

Научная статья
УДК 656.212+06
doi:10.52170/1815-9265_2026_78_66

О методах оценки эффективности организационных структур управления железнодорожным транспортным производством

Данил Сергеевич Безусов¹, Олег Николаевич Числов^{2✉}, Сергей Алексеевич Колошин³

^{1, 2, 3} Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия

¹ iren306@yandex.ru

² o_chislov@mail.ru✉

³ ser-koloshin@yandex.ru

Аннотация. В статье исследуются методы оценки степени эффективности взаимодействия организационных структур управления железнодорожным транспортным производством при передаче вагонопотока с общей сети на пути необщего пользования предприятий промышленного транспорта, а также других крупных грузополучателей (порты, терминалы). Представлены методы управления транспортно-технологическими процессами с учетом цифровизации, интеллектуализации, логистических управляющих комплексов для формирования единого пространства перевозок и снижения потерь на стыках взаимодействия различных видов транспорта. Рассмотрены подходы к оценке степени эффективности структур управления в условиях сложно формализуемых факторов на принципах теории нечетких множеств, техноценоза, теории систем в выборе рациональных сценариев управления транспортным процессом. Представлена постановка задачи и аналитические подходы к расчету результативности взаимодействия организационных структур управления железнодорожным транспортным производством. В современных условиях эксплуатации железнодорожный транспорт РФ сталкивается со значительными технологическими и конкурентными проблемами, решение которых возможно путем не только инфраструктурного развития, но и совершенствования организационно-технических структур управления (ОТСУ), особенно на стыке взаимодействия железнодорожного транспорта общего и необщего пользования (ППЖТ, ППНП грузоотправителей, грузополучателей). Таким образом, представленные методы научной поддержки выбора и оценки эффективных вариантов взаимодействия железнодорожных ОТСУ должны использовать многофакторные обоснования и быть связаны в перспективе с интеллектуализацией и цифровизацией. Критериями оптимальности приняты: простой местного вагона в системе и технико-экономические показатели организационных издержек. В перспективе роль ОТСУ транспортным производством будет расширяться за счет так называемых виртуальных ОТСУ, в которых на первое место выходят информационные технологии и искусственный интеллект, управляющие движением информации от нижних уровней управления к верхним в соответствии с принципами стратегического анализа принятия решений.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, организационные структуры управления, взаимодействие, транспортное производство, моделирование, техноценоз, аксиоматика, теория нечетких множеств, простой местного вагона, экономическая эффективность

Для цитирования: Безусов Д. С., Числов О. Н., Колошин С. А. О методах оценки эффективности организационных структур управления железнодорожным транспортным производством // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2026. № 1 (78). С. 66–77. DOI 10.52170/1815-9265_2026_78_77.

Original article

On methods for assessing the effectiveness of organizational structures for managing railway transport production

Danil S. Bezusov¹, Oleg N. Chislov^{2✉}, Sergey A. Koloshin³

^{1, 2, 3} Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia

¹ iren306@yandex.ru

² o_chislov@mail.ru✉

³ ser-koloshin@yandex.ru

Abstract. This article explores methods for assessing the effectiveness of interactions between organizational structures managing rail transport operations when transferring wagon traffic from the public network to private tracks of industrial transport enterprises and other major freight recipients (ports and terminals). It presents methods for managing transport and technological processes, taking into account digitalization, intellectualization, and

logistics management systems for creating a unified transportation space and reducing losses at the interfaces of various modes of transport. Approaches to assessing the effectiveness of management structures in the context of complex, formalizable factors are considered, based on the principles of fuzzy set theory, technocenosis, and systems theory in selecting rational scenarios for managing the transport process. The article presents the formulation of the problem and analytical approaches to calculating the effectiveness of interactions between organizational structures managing rail transport operations. In today's operating environment, Russian rail transport faces significant technological and competitive challenges. These challenges can be addressed not only through infrastructure development but also through improving organizational and technical management structures (OTMS), particularly at the interface between public and non-public rail transport (PPZhT, PPNP, shippers, and consignees). Therefore, the presented methods for scientifically supporting the selection and evaluation of effective options for interaction between railway OTMS should utilize multifactorial justifications and, in the long term, be linked to intellectualization and digitalization. The following are accepted as optimality criteria: local car downtime in the system and technical and economic indicators of organizational costs. In the future, the role of OTMS in transport production will expand through so-called virtual OTMS, in which information technology and artificial intelligence come to the forefront, managing the flow of information from lower management levels to higher ones based on the principles of strategic decision-making analysis.

Keywords: railway transport, organizational management structures, interaction, transport production, process models, technocenosis, axiomatics, theory of fuzzy sets, simple local carriage, economic efficiency

For citation: Bezusov D. S., Chislov O. N., Koloshin S. A. On methods for assessing the effectiveness of organizational structures for managing railway transport production. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2026;(78):66–77. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2026_78_66.

Введение

Железнодорожный комплекс России выполняет важнейшую системообразующую роль в социально-экономической жизни страны, обеспечивая интеграцию национальной экономики, достижение оборонных и внешнеполитических целей. В Транспортной стратегии [1] и в рамках проекта «Эффективная транспортная система» определены задачи сбалансированного и опережающего развития железнодорожного транспорта РФ.

По данным [2], за 11 месяцев 2025 г. промышленное производство в России увеличилось на 0,8 % по сравнению с аналогичным периодом 2024 г. Добыча полезных ископаемых сократилась на 1,5 %. Погрузка грузов на сети ОАО «РЖД» в 2025 г. составила 1 115,8 млн т, что на 5,6 % меньше, чем в 2024 г. Грузооборот в 2025 г. составил 2 478,3 млрд т-км (–1,8 %), а с учетом пробега вагонов в порожнем состоянии – 3 075,1 млрд т-км. Оборот грузового вагона на сети в 2025 г. равен 21,8 сут, что на 5,3 % больше, чем за тот же период в 2024 г., когда показатель составлял 20,74 сут.

