

Н. Ф. Сирина, А. Г. Сахаров

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННЕЙ СИСТЕМ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА

Аннотация. Определены факторы внешних и внутренней систем и проведен анализ их влияния на пропускную и перерабатывающую способность участков железных дорог Восточного полигона.

При анализе зависимости элемента пропускной способности (участковая скорость в грузовом движении) от величины рабочего парка железных дорог определена область, не отображающая принципов взаимосвязи между данными параметрами.

Проведена детализация состава образования поездопотоков Восточного полигона с учетом применения фактора – путевое развитие станций и участков железных дорог.

Определена причина снижения пропускной и перерабатывающей способности железных дорог Восточного полигона.

Ключевые слова: внешние системы, внутренняя система, пропускная способность, влияющие факторы, составообразование.

Для цитирования: Сирина, Н. Ф. Анализ влияния внешних и внутренней систем на пропускную способность участков железных дорог Восточного полигона / Н. Ф. Сирина, А. Г. Сахаров // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1. – С. 119–125. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_1_119.

Введение

В настоящее время вектор международной экономики направлен на восток, а это повышает темпы развития как Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР), так и регионов России, в особенности Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, представляемых и отождествляемых с железнодорожной инфраструктурой Восточного полигона (ВП). Наряду с этим правительством страны поставлен комплекс задач перед ОАО «РЖД» по развитию логистической инфраструктуры, совершенствованию перевозочного процесса, внедрению инновационных продуктов для своевременной и качественной реализации транспортного потенциала государства [1].

На рис. 1 представлены фактические объемы корреспонденций грузов в смешанном сообщении (железнодорожно-морском) через железные дороги Восточного полигона и международные морские порты Дальнего Востока за 2020 год и эти же прогнозные значения на 2024 год.

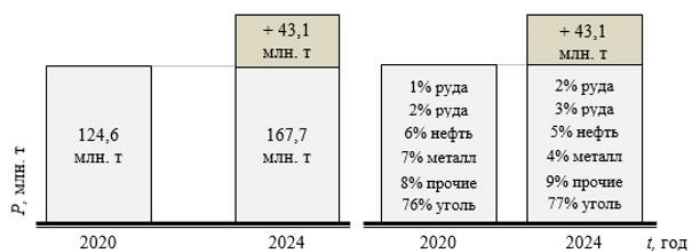


Рис. 1. Фактические объемы корреспонденций грузов в 2020 году и прогнозные объемы корреспонденций грузов на 2024 год в смешанном сообщении (железнодорожно-морском) через железные дороги Восточного полигона

Увеличение объемов корреспонденций грузов, зарождаемых в пределах Восточного полигона, а также внутренних и внешних транзитных грузопотоков приведет к значительному росту грузонапряженности всех участков железных дорог ВП [2].

Актуальность научной разработки

Наиболее эффективно достижение заданных параметров грузооборота путем повышения пропускной способности участков железных дорог. Теоретические исследования и практический опыт показывают, что методом динамического роста массы и длины грузового поезда получают максимальный результат в пропускной способности при минимальных финансовых затратах.

В советский период к формированию тяжеловесных и длинносоставных поездов приступили в 1935 году, это время характеризуется этапом достижения высокой производительности труда [3]. Начало организации движения грузовых поездов с весом и длиной, превосходящим нормы, установленные графиком, положено в 1960-е годы. Данная организация движения получила массовое применение в условиях проведения «окон» на участках железных дорог и осуществлялась по отдельному диспетчерскому расписанию [4].

Следующей мерой повышения пропускной способности стала организация обращения сдвоенных поездов, данная технология была применена впервые в 1969 году [5]. Управление такими поездами машинисты осуществляли без специализированных синхронизирующих систем, что не обеспечивало должного уровня безопасности при их эксплуатации, в свою очередь это дало толчок для развития инновационных продуктов в области синхронизации управления локомотивами, тормозами и т.д. В 1984 году на сети железных дорог вводится новый график движения поездов, в котором впервые нашли отражение «нитки» длинносоставных, сдвоенных поездов, а также было предусмотрено расписание следования порожних маршрутов [6]. Как результат, в 1984 году масса поезда по сети железных дорог увеличена на 86 тонн, в 1985 году достигнуто увеличение данного показателя от 1984 года на 78 тонн, а в 1986 году рост по сравнению с 1985 годом на 61 тонну. Более того, при снижении по стыкам железных дорог среднесуточной сдачи грузовых поездов на 1,2 процента увеличилась передача грузовых вагонов на 14,7 тысяч [7]. В целом программой увеличения массы поезда был достигнут положительный и ранее недостижимый эффект.

