



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 332.1

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-3-9>

Ресурсосберегающий подход к организации доставки грузов в региональных цепях поставок



Валерий ХАЙТБАЕВ



Владимир КОСТРОВ



Евгений ЧЕРНЯЕВ

Валерий Абдурахманович Хайтбаев ¹, Владимир Николаевич Костров ², Евгений Васильевич Черняев ³

¹ Самарский государственный университет путей сообщения, Самара, Россия.

² Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия.

³ Вольский военный институт материального обеспечения, Вольск, Россия.

¹ ORCID: 0000-0001-8244-8842; Scopus Author ID: 57207192153; РИНЦ SPIN-код: 6990-4788; РИНЦ Author ID: 737635.

² ORCID 0000-0002-8703-6713; РИНЦ SPIN-код: 9368-6510; РИНЦ Author ID: 353523.

³ ORCID 0009-0003-9646-5995; РИНЦ SPIN-код: 3339-3490; РИНЦ Author ID: 1197150.

✉ ¹vhaitbaev21@mail.ru.

✉ ²vnkostrov@yandex.ru.

✉ ³ki-la@mail.ru.

АННОТАЦИЯ

Цель статьи заключается в выборе и обосновании подхода к формированию региональной ресурсосберегающей модели распределения грузов на основе определения экономически целесообразного количества транспортно-логистических центров (ТЛЦ), обеспечивающих снижение затрат на доставку.

В процессе исследования были использованы методы экономико-математического моделирования, статистического и сравнительного анализа, корреляционно-регрессионного, абстрактно-логического, теоретико-эмпирического и структурного анализа.

В работе проведены анализ научных подходов к уменьшению затрат при выборе экономически обоснованного количества объектов транспортно-логистической инфраструктуры с позиции более эффективной организации пространственного выбо-

ра инфраструктурных объектов транспортно-логистической сети, а также корреляционно-регрессионный анализ влияния количества объектов транспортно-логистических центров на транспортные затраты при распределении грузов в цепях поставок и рассчитана аналитическая зависимость между этими показателями; обосновано влияние уровня цен при доставке грузов на показатели ресурсосбережения в системе распределения грузов.

Результаты проведенного исследования могут быть использованы при определении уровня логистических затрат и их влияния на цены конечных товаров и услуг, что является одним из способов реализации цели ресурсосбережения для коммерческих компаний и органов исполнительной власти.

Ключевые слова: ресурсосберегающая модель, склады, транспортно-логистические центры, инфраструктура, регион, ресурсы, корреляционно-регрессионный анализ.

Благодарность: исследование выполнено в рамках государственного задания Федерального агентства железнодорожного транспорта (Росжелдор) на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения. Проект «Проектирование ресурсосберегающей транспортно-логистической системы в экономике субъектов РФ». Интернет-номер/Регистрационный номер: 124040300020–8.

Для цитирования: Хайтбаев В. А., Костров В. Н., Черняев Е. В. Ресурсосберегающий подход к организации доставки грузов в региональных цепях поставок // Мир транспорта. 2024. Т. 22. № 3 (112). С. 68–79. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-3-9>.

Полный текст статьи в переводе на английский язык публикуется во второй части данного выпуска.

English translation of the full text of the article is published in the second part of the issue.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение в практику бизнеса инновационных подходов к формированию региональной ресурсосберегающей модели распределения грузов на основе определения экономически целесообразного количества транспортно-логистических центров (ТЛЦ), которые должны обеспечить снижение затрат, является очевидным приоритетом не только менеджмента компаний, но и органов исполнительной власти всех уровней управления. В этой связи в фокусе корпоративной и государственной экономической политики первоочередными задачами находятся разработка и внедрение ресурсосберегающих механизмов организации экономического пространства, причем одной из приоритетных целей является разработка подходов к формированию и, собственно, моделей сети доставки грузов с учетом их влияния на механизм ценообразования конечных товаров и услуг.

В качестве объекта анализа и оптимизации выбрана региональная логистическая цепь. Выбор такого объекта обусловлен целевой направленностью данной работы, которая является частью научного исследования в рамках государственного задания Федерального агентства железнодорожного транспорта.

Очевидно, что кроме региональных цепей поставок, существуют и другие, например, отраслевые, транснациональные или глобальные и т. д. Специфика каждой из них характеризуется, прежде всего, целевыми установками, масштабом вовлеченности участников доставки грузов и результатом, который может быть не только экономическим.

В качестве основы улучшения качества транспортно-логистической услуги, предполагающей, в том числе уменьшение ее стоимости, авторами предложен ресурсосберегающий подход, который предусматривает уменьшение использования совокупности экономических ресурсов на доставку грузов с использованием транспортно-логистической сети при неизменных требованиях заказчиков. В отличие от затратного подхода, ресурсосберегающий предусматривает уменьшение объема используемых ресурсов для достижения планируемых целевых показателей.

Поэтому задача уменьшения количества ТЛЦ в транспортно-логистических сетях, с одной стороны, предусматривает выбор

маршрута с меньшим их количеством, с другой – обеспечивает уменьшение затрат на доставку грузов.

Задача проектирования параметров указанных сетей достаточно тривиальна, однако недостаточный учет характеристик территориальных их формирования, развитости сети транспортно-логистических центров, эффекта масштаба зачастую приводят к неудовлетворенным ожиданиям заказчиков и противоположным результатам, основными из которых являются дополнительные капитальные вложения и рост цен на конечные товары и услуги.