Грузооборот морских портов Азово-Черноморского бассейна за 2025 г. составил 265,4 млн т (–3,9 %), из них объем перевалки сухих грузов – 118,7 млн т (–5,0 %), наливных грузов – 146,7 млн т (+1,5 %). Грузооборот морских портов Каспийского бассейна – 8,6 млн т (–5,4 %), из них объем перевалки сухих грузов – 5,7 млн т (–11,7 %), наливных грузов – 2,9 млн т (+10,3 %). Полученные объемы перевалки грузов обеспечивает в том числе транспортная система Северо-Кавказской железной дороги (СКЖД) –

филиала ОАО «РЖД», где имеются более 400 станций, среди которых три сортировочных, для выполнения грузовых операций открыта 281 станция [3], из которых 13 припортовых. В 2025 г. [3] на припортовых станциях Северо-Кавказской железной дороги было выгружено более 1,3 млн ваг. Это на 0,6 % превышает уровень 2024 г. Более пяти тысяч предприятий малого и среднего бизнеса, а также предприятия-гиганты, такие как ООО «Афипский нефтеперерабатывающий завод», АО «Невинномысский Азот», ОАО «Новоросцемент», ООО «Гленкор Агро Ростов», ООО «Руда-экспресс», ООО «ЮжТранс», пользуются услугами железнодорожного транспорта.

Следует отметить, что важнейшей частью производственно-транспортной системы юга России являются предприятия промышленного железнодорожного транспорта (ППЖТ). На долю ППЖТ приходится 32 % объема перевозок всех видов промтранспорта. Затраты на перевозки ППЖТ составляют до 20 % от себестоимости производимой промышленной продукции [2, 3]. Погрузка и выгрузка выполняются на более чем на 24 тысячах железнодорожных подъездных путей необщего пользования (ППНП). Количество предприятий, располагающих своим железнодорожным транспортом в виде железнодорожных ППНП или со своим подвижным составом, – около 3,5 тыс. На полигоне СКЖД основные ППЖТ – это ООО «НПЖТ», ОАО «МИР СКПЖТ», ОАО «КППЖТ», ОАО «ПЖТ», ООО «КЖД» и др. Показатели работы ППЖТ отличаются разнообразностью, но следует отметить, что по круп-

ным предприятиям в целом отмечается рост объемов перевозки около 3–5 %.

В современных условиях эксплуатации железнодорожный транспорт РФ сталкивается со значительными технологическими и конкурентными трудностями, преодоление которых возможно путем не только инфраструктурного развития, но и совершенствования организационно-технических структур управления (ОТСУ), особенно на стыке взаимодействия железнодорожного транспорта общего и необщего пользования (ППЖТ, ППНП грузоотправителей, грузополучателей), а также взаимодействия видов транспорта (порты, терминалы и т. п.).

ОТСУ на железнодорожном транспорте присущи свойства сложных иерархичных и структурированных систем, выполняющих функции взаимодействия с клиентурой: организационно-управленческие, технико-технологические, погрузочно-транспортные, информационные и др. Несмотря на перспективное развитие, цифровизацию и внедрение инновационных технологий в управление работой на железнодорожном транспорте, ОТСУ по-прежнему сталкиваются с рядом проблем, требующих решения (рис. 1).

Поэтому в современных неустойчивых и сложно формализуемых экономических условиях эксплуатации, сопровождающихся повышенной рыночной конкуренцией, санкционными воздействиями и изменениями логистических связей, занятие передовых позиций на рынке транспортных услуг возможно только на основе развития методов управления транспортно-технологическими процессами с учетом цифровизации, интеллектуализации, логистических управляющих комплексов для

формирования единого пространства перевозок и снижения потерь на стыках взаимодействия видов транспорта [4, 5].

Модели и методы исследования ОТСУ

Вопросам управления сложными железнодорожными транспортными системами посвящены труды известных отечественных ученых [6–10]: В. И. Арсенова, В. В. Багиновой, О. В. Белого, М. М. Болотина, А. Ф. Бородина, В. Д. Верескуна, В. И. Галахова, А. В. Горского, А. Н. Гуды, Ю. И. Ефименко, Д. В. Железнова, В. Н. Зубкова, А. Я. Калининченко, П. А. Козлова, П. В. Куренкова, В. И. и М. В. Колесниковых, А. В. Кутыркина, Б. А. Левина, Н. Н. Лябаха, Л. А. Мазо, Э. А. Мамаева, Д. А. Мачерета, Л. Б. Миротина, А. С. Мишарина, А. Т. Осьминина, Н. В. Правдина, В. А. Персианова, О. Д. Покровской, М. Б. Петрова, С. М. Резера, А. А. Смехова, В. М. Сая, В. А. Шарова, М. И. Шмудевича и др.

В оценке эффективности организационных структур управления железнодорожным транспортным производством используются методы и подходы экономико-математического моделирования, теории вероятности и математической статистики, теории массового обслуживания, теории активных систем, теории графов, теории надежности, теории нечетких множеств, нейросетевого и информационного планирования.

Вместе с тем современные особенности взаимодействия ОТСУ на железнодорожном транспорте, особенно на стыке сети общего и необщего пользования, при реализации мультимодальных перевозок требуют развития существующих и разработки новых моделей и методов обоснования выбора эффективных



Рис. 1. Проблемы ОТСУ на железнодорожном транспорте

Согласно [7] требованиями к ОТСУ на железнодорожном транспорте является соблюдение интеграционных принципов и унификация основных стыковочных узлов схем управления по внешним и внутренним параметрам. Приняты критерии оценки качества ОТСУ: степень использования технико-технологических и инфраструктурных ресурсов; уровень транспортно-технического развития; реакция на изменения транспортного производства; способность обеспечения роста показателей транспортного производства и инновационного развития; способность изменять транспортные и информационные потоки в системе в случае непредвиденных ситуаций в работе; способность к взаимодействию с партнерами и конкурентами в условиях транспортного рынка; степень сочетаемости видов инфраструктур и транспортно-технологических процессов; техническая готовность транспортного производства к обслуживанию перевозок; ресурсная достаточность по видам деятельности и организационным структурам;

В статье рассмотрены принципы оценки эффективности ОТСУ в системах «ЖСОП – порт», «ЖСОП – ППЖТ» на основе аксиоматического подхода согласно теории нечетких множеств и техноценоза, а также ценологической теории анализа транспортных сценариев в условиях сложно формализуемых и неопределенных параметров управления [7, 8, 10, 11].