В настоящее время при значительном росте корреспонденций грузов на ВП, с одной стороны, актуально продолжение программы тяжеловесного и длинносоставного движения, а с другой стороны, при имеющемся развитии транспортной инфраструктуры и технологий, актуально развитие дальнейших исследований и оценки данного научно-практического опыта, актуален поиск ответов на вопросы: где предел роста массы поезда и его длины; на сколько и до какого уровня готова инфраструктура и технологии к существующим методам и способам повышения пропускной способности; когда это экономически и ситуативно целесообразно; в условиях влияния непрогнозируемых внешних факторов, трансформации транспортной модели и изменении конъюнктуры рынка транспортных услуг, какими еще методами возможно влиять на повышение пропускной способности участков железных дорог?

Методы исследования

Известно, что устойчивость перевозочного процесса характеризуется балансом между предъявляемым к перевозке объемом грузов (грузопоток) и существующими ресурсными производственными возможностями, то есть, проецируя данное на ВП, можно сделать вывод, что управление движением на данном полигоне оценивается как высокая степень использования пропускной способности участков и перерабатывающей способности. Более того, в границах ВП наличествует неравномерность грузопотоков в отдельные периоды по независимым от железнодорожной системы причинам (воздействии внешних систем). Ресурсные производственные возможности полигона характеризуются этой же отличительной чертой, то есть определенным временным периодом снижения пропускной и перерабатывающей способности. Причины этих снижений: отказы технических средств, плановые и неплановые виды ремонтных и строительных работ на транспортной инфраструктуре, специфика пропуска отдельных поездов с уменьшенной скоростью, метеорологические особенности – при этом повлиять на снижение времени действия этого периода возможно, а полностью исключить нельзя [8].

Влияющие факторы (рис. 2), при длительном периоде их воздействия, увеличивают долю рабочего парка вагонов как на отдельных участках железных дорог, так и в целом на ВП или не увеличивают рабочий парк вагонов при незначительном периоде их действия, что можно выразить следующим образом:

$$W_{1...i} \rightarrow n_{\text{раб}}^{\text{ВП}} \leq n_{\text{нор.раб}}^{\text{ВП}}, \text{ то } \sum p_{1...i} [f_{1...i}; q_{1...i}; k_{1...i}] = 0, \quad (1)$$

где $W_{1...i}$ – возмущающие внутрисистемные и внешнесистемные действия, влияющие на величины пропускной и перерабатывающей способности;

$n_{\text{раб}}^{\text{ВП}}$ – рабочий парк вагонов ВП в измеряемом периоде времени;

$n_{\text{нор.раб}}^{\text{ВП}}$ – нормативное значение рабочего парка вагонов ВП в измеряемом периоде времени;

$p_{1...i}$ – действия, решения (управляющие, координирующие), направленные на снижение величины парка вагонов;

$f_{1...i}$ – управляющие решения, характерны для внутренней системы, применяются в совокупности с факторами A_{11} и A_{12} ;

$q_{1...i}$ – управляющие действия, характерны для внутренней системы, применяются в совокупности с фактором A_{11} ;

$k_{1...i}$ – координирующие решения, характерны для внешних систем, применяются на основе факторов B_9 , B_{10} и A_{11} и A_{12} .

Если

$$W_{1...i} \rightarrow n_{\text{раб}}^{\text{ВП}} > n_{\text{нор.раб}}^{\text{ВП}}, \text{ то } \sum p_{1...i} [f_{1...i}; q_{1...i}; k_{1...i}] > 0. \quad (2)$$

На рис. 2 систематизировано представлены факторы внешних и внутренней систем, влияющие на величины пропускной и перерабатывающей способности участков железных дорог ВП.