Анализ целого ряда региональных стратегий формирования сетей ТЛЦ показывает, с одной стороны, внимание, уделяемое их развитию, но, с другой, во-первых, не всегда высокий уровень их практической реализации, во-вторых, значительное превышение в ряде случаев запланированного бюджета на создание сетей ТЛЦ и, наконец, рост затрат на логистику в цене товаров и услуг.

Так, например, разработанная стратегия формирования сети ТЛЦ Самарской области¹ не была выполнена в полном объеме. Стратегия социально-экономического развития Саратовской области до 2025 года и ее новая редакция со сроками реализации основных мероприятий до 2030 года² предполагает создание сети транспортно-логистических центров – Саратовского, Ртищевского, Петровского, Хвалынского, Балаковского, Озинского, Красноармейского и в этой части пока не полностью выполнена. В прогнозе социально-экономического развития Оренбургской области³, несмотря на наличие государственной программы «Развитие транспортной системы», отсутствует развернутый раздел, касающийся транспорта и логистики. В стра-

¹ Постановление Правительства Самарской области от 23 сентября 2010 года № 422 «О Концепции развития региональной транспортно-логистической системы Самарской области на 2011–2015 годы». [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/945029027>. Доступ 05.05.2024.

² Стратегия социально-экономического развития Саратовской области до 2030 года. [Электронный ресурс]: <https://investinsaratov.ru/files/docs/321-p.pdf>. PDF. Доступ 05.05.2024.

³ Прогноз социально-экономического развития Оренбургской области на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов. [Электронный ресурс]: <https://mineconomy.orb.ru/documents/active/11493/>. Доступ 05.05.2024.



тегии социально-экономического развития Пензенской области⁴ есть раздел «транспорт», где основное внимание уделяется перевозке пассажиров, но плана развития транспортно-логистического комплекса в виде кластера или сети нет. В отличие от указанных стратегий, стратегия социально-экономического развития Республики Татарстан⁵ предусматривает пространственное развитие производительных сил, промышленных кластеров, в том числе транспортно-логистического, что показывает понимание и заинтересованность руководства республики в развитии этой отрасли региональной экономики. Анализ стратегии социально-экономического развития Ульяновской области⁶ показывает, что в силу важности транспортного комплекса выделены в отдельный раздел цели и задачи его развития. Однако в стратегии не рассматриваются задачи формирования единой транспортной системы региона и роль транспортно-логистической услуги в региональном социально-экономическом развитии. Очевидно, это не полный перечень региональных стратегий, которые, имея достаточно высокий уровень проработки, не лишены вместе с тем и недостатков с точки зрения детализации планов развития транспортно-логистических систем (далее – ТЛС).

Вместе с тем запрос на формирование эффективных ресурсосберегающих ТЛС со стороны населения и бизнеса ставит перед органами власти задачу создания интегрированных с другими отраслями экономики товаропроводящих систем со сбалансированными параметрами транспортной и терминальной инфраструктуры. В этих условиях поиск новых источников экономии расходов на транспортно-логистические услуги становится приоритетной задачей при относительно небольшом количестве альтернатив снижения затрат и обеспечения конкурентоспособности отрасли.

⁴ Стратегия социально-экономического развития Пензенской области на период до 2035 года. [Электронный ресурс]: <https://pnzreg.ru/open-government/nekommercheskie-organizatsii/etnokonfessionalnyetoshneniya/Стратегия%202035.pdf>. Доступ 05.05.2024.

⁵ Стратегия социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года. [Электронный ресурс]: <https://eco.tatarstan.ru/strategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya.htm>. Доступ 05.05.2024.

⁶ Стратегия социально-экономического развития Ульяновской области до 2030 года. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/463710828>. Доступ 05.05.2024.

Задачу ресурсосбережения достаточно часто ассоциируют с общепризнанным понятием «бережливое производство». Однако границы ресурсосбережения выходят за рамки отдельно взятого предприятия или группы предприятий, в то время как о «бережливом производстве» принято говорить, как о концепции уменьшения затрат в границах предприятия.

Недооценка реализации программ ресурсосбережения на уровне корпораций, отраслей и региональных экономик, очевидно, уменьшает не только эффективность экономической деятельности, но и качество товаров и услуг как результат использования ресурсов в производственной деятельности.

Вместе с тем, только понимания важности внедрения технологий ресурсосбережения, которые могут обеспечить снижение затрат и увеличение преимуществ, недостаточно. Само внедрение технологий ресурсосбережения требует значительных затрат для перехода к более эффективной организации производства, которая может обеспечить повышение производительности труда и уменьшение затрат ресурсов.

В границах предлагаемого исследования в качестве технологий ресурсосбережения, как указано выше, использованы модели расчета количества объектов ТЛЦ, что в совокупности обеспечивает уменьшение затрат ресурсов на функцию доставки грузов.

Вместе с тем существуют и другие способы ресурсосбережения в ТЛС, которые в большей или меньшей степени доказали свою эффективность. Так, нужно отметить подход, основанный на методологии управления запасами в цепях поставок, при котором, в каждом последующем ТЛЦ системы предусматривается расчет параметров запасов с учетом таких же параметров, как на предыдущем ТЛЦ. Это способствует уменьшению затрат на содержание и иммобилизацию инвестиций в запасы, увеличению скорости оборачиваемости капитала и, следовательно, минимизации объемов неотгруженных товаров. Поэтому при таком встраивании ТЛЦ в систему основным показателем ресурсосбережения будет не столько величина складских запасов во всех звеньях, сколько учет методов управления ими на предыдущих ТЛЦ.