Управление транспортным производством в соответствии с принципами аксиоматики [9, 10] представляет собой логическую спецификацию транспортных процессов и структур на исполнимом логическом языке. Спецификация логической модели (прототипа) транспортного объекта задается формулами вида $\forall \bar{x}(\varphi(\bar{x}) \rightarrow \psi(\bar{x}))$, где $\bar{x}$ – вектор переменных параметров; $\varphi(\bar{x})$ – конъюнкция отношений (предикатов), равенств термов или их отрицаний; $\psi(\bar{x})$ – конъюнкция предикатов и термов, рассматриваемых как определение отношения или функции в логической модели. ОТСУ

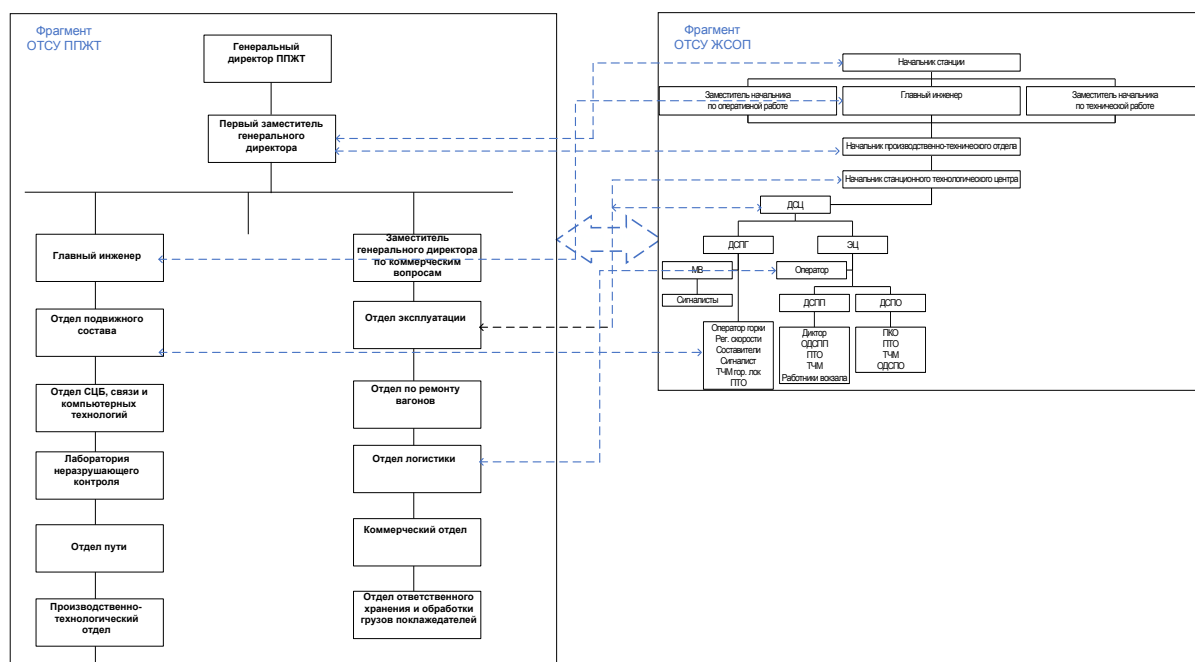


Рис. 2. Фрагменты ОТСУ и их связи в системе «ЖСОП – ППЖТ»

может включать следующие последовательности аксиомат управляющих воздействий: организация приема-отправления поездов, организация расформирования-формирования составов, организация подачи-уборки вагонов на грузовые фронты (причалы порта), продолжительность обработки в парках, продолжительность погрузки-выгрузки, продолжительность межоперационных простоев и т. д. Для оценки степени эффективности управляющих воздействий может быть принята или временная параметризация с позиций аксиоматики транспортно-технологических процессов или минимальные организационные издержки системы, включающие управленческие, технологические и упущенные выгоды.

Последовательность управляющих событий может быть представлена в виде вариантов процессов в структуре ОТСУ (рис. 3).

Задачу определения эффективной ОТСУ можно сформулировать следующим образом: для железнодорожной транспортно-технологической системы с существующей ОТСУ – $Z(S)$ при известных структурных, производственных и штатных показателях необходимо таким образом организовать управленческое взаимодействие h_r , чтобы количество и параметры транспортных процессов s_k были наиболее рациональными.

Критерии рациональности:

1) минимальное время простоя t_{ij} подвижного состава в транспортной системе:

$$T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^v t_{ij} s_k \rightarrow \min; \quad (1)$$

2) минимальное количество управленческих воздействий при выполнении максимальных объемов работы:

$$Z(S) = \arg \min_{i,j,r,k} \{t_{ij}, h_r, \text{sgn } s_k\}; \quad (2)$$

3) минимальные организационные издержки системы управления транспортным производством, включающие управленческие, технологические и упущенные выгоды:

$$S(r) = \frac{(T_{\text{пер}} + Ar)e_{\text{лок-ч}}}{M(T_{\text{цикл}})} + \bar{X}(t) \cdot e_{\text{ваг-ч}} + \frac{M(T_0)}{M(T_{\text{цикл}})} (\sum_{p=1}^l \Pi_p) \cdot e_{\Pi} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $T_{\text{пер}}$ – технологическое время на передачу вагонов на ППНП порта или пути (парки) ППЖТ; A – нормативный коэффициент маневровой работы по расформированию передачи вагонов; r – количество назначений в подаче; $e_{\text{лок-ч}}$ – стоимость локомотиво-часа маневровой работы; $M(T_{\text{цикл}})$ – интервал отсутствия вагонов на ППНП порта или обменных путях ППЖТ; $\bar{X}(t)$ – парк вагонов предприятия; $e_{\text{ваг-ч}}$ – стоимость вагоно-часа простоя; $M(T_0)$ – среднее время нахождения системы в состоянии отсутствия вагонов; Π_i – перерабатывающая способность p -го грузового фронта; e_{Π} – величина потерь от резервного хранения 1 т неотправленного груза.