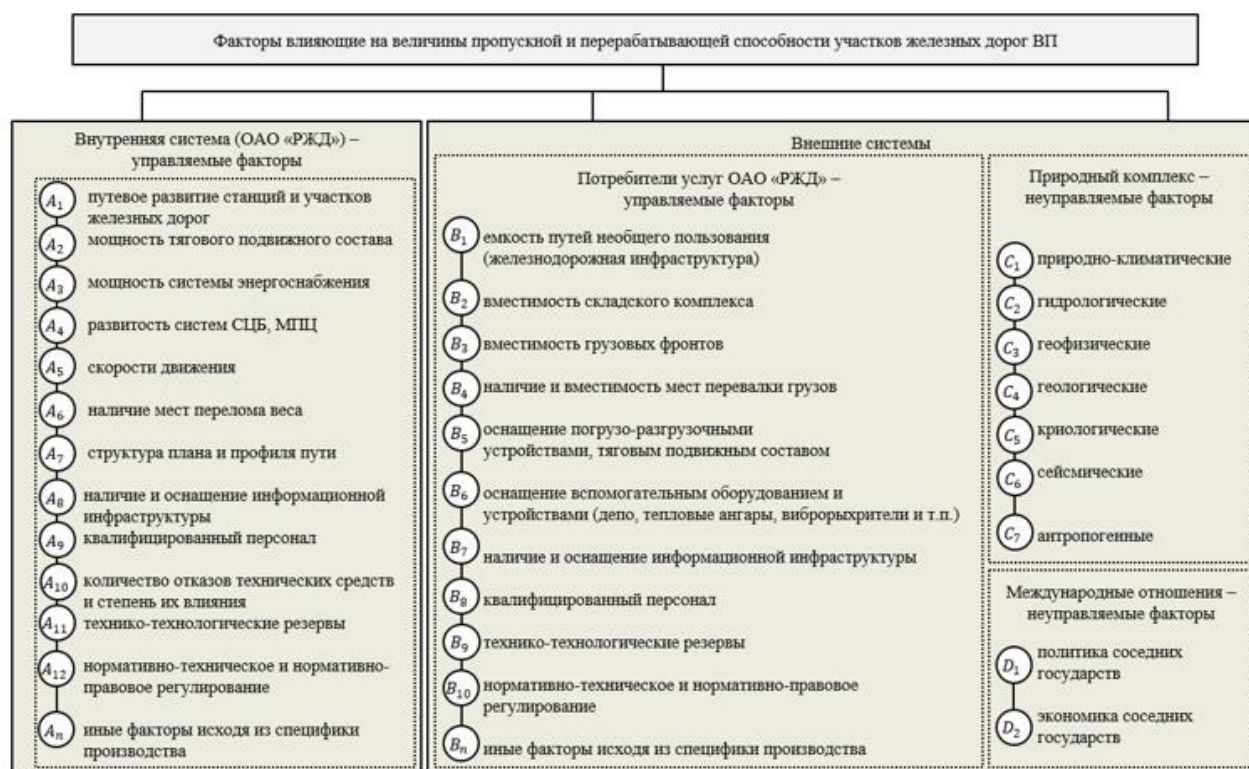


Рис. 2. Систематизированное представление влияющих факторов внешних и внутренней систем на величины пропускной и перерабатывающей способности участков железных дорог ВП

Влияние величины рабочего парка вагонов на элемент пропускной способности (участковая скорость) железных дорог в границах ВП представлено на рис. 3.

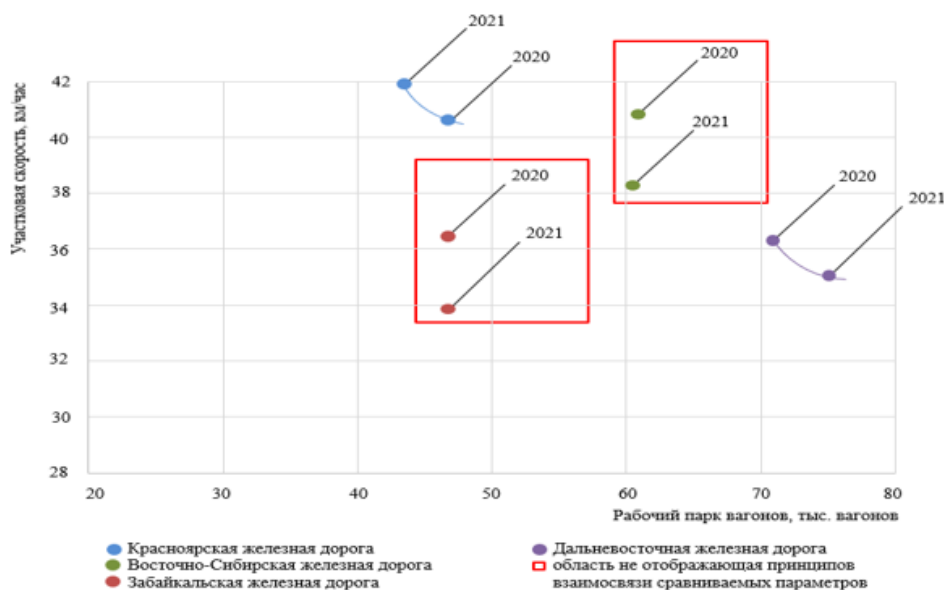


Рис. 3. Зависимость элемента пропускной способности (участковой скорости) от величины рабочего парка вагонов на железных дорогах ВП по итогам 2020 и 2021 годов

