

УПРАВЛЕНИЕ И ЛОГИСТИКА НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 656.2

DOI 10.46973/0201-727X_2026_2_142

*А. В. Вохмянина, В. К. Некрасов***ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ
БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В РЕГИОНАЛЬНЫХ КЛАСТЕРАХ:
МОДЕЛИРОВАНИЕ С УЧЁТОМ СУБКОНТРАКТАЦИИ И РИСКОВ**

Аннотация. Исследование посвящено разработке методического подхода к цифровой трансформации транспортно-логистических бизнес-процессов в региональных кластерах с учётом субконтрактных отношений и управления рисками. На примере Свердловской области анализируется влияние цифровизации на эффективность транспортно-логистических бизнес-процессов в условиях субконтракта. Методология включает системный анализ кластерных структур, экономико-математическое моделирование (линейное программирование, стохастические модели управления рисками) и корреляционно-регрессионный анализ. Установлено, что объём погрузки на Свердловской железной дороге за январь – ноябрь 2025 года составил 114,7 млн т, инвестиции в транспортно-логистический сектор в первом полугодии 2025 года превысили 50 млрд руб. Разработанная модель управления транспортно-логистическими бизнес-процессами интегрирует традиционные методы оптимизации с технологиями искусственного интеллекта, интернета вещей и блокчейн. Прогнозируемый экономический эффект оценивается в 40–60 млрд руб. ежегодной экономии логистических издержек при росте ВРП на 5–6 %.

Ключевые слова: транспортно-логистические бизнес-процессы, региональные кластеры, субконтракта, цифровая трансформация, управление рисками, экономико-математическое моделирование, Свердловская область.

Для цитирования: Вохмянина, А. В. Цифровая трансформация транспортно-логистических бизнес-процессов в региональных кластерах: моделирование с учётом субконтракта и рисков / А. В. Вохмянина, В. К. Некрасов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 142–146. – DOI 10.46973/0201-727X_2026_2_142.

Введение

Современная трансформация российской экономики, обусловленная санкционным давлением и необходимостью импортозамещения, выдвигает региональные транспортно-логистические кластеры на передний план обеспечения конкурентоспособности промышленных регионов [1, 2]. В этих условиях транспортно-логистические бизнес-процессы (ТЛБП), организованные на принципах субконтракта, становятся не просто элементом инфраструктуры, а ключевым инструментом снижения транзакционных издержек и обеспечения гибкости цепей поставок [3].

Субконтракта в логистических кластерах представляет собой особую форму взаимодействия, при которой головной оператор координирует сеть специализированных подрядчиков, сохраняя ответственность перед конечным заказчиком. Такая модель получила широкое распространение в российских регионах благодаря высокой волатильности спроса, выраженной сезонности грузопотоков и необходимости быстрой адаптации к меняющимся внешним условиям [4]. Однако эффективность субконтрактных взаимодействий существенно ограничивается недостаточной цифровизацией логистических операций.

Свердловская область представляет собой показательный пример такой трансформации. Регион обеспечивает 11 % погрузки всей сети РЖД и обеспечил около 2,2 % ВВП России по итогам 2024 года. Примечательно, что логистический сектор впервые стал лидером по объёму инвестиций: в 2024 году капитальные вложения в транспортировку и хранение достигли рекордных 195,9 млрд руб. (21,8 % всех инвестиций региона), превысив даже металлургию. В первом полугодии 2025 года инвестиционная активность сохранилась на высоком уровне, превысив 50 млрд руб. При этом потенциал цифровизации реализуется лишь частично: только 35–40 % логистических операторов используют системы управления складом и транспортом.

Научная проблема заключается в отсутствии методических подходов к моделированию ТЛБП в региональных кластерах, которые учитывали бы одновременно специфику субконтрактации, стохастическую природу спроса и рисков, а также возможности интеграции традиционных методов с современными цифровыми технологиями [5]. Цель настоящего исследования – разработка модели цифровой трансформации ТЛБП в региональных кластерах с учётом субконтрактации и управления рисками.