В условиях сложно формализуемых факторов рассмотрена постановка задачи выбора вариантов эффективного управления с позиций

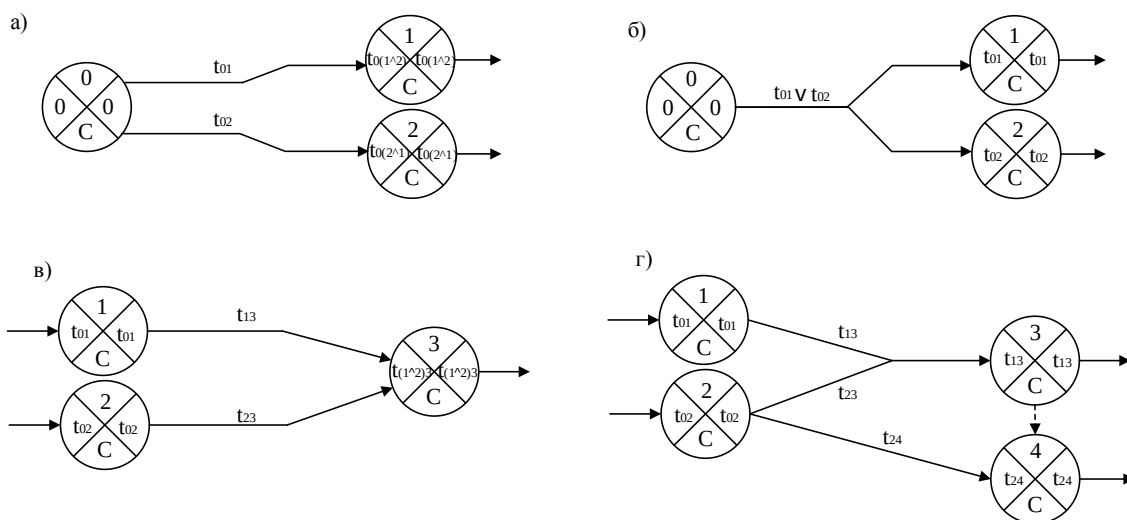


Рис. 3. Последовательность управляющих событий:

а – после начального события 0 выполняются события 1 и 2; б – после начального события 0 выполняется событие 1 или 2; в – событие 3 выполняется только после событий 1 и 2; г – событие 3 выполняется после события 1 или 2, а событие 4 выполняется после события 2 одновременно с событием 3

нечеткой временной параметризации и аксиоматики [9, 10], где s_k – параметры транспортных процессов ($k = 1, 2, \dots, v$); h_r – количество управляющих воздействий по варианту транспортной работы ($r = 1, 2, \dots, z$); $\tilde{A}_{kr} = \{(t_{kr} | \mu_{\tilde{A}}(t_{kr}))\}$ – технология работы блока ОТСУ и его продолжительность (аксиомата $\tilde{A}_{kr}$ в нечетком функциональном представлении, $\mu_{\tilde{A}}(t_{kr})$ – степень (доля) принадлежности t_{kr} в $\tilde{A}_{kr}$); a_i – количество груза или транспортных средств (грузовых поездов, передач вагонов, автомобилей, судов), прибывающих в транспортную систему за расчетный период времени ($i = 1, 2, \dots, n$); b_j – количество груза или транспортных средств, которые могут быть переработаны транспортной системой ($j = 1, 2, \dots, m$) при условии максимального обеспечения всех грузовых фронтов и минимального времени простоя подвижного состава.

Тогда множество вариантов управления $\tilde{A}(\tilde{S})$ технологических блоков $\tilde{s}_k$ ОТСУ, обеспечивающих рациональный вариант организации транспортного производства, примет вид $\tilde{A}(\tilde{S}) = \min_{i,j,k,r} \{t_{ij}, \tilde{A}_{kr} | \mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_k)\}$, где $\mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_k)$ – доля использования блока $\tilde{s}_k$ ОТСУ в последовательности блоков событий управления нечеткого подмножества $\tilde{A}_{ij}$, принимающая значения от 0 до 1.

С данными множествами выполнимы операции включения, равенства, дополнения, пересечения, объединения, позволяющие выбирать рациональные параметры аксиомат управления ОТСУ (А-ОТСУ). Для оценки нечеткости составляющих компонентов ОТСУ применима энтропия системы относительно значений вероятностей использования n -блоков структуры управления ($h_1, h_2, \dots, h_r$):

$$H(h_1, h_2, \dots, h_r) = -\sum_{r=1}^z h_r \cdot \ln h_r. \quad (4)$$

Степень беспорядка А-ОТСУ находится между $H = 0$ (минимально) и $H = 1$ (максимально). Уровень организации системы ОТСУ равен: $R = 1 - \frac{H}{H_{\max}}$, где H – текущее (фиксированное на данный момент времени) значение неопределенности системы; $H_{\max}$ – максимально возможная неопределенность системы, определяемая как $H_{\max} = \log_a n$.

Для оценки энтропии по нечеткости подмножества параметров блоков (А-ОТСУ) или составляющих времен простоя для аксиомат управления используется формула

$$H(\mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_1), \dots, \mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_k)) = -\frac{1}{\ln k} \sum_{k=1}^v \mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_k) \cdot \ln \mu_{\tilde{A}}(\tilde{s}_k)$$

или по нечеткости времен простоя подвижного состава

$$H(\mu_{\tilde{A}}(\tilde{t}_1), \mu_{\tilde{A}}(\tilde{t}_2), \dots, \mu_{\tilde{A}}(\tilde{t}_r)) = -\frac{1}{\ln z} \sum_{r=1}^z \mu_{\tilde{A}}(\tilde{t}_r) \cdot \ln \mu_{\tilde{A}}(\tilde{t}_r). \quad (5)$$

Блок-схема начальной логики выбора вариантов управленческих решений ОТСУ по критериям соотношения наличной и потребной перерабатывающих способностей представлена на рис. 4.

Следует отметить многовариантность параметров выбора управленческих решений ОТСУ, оценивать которые предлагается по следующим показателям [10]:

– средняя скорость транспортных процессов, ваг.(т)-оп./ч:

$$W_{\text{ОТСУ}} = \frac{n_{\text{ТП}} R m_{\text{вар(т)}}}{24 n_{\text{ОТСУ}}}; \quad (6)$$

– размер транспортного действия на протяжении железнодорожной инфраструктуры, находящейся под управлением ОТСУ, ваг.(т)·км/ч:

$$R(L) = \frac{m_{\text{вар(т)}} L}{24}; \quad (7)$$

– экономическая эффективность повышения качества транспортной работы ОТСУ от ускорения оборота подвижного состава, р.:

$$\mathcal{E}_{\text{гр}} = \Delta \vartheta_{\text{гр}} (U_n + U_{\text{пр}}^{\text{гр}}) P_{\text{ст}} \Pi_{\text{гр}}, \quad (8)$$

