь	792	57870	1319	63768
декабрь	855	57851	1629	64307

Примечание: по данным Восточно-Сибирской железной дороги

При росте показателя «рабочий парк» существует прямая зависимость между количеством задержанных поездов и темпами роста рабочего парка, однако теснота связи слабая.

Коэффициент детерминации в данном случае – 0,109, или 10,9%. Это означает, что расчетные параметры модели слабо объясняют зависимость между изучаемыми параметрами. Переменная X регрессионной модели показывает весомость переменной X на Y , в нашем случае – 0,04 (небольшая степень влияния). Положительное значение говорит о линейной зависимости со знаком «+».

Таким образом, построить адекватную модель, исследуя зависимость показателя «задержанные поезда» от каждого фактора X , не представляется возможным.

Изменим свод данных для проведения дальнейших исследований, а именно возьмем годовые значения каждого показателя посуточно для учета внешних показателей, таких как, например, сезонность, проведение профилактических работ на предприятии (влияние на показатель «погрузка») и т.д. Дальнейший учет будет производиться с учетом совокупного влияния всех факторов.

Первоначально выполним описательную характеристику факторов: таблица 3.

Таблица 3 - Описательная статистика факторов, влияющих на показатель «поезда, отставленные от движения»

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.203.3>

Описательная статистика	Транзит	Местный	Погрузка	Прием (поезда)	Сдача (поезда)	Участковая скорость	Задержанные поезда
Минимальное значение	23047,00	6210,00	1730,00	111,00	129,00	32,10	50,00

Среднее значение	28085,14	7644,66	2426,79	165,05	167,37	36,70	101,87
Максимальное значение	32263,00	9250,00	3088,00	196,00	198,00	42,00	181,00
СКО	1895,67	655,45	205,25	15,39	14,88	1,92	23,58
Медиана	27903,00	7616,00	2439,00	166,00	169,00	36,70	101,00
Ассиметрия	0,10	0,20	-0,34	-0,39	-0,44	0,11	0,28

Информативной мерой «центрального положения» переменной можно считать среднее значение. Анализ смещения в одну из сторон показывает точку тяготения к обозначенным пределам. Показатель «прием (поезда)» смещен в сторону максимального значения, показатель «задержанные поезда» в противовес более тяготеет к минимальному значению. Среднеквадратичное отклонение, показывающее разброс величины, показывает относительную стабильность и отсутствие выбросов в приведенной статистике.

В целях определения меры влияния факторов X на переменную Y выполним корреляционный анализ таблица 4.

Таблица 4 - Корреляционный анализ

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.203.4>

Факторы	Транзит	Местный	Погрузка	Прием (поезда)	Сдача (поезда)	Участковая скорость	Задержанные поезда
Транзит	1						
Местный	0,021160	1					
Погрузка	0,075903	-0,141941	1				
Прием (поезда)	0,046698	-0,054685	0,06736	1			
Сдача (поезда)	-0,2772	-0,0941993	0,044257	0,324476	1		
Участковая скорость	-0,66605	0,003340	0,03221	0,451987	0,423866	1	
Задержанные поезда	0,457431	0,118919	0,053150	-0,531866	-0,291087	-0,674316	1

Как видно из приведенного анализа показатели «транзит», «прием (поезда)», «участковая скорость» в наибольшей степени оказывают влияние на «задержанные поезда».

Такие факторы как: «количество остановок локомотивов по причине их неисправностей», «количество выявленных неисправностей железнодорожного пути, отказы по вине структурных подразделений», «количество внеплановых «окон» в информационных системах ОАО «РЖД» уже учтены в основных показателях. Например, «количество остановок по причине их неисправностей» ухудшают показатель «участковая скорость», которая уже присутствует в исследованиях.

В дальнейшем при выполнении корреляционно-регрессионного анализа будем считать зависимость линейного характера. Для формирования линейной регрессионной модели будут использованы факторы, имеющие наибольшее значение коэффициентов корреляции [9].

Таким образом, корреляционно-регрессионная модель описывается формулой:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_4 X_4 + a_6 X_6 \quad (1)$$

При проведении корреляционно-регрессионного анализа с помощью Пакета «Анализ данных» получены следующие значения переменных a_0, a_1, a_4, a_6 (указаны в Таблице 5):

Таблица 5 - Коэффициенты регрессионной модели

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.203.5>

a_0	a_1 (транзит)	a_4 (прием поездов)	a_6 (участковая скорость)
252,4947466	0,003307264	-0,61502334	-3,869679689

В общем виде линейная регрессионная модель может быть описана:

$$Y = 252,49 + 0,003X_1 - 0,615X_4 - 3,869X_6 \quad (2)$$

Для оценки качества выбранной регрессионной модели используем формулу расчета коэффициента линейной детерминации, или R-квадрат:

$$R^2(y, x_1 \dots x_n) = 1 - \frac{ESS}{TSS} \quad (3)$$

$$ESS = \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}(y, x_1 \dots x_n))^2 \quad (4)$$

$$TSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (5)$$

ESS – сумма квадратов остатков модели множественной регрессии с n независимыми переменными

TSS – общая сумма квадратов модели множественной регрессии с n независимыми переменными [10].