Кроме перечисленных подходов, условиями ресурсосбережения в ТЛС также являются применяемые технологии грузопере-

работки и уровень автоматизации логистических процессов. Очевидно, например, что высокий уровень автоматизации логистических процессов одного ТЛЦ в системе не даст общего системного эффекта, поскольку в данном случае эффект ресурсосбережения предусматривает сбалансированность и гармонизацию используемых технологий грузопереработки во всех ТЛЦ системы.

В этой связи рациональный выбор дислокаций размещения и расчет количества инфраструктурных объектов транспортно-логистической системы как раз является одной из таких альтернатив для снижения затрат на транспортно-логистические услуги.

Соответственно *целью* исследования, результаты которого излагаются в статье, является обоснование подхода к формированию региональной ресурсосберегающей модели распределения грузов на основе определения экономически целесообразного количества транспортно-логистических центров, обеспечивающих минимизацию логистических затрат поставщика и минимизацию стоимости транспортно-логистической услуги для потребителя.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ИССЛЕДОВАНИЙ

ТЛЦ, играющие ключевую роль в системе доставки и распределения больших объемов грузов и формирующие логистическую цепь поставок, как правило, не обеспечивают требуемый уровень эффективности реализации функций доведения грузов до конечного потребителя. Сформированные системы ТЛЦ в границах «поставщик – заказчик» по замыслу проектировщиков должны обеспечивать уменьшение затрат на транспортировку, грузопереработку и распределение в условиях консолидации больших объемов грузов. Однако, большое (излишнее) количество ТЛЦ на маршруте от поставщика к заказчику приводит к росту затрат на транспортно-логистические услуги, что влечет за собой увеличение стоимости конечных товаров и услуг. В этом случае имеет место нелинейная параболическая зависимость, для которой требуется проведение расчетов влияния количества ТЛЦ на логистические затраты, где доля транспортных затрат наиболее велика.

Анализ научных трудов, посвященных концепциям снижения транспортно-логистических затрат, показывает их большое разнообразие и по количеству, и по функциональ-

ным областям. Так, в базе данных eLibrary.ru работ по этой проблематике насчитывается свыше одной тысячи, в международных базах данных, таких как Web of Science и Scopus, – свыше 2,5 тыс. Однако работ, в которых исследуется влияние количества ТЛЦ и порядок закрепления за ними потребителей, существенно меньше.

Тем не менее, можно выделить ряд работ, которые заслуживают внимания в контексте выбранной темы исследования. Так, в работе Д. Бауэрсокса и Д. Клосса [1] проводится анализ влияния количества складов на суммарные транспортные издержки и предлагается пример определения территорий обслуживания ТЛЦ по критерию наименьших общих издержек. Исследование доказывает, что при первоначальном увеличении количества ТЛЦ в цепи поставок транспортные издержки уменьшаются, и затем по мере роста их числа происходит увеличение затрат. Однако такая зависимость наблюдается при достаточно большом грузопотоке.

Кроме того, порядок закрепления потребителей за определенным ТЛЦ обосновывается способностью обеспечить поставку груза с минимальными общими затратами на логистику.

Тем не менее, при фокусировании усилий на перестройку логистической системы и стремлении минимизировать затраты авторы не показывают связь между задачами расчета оптимального количества ТЛЦ и закрепления экономически обоснованного количества потребителей за соответствующими объектами. Поэтому задачи ресурсосбережения решаются локально, без учета влияния текущего результата на следующий.

В исследовании Д. Уотерса [2] приводятся примеры достаточно тривиальных способов принятия решений по выбору лучшего места дислокации логистического объекта, который должен обеспечить лучшие условия доступа потребителей по сравнению с другими уже существующими. Подробно раскрывается технология планирования мест размещения инфраструктурных логистических объектов, однако нет оценки и сравнения суммарных логистических затрат при переприкреплении потребителей к другим центрам обеспечения. Так же, как и в работе [1], автор обосновывает зависимость затрат на перевозку от количества элементов инфраструктуры, но оценка основывается на экспертном анализе.



Джеффри Г. Шатт в своей работе [3] исследует проблемы планирования товарного потока, дает оценку современным логистическим технологиям управления товаропотоками, таким как Materials requirements planning (планирование потребности в материалах, MRP), Distribution requirements planning (планирование потребностей в распределении, DRP), Just-in-time («точно в срок», JIT), Theory of Constraints (теория ограничений, TOC). В основе анализа, предложенного автором, находятся потоки материалов, которые в основном оцениваются на производстве в различных отраслях промышленности с позиции их возможного прогнозирования и планирования традиционными и современными методами. Усовершенствованные планировочные решения и способы их внедрения в практику бизнеса составляют методологическую основу работы. Очевидно, проблема затрат на логистику – одна из центральных, однако пространственное сетевое планирование грузопотока в контексте привязки к точкам консолидации и распределения, а также количественные параметры инфраструктурных объектов не рассматриваются.

В аналогичных трудах похожие концепции и подходы представлены исследованиями, направленными на методологические аспекты планирования, в том числе товаропотоков в логистике, с использованием математического аппарата, и раскрываются в виде последовательных стадий преобразования имеющегося научного инструментария в новые методы и подходы. К таким работам относятся труды А. Кларка и Г. Скарфа [4], С. Синго [5], С. Тэйюра, Р. Гэнешэна и М. Мэгэзина [6], Дж. М. Рива [7] и других авторов.