где $\Delta \vartheta_{\text{гр}}$ – достигнутое ускорение оборота вагона, ч; $U_n + U_{\text{пр}}^{\text{гр}}$ – работа вагонного парка, ваг./ч; $P_{\text{ст}}$ – статическая нагрузка, т/ваг.; $\Pi_{\text{гр}}$ – стоимость 1 т груза, р.;

– коэффициент эффективности ОТСУ по прогнозируемым доходам при взаимодействии транспортных систем [10, 12]:

$$k_{\text{ОТСУ}} = \frac{D_{\text{прогн}}}{D_{\text{прогн}} + \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (\sum_{j=1}^s (D_{\text{деп}}^j)_i) + \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (\sum_{j=s+1}^{n-m+l} (R_{\text{уб}}^j)_i)}, \quad (9)$$

где $D_{\text{прогн}}$ – прогнозируемый доход ОТСУ; $(R_{\text{уб}}^j)_i$ – убытки транспортной структуры в i -й отрезок времени в результате варианта взаимодействия с другой ОТСУ;

– коэффициент числа уровней управления по составляющим информационных потоков в системе:

$$k_y = e^{(N_n - N_{\phi})}, \quad (10)$$

где N_n – нормативное количество уровней управления; N_{ϕ} – фактическое количество уровней управления.

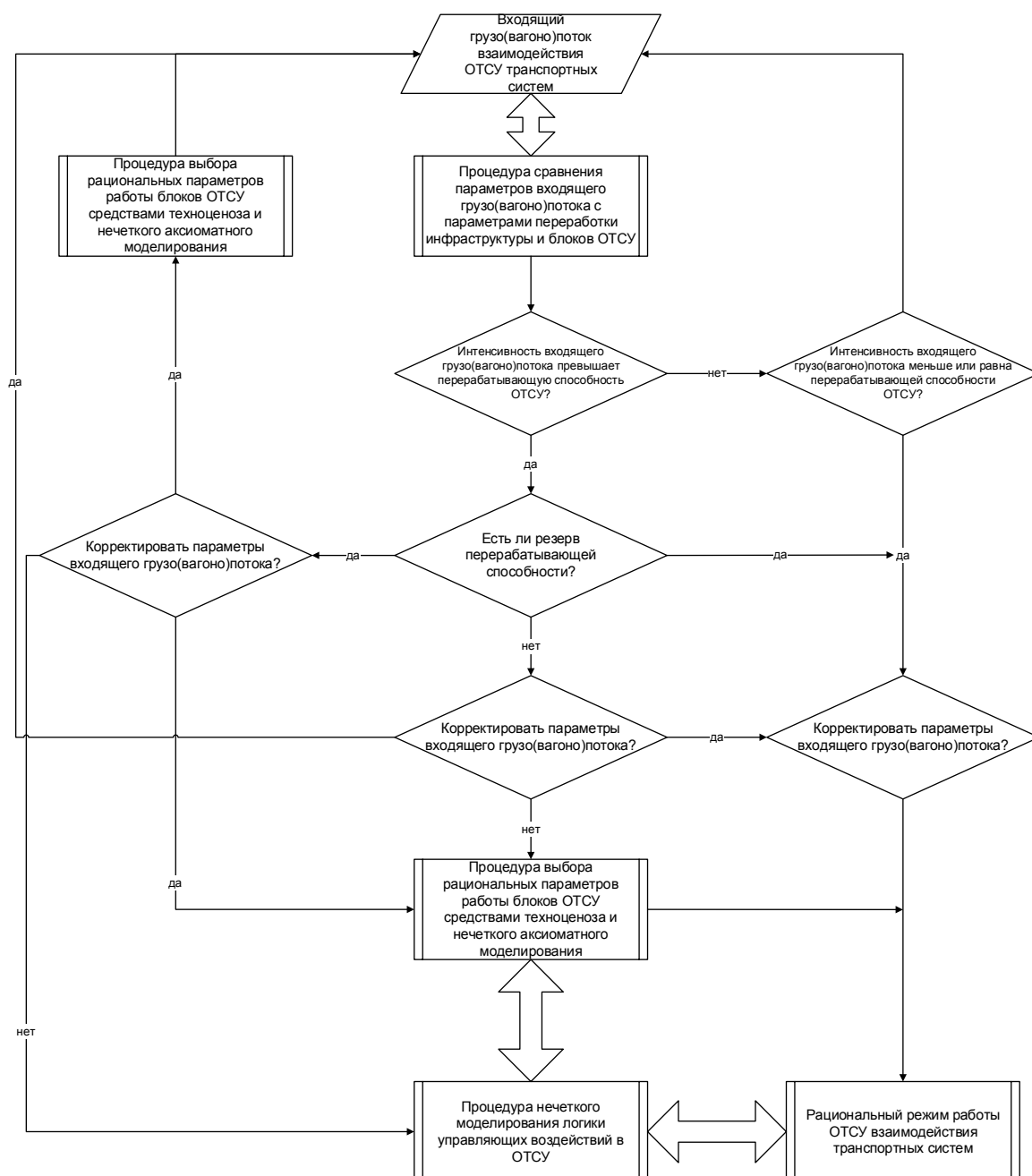


Рис. 4. Укрупненная блок-схема логики выбора вариантов решений OTSU

Нормативное количество уровней управления N_n определяется по формуле

$$N_n = \frac{\lg(S_{\text{инф}}/s_{\text{ср}})}{\lg k_{\text{сж}}}, \quad (11)$$

где $S_{\text{инф}}$ – суммарное количество информационных потоков, перерабатываемых системой OTSU; $s_{\text{ср}}$ – среднее количество элементов в информационном потоке, поступающих на каждый уровень управления организационной структуры; $k_{\text{сж}} = (s_2 + s_4)/(s_1 + s_3)$ – коэффициент сжатия информации; s_2, s_4 – количество элементов информационного потока, передаваемых на выше- и нижестоящие уровни

управления; s_1, s_3 – количество элементов информационного потока, поступающих на определенный уровень управления от выше- и нижестоящих уровней соответственно.

Так как OTSU является социотехнической системой, то она должна отвечать требованиям клиентоориентированности (клиентоцентричности), использования новых знаний и технологий, непрерывного повышения качества транспортного производства, достижения сбалансированной системы показателей.