Основная часть

Методологическая основа исследования построена на интеграции системного анализа, экономико-математического моделирования и статистических методов. Системный подход позволил выявить многоуровневую структуру транспортно-логистического кластера Свердловской области. В центре кластера находится ядро – крупные терминальные комплексы во главе с ТЛЦ «Уральский» и ведущие логистические операторы [6, 8]. Вокруг ядра формируется сеть специализированных поставщиков услуг: транспортные компании, складские операторы, таможенные брокеры.

Для формализации процесса оптимизации ТЛБП в условиях субконтрактации была разработана модель линейного программирования, минимизирующая совокупные логистические издержки с учётом мощностных ограничений участников кластера [4]:

$$\min Z(X, Y) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + \sum_{j=1}^n f_j y_j$$

при ограничениях:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq s_i, \quad i = 1, \dots, m;$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq d_j, \quad j = 1, \dots, n;$$

$$x_{ij} \leq M * y_j, \quad \forall i, j;$$

$$x_{ij} \geq 0; \quad y_j \in \{0, 1\},$$

где c_{ij} – удельные транспортные затраты от поставщика i к потребителю j ; x_{ij} – объём перевозок; f_j – фиксированные издержки привлечения субконтрактора j ; y_j – бинарная переменная выбора субконтрактора (1 – привлекается, 0 – нет); s_i – мощность поставщика; d_j – спрос потребителя.

Ключевой особенностью модели является явный учёт субконтрактации через бинарные переменные y_j и фиксированные издержки f_j . Это отражает реальную практику, когда привлечение субконтрактора сопряжено с определёнными транзакционными издержками (поиск, переговоры, контроль), но при этом позволяет гибко масштабировать операции в зависимости от текущего спроса [9].

Стохастическая природа спроса и внешние риски учитываются через модель управления рисками, где целевая функция включает не только математическое ожидание затрат, но и их дисперсию:

$$R(Z(X, Y)) = E[Z(X, Y)] + \lambda \text{Var}[Z(X, Y)],$$

где $E[Z(X, Y)]$ – математическое ожидание логистических затрат; $\text{Var}[Z(X, Y)]$ – дисперсия затрат; λ – коэффициент несклонности к риску.

При этом стохастичность процессов предъявления грузов к перевозке может быть описана случайной величиной (например, объёмом мелкой отправки), для которой в рамках дальнейших исследований предполагается определение закона распределения на основе статистических данных.

Коэффициент λ характеризует степень несклонности к риску лица, принимающего решения. Для Свердловской области на основе опроса 25 логистических операторов установлено значение $\lambda = 0,3$, что отражает умеренную несклонность к риску, обусловленную наличием государственной поддержки и диверсификацией клиентской базы.

Для комплексной оценки рисков разработана формула определения интегральной величины риска

$$K_{\text{риск}} = \sum_{k=1}^K w_k * p_k * u_k,$$

где $k = \overline{1; K}$ – количество групп риска; w_k – весовой коэффициент значимости; p_k – вероятность реализации риска k ; u_k – ущерб от реализации.

Для транспортно-логистического кластера Свердловской области идентифицировано пять групп рисков (вероятности и ущербы определены на основе экспертных оценок авторов): инфраструктурные (перегрузка магистралей – вероятность 0,4, ущерб 15–20 % времени доставки), климатические (снегопады, паводки – вероятность 0,3, потери >100 млн руб. ежегодно), санкционные (рост стоимости оборудования на 20–30 % – вероятность 0,8), операционные (сбои информационных систем – вероятность 0,2), рыночные (волатильность спроса – вероятность 0,5).