Основой проектирования систем распределения грузопотоков является экономико-математическое моделирование, поэтому значительное число работ посвящено возможностям использования математического аппарата при решении локальных и системных задач управления цепями поставок. Так, например, в работе Дж. Шапиро [8] предлагаются способы планирования и моделирования цепей поставок, начиная от этапа выбора конфигурации цепей поставок и до их формирования и управления. По содержанию работа является научным пособием с выраженной методологической направленностью, в которой анализируются и оцениваются используемые на практике различные Информа-

ционные технологии, а также модели и методы принятия решений управления цепями поставок. В работе предлагаются методы интегрированного подхода к управлению цепями поставок на примере компаний и корпораций. Тем не менее, проблемы, сформулированные в цели настоящего исследования, в прямой постановке не рассматриваются.

Следует отметить ряд других работ, в которых даются математические подходы к управлению и оптимизации функций и операций в цепях поставок. К таким исследованиям относятся работы Д. Тернера [9], В. С. Лукинского⁷, П. М. Симонова⁸, Г. И. Просветова⁹, О. О. Замкова, А. В. Толстопятенко, Ю. Н. Черемных¹⁰, Н. Ш. Кремера¹¹ и других авторов.

Значительно меньше работ относятся к разработанным методологическим подходам проектирования логистических систем, где основными параметрами являются количество ТЛЦ и экономическая целесообразность прикрепления потребителя к тому или иному ТЛЦ. Очевидно, задача ресурсосбережения здесь является центральной. К этим исследованиям относятся работы А. Леша [10], Д. Дж. Бауэрсоска [1], Е. В. Болговой, М. В. Курниковой [11], Б. А. Аникина, А. П. Тяпухина¹² [12] и другие.

Проблемы рационального размещения производительных сил находят свое отражение при формировании государственной социально-экономической политики. Так, в Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля

⁷ Модели и методы теории логистики: Учеб. пособие. 2-е изд. / Под ред. В. С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2007. – 448 с.

⁸ Симонов П. М. Экономико-математическое моделирование [Электронный ресурс]: Учеб. пособие: в 2 ч. – Пермь, 2019. – Ч. 1. – 230 с.

⁹ Просветов Г. И. Математические методы в логистике: задачи и решения: Учебно-практ. пособие. – М.: Изд-во «Альфа-Пресс», 2014. – 304 с.

¹⁰ Замков О. О., Толстопятенко А. В., Черемных Ю. Н. Математические методы в экономике: Учебник. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, Изд-во «ДИС», 1998. – 368 с.

¹¹ Кремер Н. Ш. Исследование операций в экономике: Учеб. пособие. – М.: ЮНИТИ, 2005. – 407 с.

¹² Аникин Б. А., Тяпухин А. П. Коммерческая логистика: Учебник. – М.: ТК «Велби», Изд-во «Проспект», 2005. – 432 с.

2019 года № 207-р¹³, сформулированы основные проблемы, тенденции, вызовы, цели и задачи, как на уровне федеративного устройства, так и на региональном уровне. Главной задачей этого документа является обеспечение сбалансированного и устойчивого развития социально-экономического пространства Российской Федерации. Предусматриваются направления на уменьшение межрегиональных различий в части экономики, социальной сферы, технологий и элементов системы национальной безопасности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами для проведения исследования послужили научно-методический и методологический аппараты, которые были проанализированы в разделе «Обзор литературы и исследований» данной работы, а также результаты реализации стратегий и программ формирования пространственных моделей сетей ТЛЦ органов государственной власти и бизнеса. Методологический подход, предложенный в исследовании, заключается в использовании аналитических моделей и зависимостей определения количественных и географических параметров создания систем распределения грузов в цепях поставок на основе использования сети ТЛЦ. С этой целью для получения эффекта ресурсосбережения потребовались решения задач по расчету и обоснованию системы распределения грузов с минимально достаточным и экономически целесообразным количеством объектов ТЛЦ. Это позволило добиться более эффективной модели доставки грузов, что обеспечило уменьшение затрат на транспортировку в контексте планируемых позитивных ожиданий от предлагаемых мероприятий.

В качестве приоритета теоретической базы в статье использованы математические методы, в частности положения регрессионно-корреляционного анализа. Обоснование использования данного вида анализа основывается на выборе достаточно сложного объекта оптимизации – региональной транспортно-логистической сети и универсальности и доступности самого способа анализа

и оптимизации – регрессионно-корреляционного анализа. В виду своей относительной простоты и универсальности используемый математический аппарат для выбранного объекта исследования имеет ряд недостатков, основными из которых являются принимаемые допущения по объему перерабатываемого и перевозимого груза, неполная структура логистических затрат, используемая в расчетах, и присущие данному методу погрешности. Кроме того, в модели не предусмотрено при вывозе грузов из ТЛЦ для каждой партии выбор вида и типа транспорта, что можно отнести к определенным ограничениям используемой в статье модели. Тем не менее, определив целевую функцию, систему ограничений и допущений данный метод может использоваться для решения подобных задач.

Кроме того, в работе использована теория формирования и развития отраслевой и региональной экономики. Для анализа и оценки систем распределения грузов были использованы труды российских и зарубежных ученых.

Эмпирическую основу исследования составили отчеты по затратам компаний, выполняющих функции транспортировки и грузопереработки грузов, отраслевые статистические отчетные документы, документы регионального и федерального планирования основных социально-экономических показателей.