Представлено теоретическое развитие вариативности управляющих воздействий

ОТСУ системы «ЖСОП – порт» («ЖСОП – ППЖТ») при сочетании аксиоматического подхода и техноценологических закономерностей транспортных процессов [13, 14]. Известно, что техноценоз – это искусственная система, ограниченная в пространстве и времени, со связями и едиными целями, целостная и способная эволюционировать. Устойчивость ОТСУ определяется как при внешних возмущениях системы (система должна быть способна «сохранять» себя), так и при внутренних (каждый элемент подсистемы должен иметь «комфортное» место). Следует учитывать, что крупные ОТСУ систем «ЖСОП – ППЖТ», «ЖСОП – порт», в составе которых железнодорожные станции общей сети, промышленные станции (районные парки), грузовые районы и т. п., работают эффективнее за счет своего масштаба и мощностей, но при этом они более инерционны и слабо приспосабливаются к внешним изменениям. Малые предприятия более гибкие, но в значительной степени подвержены рыночным рискам.

Согласно [7, 13, 14] структуру техноценозов принято описывать видовым распределением, ранговым параметрическим распределением и ранговым распределением по параметрам транспортной работы.

Ранговый анализ железнодорожных ОТСУ включает следующие этапы:

1. *Выделение техноценоза ОТСУ* – выбор ОТСУ железнодорожных транспортных предприятий, имеющих организационно-штатные, информационные и инфраструктурно-технологические связи, стандартизированный подвижной состав и тяговые средства с единой целью функционирования и конкуренцией на отдельных ступенях транспортного производства.

2. *Определение перечня видов в техноценозе ОТСУ* – установление полного перечня видов подвижного состава и подъемно-транспортного оборудования, используемого во взаимодействующих структурах ОТСУ, сравнение классификационных параметров (мощности тяговых средств, весовых норм, количества подвижного состава и его параметров, показателей маневровой работы).

3. *Задание видообразующих параметров* – продолжительности и стоимости простоя местного вагона, продолжительности и стоимости маневровой работы, сложности структуры управления (количества отделов, надеж-

ности структуры, объема передачи информации, численности управляющего персонала, продолжительности отклика элемента структуры на управленческое возмущение и др.).

4. *Параметрическое описание техноценоза* – формирование базы данных значений технико-технологических параметров для каждого вида оборудования и организационной структуры управления (например, род подвижного состава, назначение, количество, стоимость подвижного состава, штат работников в системе управления и др.). При этом могут использоваться как единая система измерений, так и безразмерные величины для разнородных единиц на основе вариативного показателя $k(\theta)$ с диапазоном значений от 1 до 100: $k(\theta) = 1 + 99 \cdot \frac{\theta_i - \theta_{\min}}{\theta_{\max} - \theta_{\min}}$, где 1 – нижний предел вариативного показателя; 99 – принятый размах вариации; θ_i – значение i -го показателя в выборке; $\theta_{\max}$, $\theta_{\min}$ – максимальное и минимальное значения выборки [11].

5. *Построение табулированного рангового распределения* – объединение статистики о техноценозе в виде таблицы. Первую строчку таблицы занимает запись о самом многочисленном виде техники (подвижной состав, маневровые средства, размеры грузопотока по родам грузов и их количеству, число назначений в подачах, объем передаваемой информации управления, параметры инфраструктуры и т. п.), на второе место ставится второй по размерности вид техники (инфраструктуры) и т. д.

6. *Построение графического рангового видового распределения* – графика зависимости количества технических объектов (особей) – ось ОУ, которыми представлен вид в техноценозе, от их ранга – ось ОХ (положительные целые числа, предназначенные для последующей компьютерной обработки в однобайтовом формате, что в десятичной системе составляет диапазон от 0 до 255).

Дополнительно строятся аппроксимирующие кривые. Например, на рис. 5 представлено ранговое видовое распределение годового вагонооборота от количества маневровых районов основных ППЖТ на полигоне СКЖД.

7. *Построение ранговых параметрических распределений* – графиков ранговых распределений по каждому из видообразующих параметров. Например, параметрическое рас-

Общий вид фрагмента вариантов табулированного рангового распределения техноценоза ОТСУ

Ранг	Вид техники	Количество, ед.	Видообразующий параметр			
			Грузоподъемность, т	Тара, т	Количество осей	Стоимость, тыс. р.
1	Крытые вагоны	$n_{кр}$	$q_{г}$	$q_{т}$	$n_{ос}$	$C_{кр}$
2	Полувагоны	$n_{пв}$	$q_{г}$	$q_{т}$	$n_{ос}$	$C_{пв}$
3	Платформы	$n_{пл}$	$q_{г}$	$q_{т}$	$n_{ос}$	$C_{пл}$
4	Цистерны	$n_{цс}$	$q_{г}$	$q_{т}$	$n_{ос}$	$C_{цс}$
...	...	...	...	...	...	...
Ранг	Вид техники	Количество, ед.	Мощность моторов, кВт	Вес маневрового состава, т	Служебная масса, т	Стоимость, тыс. р.
$n - 1$	Маневровые локомотивы ТЭМ23	$n_{тэм23}$	$N_{дв}$	Q_c	Q_t	$C_{тэм23}$
...	...	...	...	...	...	...
Ранг	Род груза	Объем прибытия (отправления), тыс. т	Род подвижного состава	Статическая нагрузка, т/ваг.	Время погрузки (выгрузки), ч	Стоимость 1 т груза, тыс. р.
...	...	...	...	...	...	...

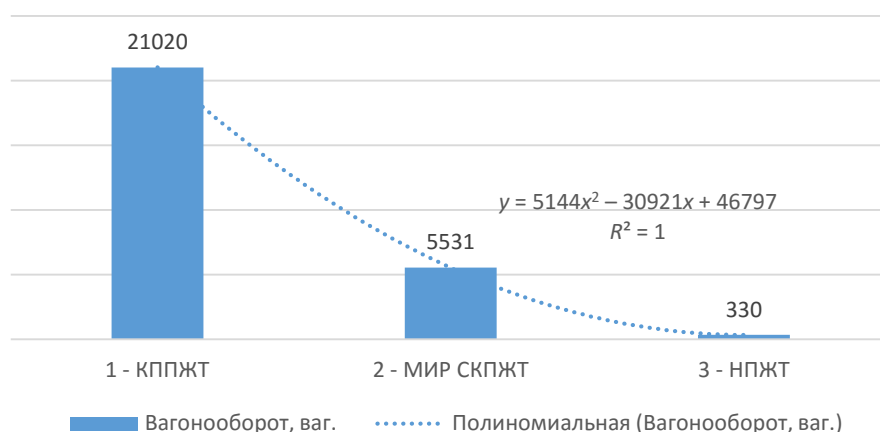


Рис. 5. Ранговое видовое распределение годового вагонооборота ППЖТ от количества обслуживаемых маневровых районов

пределение по грузоподъемности от количества подвижного состава, по мощности моторов от количества маневровых локомотивов, по количеству передаваемой информации управления от количества работников структурных отделов и т. п. Так как большинство графиков разноразмерные, то они делятся на фрагменты с соответствующим масштабом.