R-квадрат, или коэффициент линейной детерминации является одной из наиболее эффективных оценок адекватности регрессионной R^2 модели, мерой качества уравнения регрессии в целом. Если R-квадрат $> 0,95$, говорят о высокой точности аппроксимации (модель хорошо описывает явление). Если R-квадрат лежит в диапазоне от 0,6 до 0,95, говорят об удовлетворительной аппроксимации (модель в целом адекватна описываемому явлению). Если R-квадрат $< 0,5$, принято считать, что точность аппроксимации недостаточна и модель требует улучшения (введения новых независимых переменных, учета нелинейностей и т. д.) [10].

Для получения выводов о тесноте связей между исследуемыми параметрами используем шкалу Чеддока [11].

Таблица 6 - Шкала Чедокка

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.203.6>

Количественная мера тесноты связи	Качественная характеристика силы связи	Значение на 2022 – 2023 год
0,1 – 0,3	Слабая	0,691
0,3 – 0,5	Умеренная	
0,5 – 0,7	Заметная	
0,7 – 0,9	Высокая	
0,9 – 0,99	Весьма высокая	

В нашем случае, модель можно отнести к «заметной» и использовать при описании оперативной поездной ситуации и построении прогнозного варианта на небольшой интервал времени.

Дополнительно выполнена оценка качества полученной модели (ее достоверность) по уровню значимости критерия Фишера.

Формулы

$$F = \frac{S_{\text{факт}}^2}{S_{\text{ост}}^2} = \frac{\sum (\hat{y}_x - \bar{y})^2}{\sum (y - \hat{y}_x)^2} \cdot (n - 2) \quad (6)$$

$$S_{\text{факт}}^2 = \frac{\sum (\hat{y}_x - \bar{y})^2}{m} \quad (7)$$

$$S_{\text{ост}}^2 = \frac{\sum (y - \hat{y}_x)^2}{n - m - 1} \quad (8)$$

n – это число наблюдений

m – число параметров при переменной x (то есть количество факторов в модели регрессии)

Дисперсионный анализ оценивает общее качество полученной модели: ее достоверность. Коэффициент Фишера должен быть меньше, чем 0,05 (строка Регрессия, столбец Значимость F).

В нашем случае коэффициент Фишера равен 9,38E⁻⁶⁷

R-Значение, или вероятность, позволяющая определить значимость коэффициента регрессии. В случаях, когда R-Значение $> 0,05$, коэффициент может считаться нулевым, что означает, что соответствующая независимая переменная практически не влияет на зависимую переменную. В нашем случае величины менее 0,05, соответственно, независимые переменные в значительной мере влияют на полученную линейную регрессионную модель.

На следующем этапе производится расчет предсказанного \hat{Y} , или теоретические (расчетные) значения результативного признака и вычисляется средняя ошибка аппроксимации.

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_i - \hat{Y}}{Y_i} (\text{посуточные значения}) \right) 100\%, \quad (9)$$

где:

A – оценка погрешности линейной регрессионной модели;

Y_i – расчетное значение показателя «задержанные поезда»;

Y – значение показателя «задержанные поезда» посуточно.

Оценка погрешности линейной регрессионной модели получена на уровне 12%, что является допустимой погрешностью. Если величина этой ошибки находится в пределах от 4% до 12%, то модель регрессии считается адекватной действительности.

Заключение

В условиях возникновения риска, обусловленного влиянием внешних и внутренних факторов на пропускную способность участков Восточно-Сибирской железной дороги, возникает необходимость быстрого реагирования и принятия определенных решений в сложившейся ситуации [12]. Основными показателями при выборе мероприятий, ориентированных на снижение количества поездов, отставленных от движения, могут быть параметры, имеющие сильную корреляционную связь, такие как «транзит», «прием (поезда)», «участковая скорость» и др. Оценить степень влияния каждого параметра позволяет корреляционно-регрессионный анализ. Имея ряд недостатков, таких как громоздкость формирования данных (в нашем случае 363 позиции), существенное влияние на результат состава и объема выборки, нельзя не признать и положительные моменты: комплексное исследование зависимости факторов, быстрое получение прогнозируемых значений и проверка адекватности полученной модели. В случае, описанном выше, корреляционно-регрессионный анализ использован в качестве предварительной оценки степени влияния и создания прогнозной модели.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Балалаев А.Н., Самарский государственный университет путей сообщения, Самара, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.203.7>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Balalaev A.N., Samara State Transport University, Samara, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.203.7>