Аналитическими предпосылками использования предлагаемых методов исследования для формирования механизма ресурсосбережения при распределении грузов являются необходимость использования специального математического аппарата, адекватного специфики решаемой задачи в условиях преобладания случайных величин. Поскольку транспортные затраты в системе распределения грузов изменяются нелинейно, учет такой зависимости требует расчета экономически выгодного количества ТЛЦ.

Нормативные предпосылки исследования составляют положения ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации»¹⁴. Практика отраслевых стратегий развития ТЛС сво-

¹³ Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года. Утверждена Распоряжением Правительства РФ № 207 (ред. от 16.12.2021) 13.02.2019. [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_318094/. Доступ 05.05.2024.

¹⁴ Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации». Принят Государственной Думой 20 июня 2014 года. Одобрен Советом Федерации 25 июня 2014 года



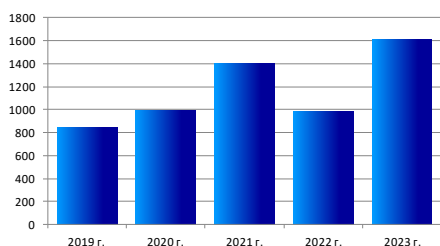


Рис. 1. Динамика объема ввода складских площадей в регионах России, тыс. кв².

[Источник: разработано авторами с использованием данных Электронного справочника «Гид Склады РФ 2024»¹⁹].

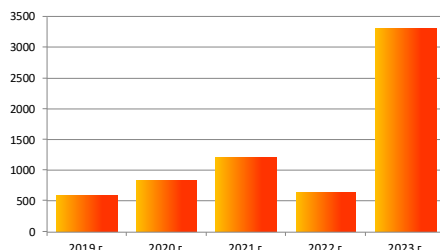


Рис. 2. Динамика объема сделок со складской недвижимостью в регионах России, тыс. кв².

[Источник: разработано авторами с использованием данных Электронного справочника «Гид Склады РФ 2024»¹⁹].

дится к разработке и реализации пакета документов в составе: Транспортной стратегии РФ до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года¹⁵; Стратегии развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года¹⁶; Стратегии развития автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта (проект)¹⁷, а также Федерального проекта «Транспортно-логистические центры» (структурного компонента раздела 1 «Транспортная инфраструктура» Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры)¹⁸.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ отчетных данных по объектам ТЛС по регионам и федеральным округам и их сравнение с динамикой изменения региональных транспортных показателей не отвечает на вопрос зависимости затрат на транспортировку от количества ТЛЦ. Такая связь видна при анализе спроектированной системы распределения грузов через сеть ТЛЦ для определенной номенклатуры и объемов доставки грузов.

Тем не менее, анализ отчетных документов, например справочника «Гид Склады

РФ»¹⁹ по складской недвижимости, в сравнении с динамикой транспортных затрат условного региона, взятого из отчетов Федеральной службы государственной статистики²⁰, представляет очевидный научно-практический интерес.

На рис. 1 и 2 показаны динамика объемов ввода складских площадей и динамика объемов сделок со складской недвижимостью в регионах России.

Анализ данных на диаграммах показывает линейный характер динамики показателей. Динамика показателя на рис. 1 в целом повторяет динамику рис. 2. Это повторение обусловлено зависимостью объема ввода от возрастающих величин объемов сделок, худшим показателем является 2022 год. Наблюдается почти двукратное превышение объема ввода над объемами сделок, за исключением 2023 года. В 2023 году объемы сделок более чем в два раза превысили объемы ввода. То есть возрастающие объемы сделок стимулируют увеличение предложений на рынке складской недвижимости и строительства новых объектов. Кроме того, наблюдается значительное уменьшение значений показателей в 2022 году, и резкий рост в 2023 году, в связи с процессом импортозамещения. Сопоставление показателей на рис. 1 и 2 с затратами на транспортировку и вводом новых объектов²⁰, на примере Самарской области, указанные в табл. 1, показывает наличие вроде бы очевидной корреляции между этими временными рядами.

Однако, более детальный анализ этой связи может показать отрицательную корреляцию, поскольку анализ зависимости затрат

¹⁵ Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Утверждена Распоряжением Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. [Электронный ресурс]: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhLI0nUT91RjCbeR.pdf>. Доступ 05.05.2024.

¹⁶ Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года. Утверждена Распоряжением Правительства РФ от 17.06.2008 года № 877-р. [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_92060. Доступ 05.05.2024.

¹⁷ Стратегия развития автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта. Проект. [Электронный ресурс]: <https://www.mintrans.ru/documents/7/9306>. Доступ 05.05.2024.

¹⁸ Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года. Утвержден Распоряжением Правительства РФ от 30.09.2018 г. № 2101-р. <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm>. Доступ 05.05.2024.

¹⁹ Электронный справочник «Гид Склады РФ 2024». [Электронный ресурс]: <https://гидсклады.рф>.

²⁰ Регионы России: социально-экономические показатели. 2023: статистический сборник. – М.: Росиздат. – 2023. – 1126 с.

Таблица 1

Агрегированные региональные экономические показатели Самарской области
[разработано авторами на основе ²⁰]

Показатели	Годы					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Строительство (к предыдущему году %)	104,5	80,7	116,2	86,8	121,8	102,1
Транспортировка и хранение (к предыдущему году %)	104,0	103,0	100,8	92,1	104,2	105,2

на транспортировку от количества объектов логистической инфраструктуры (ТЛЦ, склады) и порядка прикрепления потребителей к ТЛЦ следует оценивать по группам номенклатур товаров и их объемам при доставке потребителям в цепях поставок.