8. *Построение видового распределения* – построение графиков по табулированному распределению, устанавливающему взаимосвязь между множеством возможной численности особей техноценоза и количеством видов данных особей. Например, из табулированного рангового распределения величин вагонооборота маневровых районов ППЖТ на полигоне СКЖД

(рис. 6) одним значением представлены четыре маневровых района: точка с координатами (1, 4); двумя особями – два вида: точка (2, 2); тремя особями – один вид: точка (3, 1); четырьмя особями – один вид: точка (4, 1); пятью особями – два вида: точка (5, 2).

9. *Аппроксимация распределений* – подбор аналитических зависимостей, описывающих совокупность графиков 6–8 этапов [7, 13, 14]. Для решения задачи используется метод наименьших квадратов. Параметры оцениваются коэффициентами подобия между их расчетной величиной W и полученной фактически V вида $d = (\ln W)(\ln V)^{-1}$, где V , например, фактический грузооборот системы за месяц работы, соответствующий расчетному значению W .

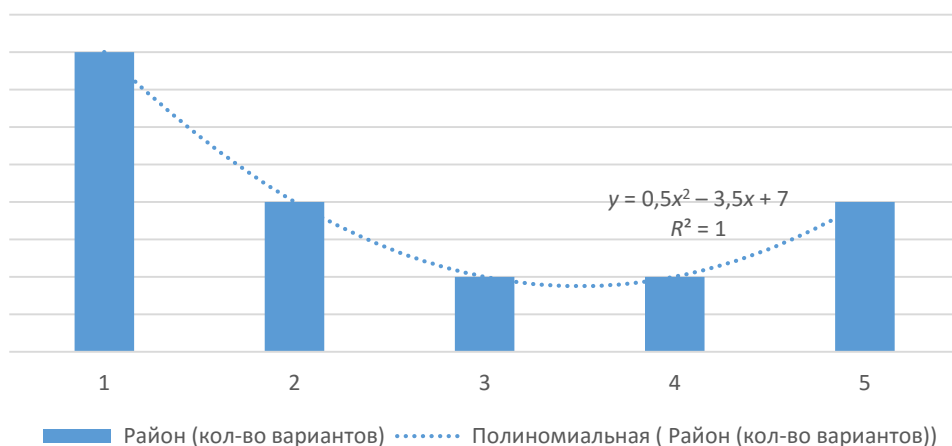


Рис. 6. Видовое распределение количества значений величин вагонооборота от количества маневровых районов ППЖТ

10. *Оптимизация* – определение направлений улучшения существующего техноценоза. Данный этап является наиболее сложным и требующим отдельного научного исследования. Приняты процедуры оптимизации [13, 14]:

1) определение направления трансформации рангового видового распределения на основе понятия об идеальном распределении, позволяющее либо увеличивать разнообразие структуры ОТСУ, техники и технологий, либо проводить их унификацию;

2) устранение областей максимальных аномальных отклонений видового распределения, при этом аппроксимационная кривая строится на основе метода наименьших квадратов по данным табулированного рангового распределения (находятся элементы структуры ОТСУ, виды техники, технологии, которые вызывают эти отклонения, и намечаются мероприятия по их устранению);

3) верификация номенклатурной оптимизации на основе статистической информации о состоянии техноценоза за принятый промежуток времени;

4) номенклатурная и параметрическая оптимизация на основе стратегии изменения параметров видов техники, приводящая техноценоз к более устойчивому состоянию.

Таким образом, оптимизация осуществляется не только за счет изменения параметров, но также и путем изменения количества элементов ОТСУ, технических средств и т. п.

Выводы

Таким образом, в статье исследуются методы оценки степени эффективности взаимодействия организационных структур управления железнодорожным транспортным производством при передаче вагонопотока с общей сети на пути необщего пользования предприятий промышленного транспорта, а также других крупных грузополучателей (порты, терминалы). Рассмотрены методы управления транспортно-технологическими процессами с учетом цифровизации, интеллектуализации, логистических управляющих комплексов для формирования единого пространства перевозок и снижения потерь на стыках взаимодействия различных видов транспорта. Представлена постановка задачи и аналитические подходы к расчету результативности взаимодействия организационных структур управления железнодорожным транспортным производством в условиях сложно формализуемых факторов на принципах теории нечетких множеств, техноценоза, теории систем в выборе рациональных сценариев управления транспортным процессом. Следует отметить, что в перспективе роль ОТСУ транспортным производством расширится за счет так называемых виртуальных ОТСУ [4, 7], которые используют информационные технологии и искусственный интеллект, управляющие движением информации от нижних уровней управления к верхним в соответствии с принципами стратегического анализа принятия решений.