Список литературы / References

1. Анисимов В.А. Проблема обоснования инвестиций в развитие восточного полигона железных дорог / В.А. Анисимов // Власть и управление на Востоке России. — 2016. — № 2 (75). — С. 73-77.
2. Басыров И.М. Организация производства транспортной компании в условиях применения дифференцированных длин поездов: дис. ... канд. тех. наук / И.М. Басыров. — Москва, 2020.
3. Власенский А.А. Изменение работы тягового подвижного состава на участках железных дорог восточного полигона / А.А. Власенский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. — 2021. — № 2 (70). — С. 154-161.
4. Вольных О.С. Этапное усиление пропускной и провозной способности однопутных линий / О.С. Вольных // Труды 78-й студенческой научно-практической конференции РГУПС. — Воронеж, 2019. — С. 29-30.
5. Каликина Т.Н. Организация тяжеловесного движения на Восточном участке байкало-амурской магистрали / Т.Н. Каликина // Инновационный транспорт. — 2016. — № 2 (20). — С. 72-74.
6. Каликина Т.Н. Факторы пропускной способности транспортных коридоров дальнего востока / Т.Н. Каликина // Мир транспорта. — 2017. — Т. 15. — № 1 (68). — С. 174-183.
7. Левин Д.Ю. Оптимизация скорости движения поездов / Д.Ю. Левин // Мир транспорта. — 2021. — Т. 19. — № 6 (97). — С. 73-90.
8. Маловецкая Е.В. Анализ моделей и принципов системного моделирования при построении прогнозных моделей погрузки грузов / Е.В. Маловецкая // International Journal of Open Information Technologies. — 2020. — Т. 8. — № 12. — С. 39-48.
9. Осьминин А.Т. Увеличение пропускных и провозных способностей за счет повышения эффективности перевозочного процесса и транспортного обслуживания / А.Т. Осьминин // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО РЖД. — 2018. — № 2. — С. 14-31.
10. Поваров В.С. Перспективы развития энергетического сектора железнодорожного транспорта / В.С. Поваров // Наука и образование транспорту. — 2021. — № 2. — С. 62-65.
11. Сотников Е.А. Изменения пропускной и провозной способностей высокозагруженных направлений при организации движения соединенных поездов на постоянной основе / Е.А. Сотников // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. — 2019. — Т. 78. — № 5. — С. 259-265.
12. Прокопьева Ю.Н. Развитие железнодорожных перевозок грузов в рефрижераторных контейнерах на восточном полигоне российских железных дорог / Ю.Н. Прокопьева // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. — 2021. — Т. 1. — С. 100-105.
13. Филина В.Н. Современные подходы к оценке эффективности транспортных проектов / В.Н. Филина // Проблемы прогнозирования. — 2020. — № 2 (179). — С. 128-136.
14. Черняев А.Г. Развитие полигонных технологий перевозок на основе совершенствования логистического управления вагонопотоками в границах нескольких дорог / А.Г. Черняев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. — 2017. — № 2 (66). — С. 75-82.