Разработанный подход, основанный на определении зависимости между транспортными затратами и количеством ТЛЦ, позволяет сформировать более экономичную конфигурацию системы доставки грузов с минимально-необходимым количеством ТЛЦ. Подход основан на формируемой модели: «дислокация поставщика – дислокация ТЛЦ – дислокация получателя». Способ расчета этой зависимости включает несколько этапов.

В первую очередь, оцениваются способы доставки груза без ТЛЦ (прямой) и с ТЛЦ. Для прямой доставки используем формулу (1):

$R^I = R_T + R_{\text{прп}} + R_{\text{уп}} + R_x,$ (1)

где R^I – транспортные расходы на перевозку груза;

R_T – расходы на транспортировку;

$R_{\text{прп}}$ – расходы на погрузо-разгрузочные работы;

$R_{\text{уп}}$ – расходы на упаковку груза;

R_x – расходы на хранение груза в начальной и конечной точке.

Для доставки с использованием ТЛЦ расходы будут рассчитываться по формуле (2):

$R^2 = R_T + R_{\text{прп}} + R_{\text{уп}} + (n * R_x),$ (2)

где n – количество ТЛЦ.

Принципиально для способа доставки грузов учитывать ограничение (3) [1]:

$\Sigma \frac{P_v + T_v}{N_{\bar{x}}} + W_{\bar{x}} + L_{\bar{x}} \leq \Sigma P_{\bar{x}} + T_{\bar{x}},$ (3)

где P_v – расходы на грузопереработку консолидированной грузовой отправки;

T_v – расходы на транспортировку консолидированной грузовой отправки;

$W_{\bar{x}}$ – расходы на хранение средней грузовой отправки;

$L_{\bar{x}}$ – расходы на местную доставку средней грузовой отправки;

$N_{\bar{x}}$ – число средних отправок в консолидированной отправке;

$P_{\bar{x}}$ – расходы на грузопереработку средней отправки;

$T_{\bar{x}}$ – транспортные расходы на прямую доставку средней отправки.

То есть объемы перевозок должны быть достаточно большими – настолько, чтобы их величина позволила получить эффект масштаба с возможностью покрывать затраты на грузопереработку в ТЛЦ.

Затем методом простого перебора выбираются маршруты доставки с учетом географии и количества ТЛЦ для каждого варианта цепи поставок. В табл. 2 указаны примеры расчетов для двух условных маршрутов.

В табл. 3 указываются результаты расчетов по выбранным маршрутам.

По рассчитанным усредненным значениям по каждому маршруту с использованием таблицы Excel строятся графики зависимости затрат на транспортировку от количества ТЛЦ.

Далее проводится анализ чувствительности прироста количества ТЛЦ к изменению затрат на транспортировку. Для определения характера этой зависимости проводят вычисления. Очевидно, эта зависимость – нелинейная параболического типа, где уравнение нелинейной регрессии параболического типа имеет вид (4)²¹:

$y = ax^2 + bx + c,$ (4)

где a, b, c – коэффициенты регрессии.

После расчета коэффициентов регрессии и оценки исследуемой зависимости рассчитываются индексы корреляции и детерминации²¹.

Для проведения вычислительного эксперимента была выбрана организация доставки медикаментов в несколько регионов

²¹ Задорожный В. Н., Зальмеж В. Ф., Трифонов А. Ю., Шаповалов А. В. Высшая математика для технических университетов. Линейная алгебра: Учеб. пособие. – Томск. – Изд-во ТПУ, 2009. – 310 с.



Таблица 2

Выбор маршрутов и расчет стоимости по каждому маршруту

Маршрут	П-А-Д-Л-К-И-Б1								
Отправка	Получение	L, км	R _т , р	R _х , р	R _{уп} , р	Пог, р	Раз, р	R _{ппр} , р	R, р
П	А	L ₁	R _{т1}	R _{х1}	R _{уп1-5}	Пог ₁	Раз ₁	R _{ппр1}	R ₁
А	Д	L ₂	R _{т2}	R _{х2}		Пог ₂	Раз ₂	R _{ппр2}	R ₂
Д	Л	L ₃	R _{т3}	R _{х3}		Пог ₃	Раз ₃	R _{ппр3}	R ₃
Л	К	L ₄	R _{т4}	R _{х4}		Пог ₄	Раз ₄	R _{ппр4}	R ₄
К	И	L ₅	R _{т5}	R _{х5}		Пог ₅	Раз ₅	R _{ппр5}	R ₅
									Итог
									Σ
Маршрут	П-А-Д-Л-К-И-Б1								
Отправка	Получение	L, км	R _т , р	R _х , р	R _{уп} , р	Пог, р	Раз, р	R _{ппр} , р	R, р
П	А	L ₁	R _{т1}	R _{х1}	R _{уп1-6}	Пог ₁	Раз ₁	R _{ппр1}	R ₁
А	Д	L ₂	R _{т2}	R _{х2}		Пог ₂	Раз ₂	R _{ппр2}	R ₂
Д	Л	L ₃	R _{т3}	R _{х3}		Пог ₃	Раз ₃	R _{ппр3}	R ₃
Л	К	L ₄	R _{т4}	R _{х4}		Пог ₄	Раз ₄	R _{ппр4}	R ₄
К	Б1	L ₆	R _{т6}	R _{х6}		Пог ₆	Раз ₆	R _{ппр6}	R ₆
									Итог
									Σ

где П – поставщик, Б1 – заказчик № 1; А, Д, Л, К, И – ТЛЦ на выбранных маршрутах доставки, R – транспортные расходы на перевозку груза; R_т – расходы на транспортировку; R_{ппр} – расходы на погрузо-разгрузочные работы; R_{уп} – расходы на упаковку груза; R_х – расходы на хранение груза.
Источник: разработано авторами.