Список источников

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. Москва, 2021.
2. Статистика // Министерство транспорта Российской Федерации : [официальный сайт]. URL: <https://mintrans.gov.ru/ministry/results/180/documents> (дата обращения: 21.01.2026).
3. Северо-Кавказская железная дорога. URL: <http://skzdservice.ru/page/4> (дата обращения: 21.01.2026).
4. Цифровые технологии в управлении перевозочным процессом : учебное пособие / А. Т. Осьминин, О. В. Москвичев, Е. Е. Москвичева, А. В. Кабанов ; СамГУПС. Самара : СамГУПС, 2023. 206 с.
5. Транспортно-логистические системы в условиях системных изменений в экономике / Э. А. Мамаев, А. Н. Гуда, В. А. Финоченко, К. А. Годованый // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2022. № 2 (86). С. 145–154.
6. Персианов В. А., Скалов К. Ю., Усков Н. С. Моделирование транспортных систем. Москва : Транспорт, 1978. 208 с.
7. Колесников М. В., Мотренко Д. П. Управление железнодорожной транспортной системой: концепции, модели и организационные механизмы : монография / под науч. ред. д. э. н., проф. Р. В. Шеховцова и заслуженного деятеля науки и техники РФ, д. т. н., проф. С. М. Резера. Москва, 2017. 272 с.
8. Числов О. Н., Безусов Д. С. Принципы теории нечетких множеств в формализации инфраструктурно-технологического взаимодействия припортовой железнодорожной транспортной системы // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2021. № 4. С. 578–590. DOI 10.20295/1815-588X-2021-4-578-590.
9. Fuzzy modelling of the transportation logistics processes / O. Chislov, N. Lyabakh, M. Kolesnikov [et al.] // Journal of Physics : Conference Series. 2021. Vol. 2131, No. 032007. P. 1–11. DOI 10.1088/1742-6596/2131/3/032007.
10. Методы цифровизации и интеллектуализации параметров логистического взаимодействия в системе «железнодорожная станция – порт» в условиях мультиагентности транспортно-технологических процессов : монография / О. Н. Числов, М. В. Колесников, В. М. Задорожний [и др.] ; ФГБОУ ВО РГУПС ; АНО ВО НТУ «Сириус». Ростов-на-Дону : РГУПС, 2022. 396 с.
11. Безусов Д. С. Интегральная оценка показателя эффективности транспортной работы припортовых железнодорожных станций // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3. С. 105–115. DOI 10.46973/0201-727X_2022_3_105.
12. Сай В. М., Шутюк С. В., Афанасьева Н. А. Методологические подходы моделирования взаимоотношений компании «Российские железные дороги» с регионами // Транспорт, наука, техника, управление. Москва : ВНИИТИ РАН, 2004. № 12. С. 12–15.
13. Хорьков С. А., Маврикиди Ф. И. Ценозы, системы и их модели : монография. Ижевск : Издательский центр «Удмуртский университет», 2021. 92 с.
14. Гнатюк В. И. Лекции о технике, техноценозах и техноэволюции : цикл лекций. Калининград, 2000 // Гуманитарный портал. URL: <https://gtmarket.ru/library/articles/6421/6424> (дата обращения: 21.01.2026).

References

1. Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with the Forecast for the Period up to 2035. Approved by Decree of the Government of the Russian Federation on 27.11.2021 No. 3363-r. Moscow, 2021 (In Russ.).
2. Statistics. *Ministry of Transport of the Russian Federation: [official site]*. (In Russ.). URL: <https://mintrans.gov.ru/ministry/results/180/documents>.
3. The North Caucasian Railway. Text: electronic. (In Russ.). URL: <http://skzdservice.ru/page/4>.
4. Osminin A. T., Moskvichev O. V., Moskvicheva E. E., Kabanov A. V. Digital technologies in the management of the transportation process: a textbook. Samara State Transport University. Samara: SamGUPS; 2023. 206 p. (In Russ.).
5. Mamaev E. A., Guda A. N., Finochenko V. A., Godovany K. A. Transport and logistics systems in the context of systemic changes in the economy. *Bulletin of the Rostov State Transport University*. 2022;(86):145–154. (In Russ.).
6. Persianov V. A., Skalov K. Yu., Uskov N. S. Modeling of transport systems. Moscow: Transport; 1978. 208 p. (In Russ.).
7. Kolesnikov M. V., Motrenko, D. P. Management of the railway transport system: concepts, models and organizational mechanisms: monograph. Under scientific review by Doctor of Economics, Professor R. V. Shekhovtsov and Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Doctor of Engineering, Professor S. M. Rezer. Moscow; 2017. 272 p. (In Russ.).

8. Chislov O. N., Bezusov D. S. Principles of fuzzy set theory in the formalization of infrastructural and technological interaction of the portside railway transport system. *Proceedings of the Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*. 2021;(4):578–590. (In Russ.). DOI 10.20295/1815-588X-2021-4-578-590.
9. Chislov O., Lyabakh N., Kolesnikov M. [et al.] D. Fuzzy modelling of the transportation logistics processes. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;2131(032007):1–11. DOI 10.1088/1742-6596/2131/3/032007.
10. Chislov O. N., Kolesnikov M. V., Zadorozhny V. M., Bakalov M. V., Bezusov D. S. Methods of digitalization and intellectualization of logistics interaction parameters in the railway station – port system in conditions of multi-agent transport and technological processes: monograph. Rostov State Transport University; NTU ‘Sirius’. Rostov-on-Don: Rostov State Transport University; 2022. 396 p. (In Russ.).
11. Bezusov D. S. Integral assessment of the indicator of the efficiency of transport work of portside railway stations. *Bulletin of the Rostov State Transport University*. 2022;(3):105–115. (In Russ.). DOI 10.46973/0201-727X_2022_3_105.
12. Sai V. M. Shutuyuk S. V., Afanasyeva N. A. Methodological approaches to modeling the relationship between Russian Railways and the regions. *Transport, Science, Technology and Management*. Moscow: All-Russian Institute of Scientific and Technical Information Russian Academy of Science. 2004;(12):12–15. (In Russ.).
13. Khorkov S. A., Mavrikidi F. I. Cenoses, systems and their models: monograph. Izhevsk: Udmurt University Publishing Center; 2021. 92 p. (In Russ.).
14. Gnatyuk V. I. Lectures on technology, technocenoses and techno-evolution. A series of lectures. Kaliningrad: 2000. Electronic publication: Center for Humanitarian Technologies. (In Russ.). URL: <https://gtmarket.ru/library/articles/6421/6424>.

Информация об авторах

Д. С. Безусов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Станции и грузовая работа» Ростовского государственного университета путей сообщения.

О. Н. Числов – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Станции и грузовая работа» Ростовского государственного университета путей сообщения.

С. А. Колошин – инженер кафедры «Станции и грузовая работа» Ростовского государственного университета путей сообщения.

Information about the authors

D. S. Bezusov – Candidate of Engineering, Associate Professor of the Stations and Freight Work Department, Rostov State Transport University.

O. N. Chislov – Doctor of Engineering, Professor, Head of the Stations and Freight Work Department, Rostov State Transport University.

S. A. Koloshin – Engineer of the Stations and Freight Work Department, Rostov State Transport University.

Статья поступила в редакцию 09.02.2026; одобрена после рецензирования 26.02.2026; принята к публикации 04.03.2026.

The article was submitted 09.02.2026; approved after reviewing 26.02.2026; accepted for publication 04.03.2026.