15. Шмакова К.А. Взаимосвязь факторов, влияющих на пропускную и провозную способности / К.А. Шмакова // Наука сегодня: вызовы, перспективы и возможности. Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х частях. — 2019. — С. 119-123.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Anisimov V.A. Problema obosnovaniya investicij v razvitie vostochnogo poligona zheleznyh dorog [The Problem of Substantiating Investments in the Development of the Eastern Range of Railways] / V.A. Anisimov // Vlast' i upravlenie na Vostoke Rossii [Power and Management in the East of Russia]. — 2016. — № 2 (75). — P. 73-77. [in Russian]
2. Basyrov I.M. Organizacija proizvodstva transportnoj kompanii v uslovijah primeneniya differencirovannyh dlin poezdov [Organization of Production of a Transport Company in the Conditions of Using Differentiated Train Lengths]: dis. ... of PhD in Technical Sciences / I.M. Basyrov. — Moscow, 2020. [in Russian]
3. Vlasenskij A.A. Izmenenie raboty tjagovogo podvizhnogo sostava na uchastkah zheleznyh dorog vostochnogo poligona [Changes in the Operation of Traction Rolling Stock on Sections of the Railways of the Eastern Range] / A.A. Vlasenskij // Sovremennye tehnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]. — 2021. — № 2 (70). — P. 154-161. [in Russian]
4. Vol'nyh O.S. Jetapnoe usilenie propusknoj i provoznoj sposobnosti odnopusnyh linij [Staged Increase in Throughput and Carrying Capacity of Single-track Lines] / O.S. Vol'nyh // Trudy 78-j studencheskoj nauchno-prakticheskoj konferencii RGUPS [Proceedings of the 78th Student Scientific and Practical Conference of RGUPS]. — Voronezh, 2019. — P. 29-30. [in Russian]
5. Kalikina T.N. Organizacija tjazhelovesnogo dvizhenija na Vostochnom uchastke bajkalo-amurskoj magistrali [Organization of Heavy Haul Traffic on the Eastern Section of the Baikal-Amur Mainline] / T.N. Kalikina // Innovacionnyj transport [Innovative Transport]. — 2016. — № 2 (20). — P. 72-74. [in Russian]
6. Kalikina T.N. Faktory propusknoj sposobnosti transportnyh koridorov dal'nego vostoka [Capacity Factors of Transport Corridors of the Far East] / T.N. Kalikina // Mir transporta [World of Transport]. — 2017. — Vol. 15. — № 1 (68). — P. 174-183. [in Russian]
7. Levin D.Ju. Optimizacija skorosti dvizhenija poezdov [Optimization of Train Speed] / D.Ju. Levin // Mir transporta [World of Transport]. — 2021. — Vol. 19. — № 6 (97). — P. 73-90. [in Russian]
8. Maloveckaja E.V. Analiz modelej i principov sistemnogo modelirovanija pri postroenii prognoznyh modelej pogruzki грузов [Analysis of Models and Principles of System Modeling in the Construction of Predictive Models of Cargo Loading] / E.V. Maloveckaja // International Journal of Open Information Technologies. — 2020. — Vol. 8. — № 12. — P. 39-48. [in Russian]
9. Os'minin A.T. Uvelichenie propusknyh i provoznyh sposobnostej za schet povyshenija jeffektivnosti perevoznogo processa i transportnogo obsluzhivaniya [Increasing Throughput and Carrying Capacity by Improving the Efficiency of the Transportation Process and Transport Services] / A.T. Os'minin // Bjuliten' Ob'edinennogo uchenogo soveta OAO RZhD [Bulletin of the Joint Scientific Council of Russian Railways]. — 2018. — № 2. — P. 14-31. [in Russian]
10. Povarov V.S. Perspektivy razvitiya jenergeticheskogo sektora zheleznodorozhnogo transporta [Prospects for the Development of the Energy Sector of Railway Transport] / V.S. Povarov // Nauka i obrazovanie transportu [Science and Education for Transport]. — 2021. — № 2. — P. 62-65. [in Russian]
11. Sotnikov E.A. Izmeneniya propusknoj i provoznoj sposobnostej vysokozagruzhenykh napravlenij pri organizacii dvizhenija soedinennyh poezdov na postojanno osnove [Changes in the Throughput and Carrying Capacity of High-load Directions When Organizing the Movement of Connected Trains on a Permanent Basis] / E.A. Sotnikov // Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta [Bulletin of the Research Institute of Railway Transport]. — 2019. — Vol. 78. — № 5. — P. 259-265. [in Russian]
12. Prokop'eva Ju.N. Razvitie zheleznodorozhnyh perevozok грузов v refrizheratornyh kontejnerah na vostochnom poligone rossijskih zheleznyh dorog [Development of Rail Transportation of Goods in Refrigerated Containers on the Eastern Range of Russian Railways] / Ju.N. Prokop'eva // Nauchno-tehnicheskoe i jekonomicheskoe sotrudnichestvo stran ATR v XXI veke [Scientific, Technical and Economic Cooperation of the APR Countries in the XXI Century]. — 2021. — Vol. 1. — P. 100-105. [in Russian]
13. Filina V.N. Sovremennye podhody k ocenke jeffektivnosti transportnyh proektov [Modern Approaches to Evaluating the Effectiveness of Transport Projects] / V.N. Filina // Problemy prognozirovaniya [Problems of Forecasting]. — 2020. — № 2 (179). — P. 128-136. [in Russian]
14. Chernjaev A.G. Razvitie poligonnyh tehnologij perevozok na osnove sovershenstvovanija logisticheskogo upravlenija vagonopotokami v granicah neskol'kih dorog [Development of Polygon Transportation Technologies Based on Improving the Logistics Management of Car Flows within the Boundaries of Several Roads] / A.G. Chernjaev // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshhenija [Bulletin of the Rostov State University of Communications]. — 2017. — № 2 (66). — P. 75-82. [in Russian]
15. Shmakova K.A. Vzaimosvjaz' faktorov, vlijajushih na propusknuju i provoznuju sposobnosti [The Relationship of Factors Affecting the Throughput and Carrying Capacity] / K.A. Shmakova // Nauka segodnja: vyzovy, perspektivy i vozmozhnosti. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. V 2-h chastjah [Science Today: Challenges, Prospects and Opportunities. Materials of the International Scientific-practical Conference. In 2 parts]. — 2019. — P. 119-123. [in Russian]