Таблица 3
Результаты расчетов на доставку грузов по маршруту П-Б1 с учетом системы ТЛЦ [разработано авторами]

Маршрут	R, руб
П-А-Д-Л-К-И-Б1	R ₁
П-А-Д-Л-К-Б1	R ₂
П-А-Д-Л-Б1	R ₃
П-Д-Л-Б1	R ₄
П-Д-Б1	R ₅
П-Г-Д-Ж-И-Б1	R ₆
П-Д-Ж-И-Б1	R ₇
П-Д-Ж-Б1	R ₈
П-Ж-Б1	R ₉

Российской Федерации – Самарскую, Саратовскую и Оренбургскую области от одного из производителей Ярославской области (г. Ярославль). На рис. 3 и 4 показаны схемы доставки медикаментов напрямую без ТЛЦ и с использованием системы ТЛЦ соответственно.
После выбора маршрутов рассчитывается стоимость прямой доставки для различных заказчиков от одного из производителей Ярославской области.

Используя данные табл. 2, рассчитаем затраты на транспортировку по нескольким выбранным для примера маршрутам доставки с использованием ТЛЦ. В табл. 4 указаны результаты расчетов (фрагмент).
Аналогично проводятся расчеты по оставшимся маршрутам.
В табл. 5 показаны рассчитанные значения на перевозку по маршруту П-Б4 с учетом системы ТЛЦ.
На рис. 5 показаны результаты расчетов зависимости затрат на транспортировку от количества ТЛЦ.
Очевидно, что между затратами на перевозку и количеством ТЛЦ есть зависимость, характер которой нелинейный параболический. С помощью корреляционно-регрессионного анализа определим тесноту связи между этими показателями с выводом уравнения нелинейной регрессии.
В табл. 6 показаны требуемые значения для расчета матриц регрессии.
Полученное уравнение нелинейной регрессии имеет вид:
$$Y = 2375,64x^2 - 11794,14x + 55977,78. \quad (5)$$

Индексы корреляции и детерминации равны соответственно $r = 0,99$ и $R^2 = 0,98$. На рис. 6 показаны результаты, полученные с помощью уравнения регрессии.

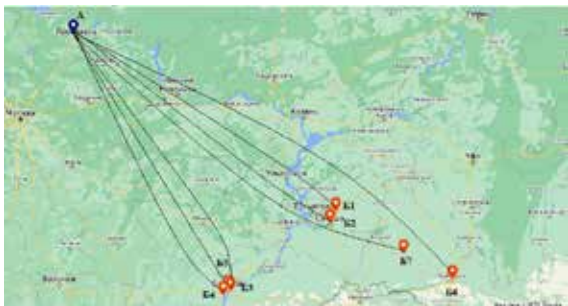


Рис. 3. Доставка грузов напрямую от производителя.

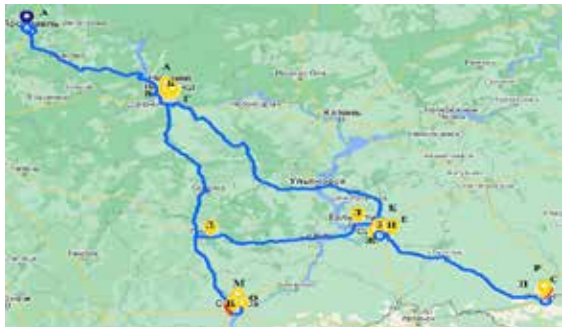


Рис. 4. Доставка грузов от производителя с использованием ТЛЦ.

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

Таким образом, вычислительный эксперимент подтвердил предположение о нелинейной параболической зависимости между транспортными затратами и количеством ТЛЦ. Индексы корреляции и детерминации подтверждают тесноту связи между эмпирическими и теоретическими значениями, которые не опускались ниже значения 0,89. Это подтверждает, что теоретическая модель с допустимой точностью соответствует реальной ситуации. Следовательно, подход возможно использовать для расчетов и прогнозирования зависимости величин транспортных затрат от количества ТЛЦ на маршруте, что имеет существенное практическое значение как для поставщиков, так и для потребителей.

Результаты проведенного исследования, в границах которого решалась задача поиска подхода уменьшения затрат на организацию доставки грузов в контексте ресурсосберегающей парадигмы, помогли подтвердить выдвинутое предположение об очевидной зависимости затрат на транспортировку, включая расходы на хранение и погрузочно-разгрузочные работы в ТЛЦ, от количества ТЛЦ на маршрутах. Кроме того, полученные результаты могут быть использованы при формировании стратегий развития региональных транспортно-логистических систем в части выбора методологии определения рациональных количественных параметров указанных объектов.

Кроме того, удалось выявить проблему не учета этой зависимости органами государ-

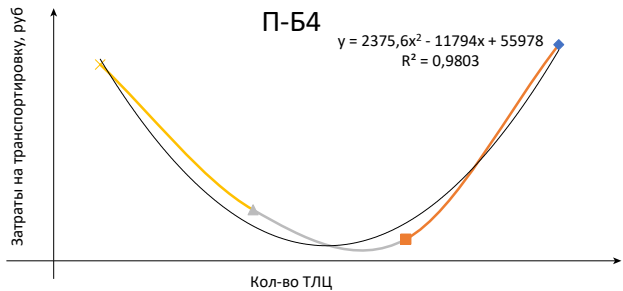


Рис. 5. Зависимость затрат на транспортировку от количества ТЛЦ при перевозке груза по маршруту П-Б4 [разработано авторами].