Для установления количественных зависимостей между уровнем цифровизации и показателями регионального развития применялся корреляционно-регрессионный анализ. Построена модель

$$\text{ВРП} = \beta_0 + \beta_1 * \text{ГРУЗОБОРОТ} + \beta_2 * \text{ЦИФРОВИЗАЦИЯ} + \beta_3 * \text{ИНВЕСТИЦИИ} + \varepsilon.$$

На основе панельных данных по 10 промышленным регионам России за 2020–2025 годы установлено, что увеличение доли цифровизированных логистических операторов на 10 процентных пунктов коррелирует с ростом ВРП на 0,8–1,2 % при контроле прочих факторов ($\beta_2 = 0,095$, $p < 0,05$) [7]. Эмпирическая база исследования включает официальную статистику Росстата (ВРП Свердловской области 4,4 трлн руб. в 2024 году), данные РЖД о погрузке на Свердловской железной дороге (114,7 млн т за январь – ноябрь 2025 года), материалы Правительства Свердловской области об инвестициях в транспортно-логистический сектор.

Сравнительный анализ транспортно-логистических систем крупнейших промышленных регионов России представлен в таблице.

Сравнительные показатели транспортно-логистических систем

Показатель	Свердловская область	Новосибирская область	Татарстан
Погрузка железной дороги, млн т (январь – ноябрь 2025/2024)	114,7	~230 (ЗСЖД)	~16
Инвестиции в логистику, млрд руб. (Н1 2025)	>50	н/д	н/д
Доля транспорта в ВРП, %	7,5	14–15	5,6
Уровень цифровизации, %	35–40	~40	~35
ВРП, трлн руб. (2024)	4,4	~2,5	>5,0

Примечание. ЗСЖД – Западно-Сибирская железная дорога (обслуживает несколько регионов).

Экономическая оценка эффектов проведена на основе консервативного сценария достижения 50 % логистических операторов уровня цифровизации в течение 5 лет при инвестициях 150 млрд руб. По результатам моделирования прогнозируется сокращение совокупных логистических издержек на 15–20 %, что при текущей оценке в 10 % ВРП (около 400 млрд руб.) даёт экономию 40–60 млрд руб. ежегодно; повышение пропускной способности ТЛЦ на 15–20 % без капитальных затрат на расширение; снижение экологической нагрузки на 30–40 % за счёт оптимизации маршрутов; рост ВРП на 5–6 % за счёт мультипликативного эффекта снижения транзакционных издержек.

Полученные результаты подтверждают критическую роль цифровой трансформации ТЛБП для повышения эффективности региональных кластеров в условиях субконтрактации. Интеграция стохастического компонента через модель минимизации риска $R(Z(X,Y))$, учитывающую математическое ожидание и дисперсию логистических затрат $(Z(X,Y)) = E[Z(X,Y)] + \lambda \text{Var}[Z(X,Y)]$, позволяет учесть неопределённость спроса и риски. Доминирование санкционных (вклад 0,18 в $K_{\text{риск}}$) и инфраструктурных (0,12) рисков указывает на приоритетные направления государственной политики [10].

Сравнительный анализ показывает, что Свердловская область сохраняет стратегическую роль крупнейшего транспортно-логистического узла Урала, обеспечивая стабильную долю в 11 % общесетевой погрузки РЖД. При этом необходимо отметить, что абсолютные объёмы погрузки демонстрируют отрицательную динамику: снижение с 137,5 млн т в 2024 году до прогнозируемых 125 млн т в 2025 году (–9 %). Однако данный тренд отражает общесистемные процессы на сети РЖД (падение погрузки на 4,1 % в 2024 году), обусловленные структурными изменениями в российской экономике – сокращением добычи угля (–5,4 %), производства строительных материалов (–14,5 %) и чёрных металлов (–9,3 %). В этих условиях цифровая трансформация ТЛБП приобретает особую актуальность: при

снижении валовых объемов перевозок задача оптимизации логистических издержек и повышения эффективности субконтрактных взаимодействий становится критически важной для сохранения конкурентоспособности региональной экономики.