Анализ показал (рис. 3), что в границах Красноярской и Дальневосточной железных дорог, наблюдается зависимость участковой скорости от величины рабочего парка. Так, на Красноярской железной дороге среднесуточная величина рабочего парка грузовых вагонов в 2021 году снижена к 2020 году на 4,7 %, а среднесуточная участковая скорость в грузовом движении в 2021 году увеличена на 2,9 % по отношению к 2020 году; на Дальневосточной железной дороге среднесуточное содержание рабочего парка грузовых вагонов в 2021 году увеличено на 6,8 % к 2020 году, среднесуточная участковая скорость в грузовом движении за 2021 год снижена к уровню 2020 года на 2,8 %. При этом путем анализа данных в границах Забайкальской и Восточно-Сибирской железных дорог определена область, не отображающая принципов взаимосвязи между сравниваемыми параметрами. Так, на Забайкальской железной дороге в 2021 году содержание рабочего парка грузовых вагонов в среднесуточном измерении снижено на 1 %, среднесуточная участковая скорость в грузовом движении снижена на 7 % по отношению к 2020 году; на Восточно-Сибирской железной дороге значения среднесуточного рабочего парка грузовых вагонов, среднесуточной участковой скорости в грузовом движении снижены на 1,44 и 7,5 % соответственно к уровню 2020 года.

Для дальнейшего определения степени влияния грузопотоков на пропускную способность участков железных дорог ВП (области, не отображающие принципов взаимосвязи), требуется детализация состава образования поездопотоков с учетом применения фактора A_1 (см. рис. 2).

Рыночная экономика и постоянный рост объемов корреспонденций грузов в границах ВП создают такие условия, когда требуется увеличивать доходы от основного вида деятельности компании ОАО «РЖД», при этом не повышая его себестоимости [9]. В границах ВП, в контексте вышеизложенного и с целью максимального использования пропускной способности участков железных дорог, применяют комплекс методов, в том числе метод динамического роста массы и длины грузового поезда.

На рис. 4 представлена детализация состава образования поездопотоков ВП с учетом применения фактора A_1 (см. рис. 2).

Наименование железной дороги	Доля прямо-отправочных путей вместимостью, %		Доля главных путей вместимостью, %	
	более 71 условного вагона от общего их количества	в том числе более 100 условных вагонов от общего их количества	более 71 условного вагона от общего их количества	в том числе более 100 условных вагонов от общего их количества
1	2	3	4	5
Красноярская	42,7	0,4	61,3	1,7
Восточно-Сибирская	51,7	1,5	63,44	1,14
Забайкальская	34,1	3,2	42	8,1
Дальневосточная	43,1	1,1	52,74	2,34

Наименование железной дороги	Доля принятых поездов с условной длиной свыше 71 вагона по междорожным стыковым пунктам (2021 год в сравнении с 2020 годом), %		Доля сданных поездов с условной длиной свыше 71 вагона по междорожным стыковым пунктам (2021 год в сравнении с 2020 годом), %		Доля соединенных поездов (2021 год в сравнении с 2020 годом), %
	груженое направление	порожнее направление	груженое направление	порожнее направление	
1	2		3		4
Красноярская	+9,8		+18,3		+26,4
	груженое направление	порожнее направление	груженое направление	порожнее направление	
	+23,9	-14,1	+22,2	-3,9	
Восточно-Сибирская	+2,6		+16		-29,7
	груженое направление	порожнее направление	груженое направление	порожнее направление	
	+24,5	-21,8	+37,8	-21,8	
Забайкальская	+8,7		-6		+31,8
	груженое направление	порожнее направление	груженое направление	порожнее направление	
	+22,6	-13,9	+17,4	-23,4	
Дальневосточная	+18,8		-18		-12,4
	груженое направление	порожнее направление	груженое направление	порожнее направление	
	+23,7	-4,9		-18,5	

Рис. 4. Детализация состава образования поездопотоков ВП с учетом применения фактора A_1

Из представленных данных (рис. 4) видно, что фактор A_1 (рис. 2) наименее развит на Забайкальской железной дороге, технологическому процессу которой при имеющейся транспортной инфраструктуре было затруднительно переработать предъявленный грузопоток по составообразованию 2021 года. Так, по всем железным дорогам ВП достигнут рост принятых и сданных поездов с условной длиной свыше 71 вагона по междорожным стыковым пунктам по отношению к 2020 году, за исключением Забайкальской и Дальневосточной железных дорог, где допущено снижение к этому же периоду доли сданных поездов с условной длиной свыше 71 вагона по междорожным стыковым пунктам на 6 и 18 % соответственно, характеризуется это как изменением географии передачи поездопотоков (перераспределение передачи поездов на другие междорожные стыковые пункты), так и изменением их состава образования (поездопотоки установленной унифицированной длины). Результаты детализации состава образования поездопотоков показали, что основные принципы метода динамического роста массы и длины грузового поезда применялись при формировании груженого направления, так, всеми железными дорогами ВП в 2021 году достигнуто значительное увеличение доли принятых и сданных поездов с условной длиной свыше 71 вагона по междорожным стыковым пунктам по отношению к 2020 году, более того, на Забайкальской железной дороге увеличена доля сформированных сдвоенных поездов к уровню 2020 года на 31,8 %.

Таким образом, переориентирование структуры состава образования поездов с условной длиной свыше 71 вагона в груженом и порожнем направлениях и при недостаточном развитии фактора A_1 на Забайкальской железной дороге (рис. 4) стало причиной снижения пропускной и перерабатывающей способности Забайкальской железной дороги и, как следствие, Восточно-Сибирской железной дороги (неприем поездов по междорожным стыковым пунктам) (рис. 3).

Выводы

1 При планировании формирования длинносоставных, объединенных и соединенных поездов необходимо в том числе учитывать фактор A_1 и степень его влияния на пропускную и перерабатыва-

ющую способность участков железных дорог, а также факторы A_{10} и A_n – в части планирования технологических «окон», ремонтно-путевых и строительных работ (количество, продолжительность, имеющиеся ресурсы и т.д.).

2 Применение технологии формирования и вождения объединенных и соединенных поездов в каждом случае необходимо экономически и ситуативно подтверждать.

3 В границах ВП требуется разработка такой методологии повышения пропускной и провозной способности, которая бы увязывала существующее развитие информационного комплекса, технологий и обеспечивала экономическую доходность перевозочного процесса, а для этого требуется проведение дополнительных исследований.

Список литературы

1 Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. – URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577> (дата обращения 10.02.2023).

2 Распоряжение ОАО «РЖД» от 17.04.2018 г. №769/р «Об утверждении стратегии научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга)». – URL: http://cipi.samgtu.ru/sites/cipi.samgtu.ru/files/belaya_kniga.pdf (дата обращения 10.02.2023).

3 **Аветикян, А. А.** Опыт вождения грузовых поездов повышенной массы / А. А. Аветикян // Железнодорожный транспорт в СССР и за рубежом. Москва : Изд-во ЦНИИ ТЭИП, 1981. – Вып. 12. – С. 49–60.

4 **Паристый, И. Д.** Вождение поездов повышенного веса и длины / И. Д. Паристый, Р. Г. Черепашенцев. Москва : Транспорт, 1983. – 240 с.

5 **Югрин, О. П.** Эффективность организации тяжеловесного движения и вождения соединенных поездов / О. П. Югрин, Ю. А. Танайно // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 4 (51). – С. 22–27. – ISSN 1815-9265.

6 **Розенберг, Е. Н.** О развитии бортовых и напольных систем контроля безопасности, минимизирующих влияние человеческого фактора / Е. Н. Розенберг, А. С. Коровин, В. В. Батраев // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2013. – № 5. – С. 24–35.

7 **Левин, Д. Ю.** Системное управление перевозочным процессом на железнодорожном транспорте : монография / Д. Ю. Левин. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 313 с. – (Научная мысль). – ISBN 978-5-16-105879-4.

References

1 The Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035 : approved by the Decree of the Government of the Russian Federation No. 3363-r dated November 27, 2021. . – URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577> (date of access: 02.10.2023).

2 Order of JSC "Russian Railways" dated 17.04.2018 No. 769/r "On approval of the Strategy of scientific and technological development of the Russian Railways Holding for the period up to 2025 and for the future up to 2030 (WHITE PAPER)".