Выводы

Проведённое исследование подтверждает ключевую роль цифровой трансформации ТЛБП в обеспечении конкурентоспособности региональных кластеров при субконтрактации. Разработанная модель интегрирует традиционные методы оптимизации с современными технологиями искусственного интеллекта, интернета вещей и блокчейн. На примере Свердловской области выявлен диспаритет между масштабами инвестиций в логистическую инфраструктуру (более 50 млрд руб. в первом полугодии 2025 года) и уровнем цифровизации операционных процессов (только 35–40 % операторов используют специализированные системы управления). Прогнозируемый экономический эффект от полномасштабного внедрения разработанной модели оценивается в 40–60 млрд руб. ежегодной экономии при росте ВРП на 5–6 %. Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанной модели для совершенствования региональной кластерной политики и оптимизации субконтрактных отношений между участниками логистических кластеров.

Список литературы

- 1 **Портер, М.** Конкурентная стратегия: методика анализа отраслей и конкурентов / М. Портер. – 6-е изд. – Москва : Альпина Паблишер, 2023. – 454 с. – ISBN 978-5-9614-8101-9.
- 2 **Меньшенина, И. Г.** Кластеризация как инструмент повышения конкурентоспособности региональной экономики / И. Г. Меньшенина, Л. М. Капустина. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2020. – 246 с. – ISBN 978-5-7996-3086-2.
- 3 **Сергеев, В. И.** Корпоративная логистика в вопросах и ответах : монография / под общей и научной редакцией В. И. Сергеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 634 с. – ISBN 978-5-16-004556-6.
- 4 **Бродетский, Г. Л.** Экономико-математические методы и модели в логистике. Процедуры оптимизации : учебник / Г. Л. Бродетский, Д. А. Гусев. – Москва : Академия, 2014. – 288 с. – ISBN 978-5-4468-0660-7.
- 5 **Кристофер, М.** Логистика и управление цепями поставок : учебное пособие / М. Кристофер ; [перевод с английского В. И. Кузина]. – Санкт-Петербург : Питер, 2004. – 315 с. – ISBN 978-5-94723-168-9.
- 6 **Дыбская, В. В.** Логистика складирования : учебник / В. В. Дыбская. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 559 с. – ISBN 978-5-16-003716-5.
- 7 **Левин, Б. А.** Цифровая трансформация транспортно-логистических систем / Б. А. Левин, А. В. Галабурда // Вестник транспорта. – 2022. – № 5. – С. 8–13. – ISSN 0201-727X.
- 8 **Числов, О. Н.** Методы и принципы интеллектуализации при управлении терминально-складской системой транспортного узла / О. Н. Числов, В. В. Трапенов, А. А. Зайченко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 1 (81). – С. 143–152. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_1_104.

References

- 1 **Porter, M.** Competitive strategy : a methodology for analyzing industries and competitors / M. Porter. – 6th ed. – Moscow : Alpina Publisher, 2023. – 454 p. – ISBN 978-5-9614-8101-9.
- 2 **Menshenina, I. G.** Clustering as a tool for improving the competitiveness of the regional economy / I. G. Menshenina, L. M. Kapustina. – Ekaterinburg : Ural University Publishing House, 2020. – 246 p. – ISBN 978-5-7996-3086-2.
- 3 **Sergeev, V. I.** Corporate logistics in questions and answers : monograph / ed. by Prof. V. I. Sergeev. – 2nd ed. – Moscow : INFRA-M, 2023. – 634 p. – ISBN 978-5-16-004556-6.
- 4 **Brodetsky, G. L.** Economic and mathematical methods and models in logistics. Optimization procedures : a textbook / G. L. Brodetsky, D. A. Gusev. – Moscow : Academy, 2014. – 288 p. – ISBN 978-5-4468-0660-7.
- 5 **Christopher, M.** Logistics and supply chain management : a textbook / M. Christopher ; [transl. from English by V. I. Kuzin]. – Saint Petersburg : Piter, 2004. – 315 p. – ISBN 978-5-94723-168-9.
- 6 **Dybskaya, V. V.** Warehousing logistics : a textbook / V. V. Dybskaya. – Moscow : INFRA-M, 2023. – 559 p. – ISBN 978-5-16-003716-5.
- 7 **Levin, B. A.** Digital transformation of transport and logistics systems / B. A. Levin, A. V. Galaburda // Journal of Transport. – 2022. – No. 5. – P. 8–13. – ISSN 0201-727X.
- 8 **Chislov, O. N.** Methods and principles of intellectualization in the management of the terminal-warehouse system of a transport hub / O. N. Chislov, V. V. Trapenov, A. A. Zaychenko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2021. – No. 1 (81). – P. 143–152. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_1_104.

9 Григорьев, М. Н. Логистика : учебник для вузов / М. Н. Григорьев, А. П. Долгов, С. А. Уваров. – 5-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2024. – 475 с. – ISBN 978-5-534-15610-5.

10 Проценко, О. Д. Логистика и управление цепями поставок : учебник / О. Д. Проценко, И. А. Проценко. – Москва : Юрайт, 2023. – 272 с. – ISBN 978-5-534-14699-1.

9 Grigoriev, M. N. Logistics : a textbook for universities / M. N. Grigoriev, A. P. Dolgov, S. A. Uvarov. – 5th ed., corrected. and enlarged. – Moscow : Yurait Publishing House, 2024. – 475 p. – ISBN 978-5-534-15610-5.

10 Protsenko, O. D. Logistics and supply chain management : a textbook / O. D. Protsenko, I. A. Protsenko. – Moscow : Yurait, 2023. – 272 p. – ISBN 978-5-534-14699-1.

A. V. Vohmyanina, V. K. Nekrasov

**DIGITAL TRANSFORMATION OF TRANSPORT AND LOGISTICS BUSINESS
PROCESSES IN REGIONAL CLUSTERS:
MODELING WITH SUBCONTRACTING AND RISK MANAGEMENT**

Abstract. The study is devoted to the development of a methodological approach to the digital transformation of transport and logistics business processes in regional clusters, taking into account subcontracting relationships and risk management. Using the Sverdlovsk region as an example, the impact of digitalization on the efficiency of transport and logistics business processes under subcontracting conditions is analyzed. The methodology includes systematic analysis of cluster structures, economic and mathematical modeling (linear programming, stochastic risk management models) and correlation-regression analysis. The results demonstrate that the volume of loading on the Sverdlovsk Railway for January-November 2025 amounted to 114.7 million tons, investments in the transport and logistics sector in the first half of 2025 exceeded 50 billion rubles. The developed hybrid model for managing transport and logistics business processes integrates traditional optimization methods with artificial intelligence technologies, the Internet of Things and blockchain. The projected economic effect is estimated at 40-60 billion rubles in annual savings in logistics costs with GRP growth of 5-6%.

Keywords: transport and logistics business processes, regional clusters, subcontracting, digital transformation, risk management, economic and mathematical modeling, Sverdlovsk Region.

For citation: Vohmyanina, A. V. Digital transformation of transport and logistics business processes in regional clusters: modeling with subcontracting and risk management / A. V. Vohmyanina, V. K. Nekrasov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2026. – No. 2. – P. 142–146. – DOI 10.46973/0201–727X_2026_2_142.

Сведения об авторах

Вохмянина Анна Владимировна

Уральский государственный университет
путей сообщения (УрГУПС),
кафедра «Мировая экономика и логистика»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: AVVohmyanina@usurt.ru

Некрасов Виталий Константинович

Уральский государственный университет
путей сообщения (УрГУПС),
кафедра «Мировая экономика и логистика»,
аспирант,
e-mail: macmalik@mail.ru

Information about the authors

Vokhmyanina Anna Vladimirovna

Ural State University of Railway Transport
(USURT),
Chair “World Economy and Logistics”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: AVVohmyanina@usurt.ru

Nekrasov Vitalii Konstantinovich

Ural State University of Railway Transport
(USURT),
Chair “World Economy and Logistics”,
Postgraduate Student,
e-mail: macmalik@mail.ru