URL:http://cipi.samgtu.ru/sites/cipi.samgtu.ru/files/belaya_kniga.pdf (date of access: 02/02/2023).

3 **Avetikyan, A. A.** Experience of driving heavy freight trains. Collection of art. / A. A. Avetikyan // Railway transport in the USSR and abroad. Moscow : Publishing House of TSNII TEIP, 1981. – No. 12. – P. 49–60.

4 **Paristy, I. D.** Driving trains of increased weight and length / I. D. Paristy, R. G. Cherepashentsev. Moscow : Transport, 1983. – 240 p.

5 **Yugrina, O. P.** Efficiency of the organization of heavy traffic and driving of connected trains O. P. Yugrina, Yu. A. Tanaino // Bulletin of the Siberian State University of Railways. – 2019. – No. 4 (51). – P. 22–27. – ISSN 1815-9265.

6 **Rosenberg, E. N.** On the development of on-board and floor safety control systems that minimize the influence of the human factor / E. N. Rosenberg, A. S. Korovin, V. V. Batraev // Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC "Russian Railways". – 2013. – No. 5. – P. 24–35.

7 **Levin, D. Yu.** System management of the transportation process in railway transport: monograph / D. Yu. Levin. – Moscow : INFRA-M, 2020. – 313 p. – (Scientific thought). – ISBN 978-5-16-105879-4.

8 **Зябиров, Х. Ш.** интегральные показатели повышения качества системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте (теория. Практика. перспективы) : монография / Х. Ш. Зябиров, И. Н. Шапкин. – Москва : Финансы и статистика, 2022. – 384 с. – ISBN 978-5-00184-064-0.

9 **Шенфельд, К. П.** Развитие методов управления перевозочным процессом в условиях рыночной экономики и реформирования железнодорожного транспорта: сборник научных трудов / К. П. Шенфельд, Е. А. Сотников. – Москва : ВНИИЖТ, 2015. – 202 с. – ISBN 978-5-91522-421-5.

8 **Zyabirov, H. S.** Integral indicators of improving the quality of the transportation process management system in railway transport (theory, practice, prospects) : monograph / H. Sh. Zyabirov, I. N. Shapkin. – Moscow : Finance and Statistics, 2022. – 384 p. – ISBN 978-5-00184-064-0.

9 **Schoenfeld, K. P.** Development of methods of transportation process management in a market economy and railway transport reform: collection of scientific papers / K. P. Schoenfeld, E. A. Sotnikov. – Moscow : VNIIZhT, 2015. – 202 p. – ISBN 978-5-91522-421-5.

N. F. Sirina, A. G. Sakharov

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF EXTERNAL AND INTERNAL SYSTEMS ON THE CAPACITY OF RAILWAY SECTIONS OF THE EASTERN POLYGON

Abstract. The factors of external and internal systems are determined and their influence on capacity and processing capacity of the railway sections of the Eastern Polygon is analyzed. When analyzing the dependence of the capacity element (section speed in freight traffic) on the size of the working fleet of railways, an area is determined that does not reflect the principles of the relationship between these parameters. The detailed composition of the train flows of the Eastern Polygon has been carried out, taking into account the application of the factor – the track development of stations and sections of railways. The reason for the decrease in the capacity and processing capacity of the railways of the Eastern Polygon has been determined.

Keywords: external systems, internal system, capacity, influencing factors, composition.

For citation: Sirina, N. F. Analysis of the influence of external and internal systems on the capacity of railway sections of the Eastern polygon / N. F. Sirina, A. G. Sakharov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 1. – P. 119–125. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_1_119.

Сведения об авторах

Сирина Нина Фридриховна

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС),
доктор технических наук, профессор,
проректор по учебной работе и связям с производством,
e-mail: nsirina@usurt.ru

Александр Геннадьевич Сахаров

ОАО «РЖД»,
начальник департамента управления бизнес-блоком «Железнодорожные перевозки и инфраструктура»,
e-mail: salgenn@yandex.ru

Information about the authors

Sirina Nina Fridrikhovna

Ural State University of Railway Transport (USURT),
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Vice-Rector for Academic Affairs and Production Relations,
e-mail: nsirina@usurt.ru

Aleksandr Gennadievich Sakharov

JSC "Russian Railways",
Head of the Department of Management of the business unit "Railway transportation and infrastructure",
e-mail: salgenn@yandex.ru