Таблица 4

Результаты расчетов стоимости доставки грузов по нескольким маршрутам П-Б4 с учетом системы ТЛЦ [разработано авторами]*

Маршрут П-Г-Д-М-Н-Б4									
Отправка	Получение	L, км	Rt, р	Rx, р	Руп, р	Пог, р	Раз, р	Rппр, р	R, р
П	Г	405	8 100	156	8 437	2 230	948	3 178	19 871
Г	Д	417	8 340	669		948	1 450	2 899	11 908
Д	М	256	5 120	223		1 450	1 394	2 788	8 131
М	Н	31	622	145		1 394	836	1 673	2 439
Н	Б4	22	432			836	3 345	4 181	4 613
								Итог	46 962
Маршрут П-Г-Д-М-Б4									
Отправка	Получение	L, км	Rt, р	Rx, р	Руп, р	Пог, р	Раз, р	Rппр, р	R, р
П	Г	405	8 100	156	8 437	2 230	948	3 178	19 871
Г	Д	417	6 255	134		948	1 450	2 899	9 288
Д	М	256	3 840	223		1 450	1 394	2 788	6 851
М	Б4	52	776			1 394	3 345	4 739	5 514
								Итог	41 524
Маршрут П-Д-М-Б4									
Отправка	Получение	L, км	Rt, р	Rx, р	Руп, р	Пог, р	Раз, р	Rппр, р	R, р
П	Д	807	16 140	669	8 437	2 230	1 450	3 680	28 926
Д	М	256	5 120	223		1 450	1 394	2 843	8 186
М	Б4	52	1 034			1 394	3 345	4 739	5 773
								Итог	42 885
Маршрут П-Г-М-Б4									
Отправка	Получение	L, км	Rt, р	Rx, р	Руп, р	Пог, р	Раз, р	Rппр, р	R, р
П	Г	405	8 100	781	8 437	2 230	948	3 178	20 495
Г	М	609	12 180	446		948	1 394	2 342	14 968
М	Б4	52	1 603			1 394	3 345	4 739	6 341
								Итог	41 804

* Стоимостные показатели затрат взяты на конец 2023 года.

Таблица 5
Рассчитанные значения на перевозку по маршруту П-Б4 с учетом системы ТЛЦ [разработано авторами]

Маршрут	R, руб
П-Г-Д-М-Н-Б4	46 962
П-Г-Д-М-Б4	41 524
П-Д-М-Б4	42 885
П-Г-М-Б4	41 804
П-Г-Б4	43 808
П-М-Б4	49 009

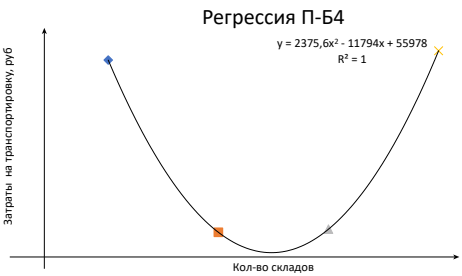


Рис. 6. Расчет исследуемой зависимости с помощью уравнения регрессии [разработано авторами].

Таблица 6
Необходимые значения для расчета матриц регрессии П-Б4 [разработано авторами]

№	X	Y	x ²	x ³	x ⁴	xy	yx ²	y	(Y-y) ²	(Y-ycp) ²
1	1	46408,45	1	1	1	46408,45	46408,45	46559,28	22750,44	4404699,09
2	2	42344,55	4	8	16	84689,10	169378,20	41892,05	204753,99	3861863,65
3	3	41523,6	9	27	81	124570,80	373712,40	41976,10	204753,99	7762422,86
4	4	46962,25	16	64	256	187849,00	751396,00	46811,42	22750,44	7035955,19
Σ	10	177238,85	30	100	354	443517,35	1340895,05	177238,85	455008,86	23064940,80

Экономический эффект использования предлагаемого подхода
[разработано авторами]

Маршруты доставки	Снижение затрат, руб.	Экономический эффект, %
П-Б1	25 286,7	5,1
П-Б2	22 126,6	8,8
П-Б3	16 146,7	26,9
П-Б4	28 017,9	10
П-Б5	23 121,1	16
П-Б6	14 084,5	5,6
П-Б7	7 257,5	6,1

ственной власти и сообществом предпринимателей. Отсутствие должного внимания к проблеме больших затрат при прямой доставке по сравнению с доставкой через систему ТЛЦ значительно уменьшает эффективность экономической деятельности предприятий, предоставляющих транспортно-логистические услуги.

Знание и реализация предлагаемого подхода в рамках стратегии ресурсосбережения может способствовать уменьшению себестоимости указанных услуг, что является экономически выгодным для всех участников логистической цепочки.

К основным результатам исследования относятся разработанный научно-практический подход уменьшения затрат в контексте стратегии ресурсосбережения, в основу которого положен принцип рациональной организации пространственного выбора инфраструктурных объектов транспортно-логистической сети и полученный экономический эффект по сравнению с прямой доставкой, показанный в табл. 7.

Разработанный подход с обоснованием рационального количества и дислокации ТЛЦ, обеспечивающий уменьшение затрат в системе доставки грузов, может быть использован при принятии управленческих решений и расчете затрат на доставку при разной конфигурации сети ТЛЦ с их различным количеством.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бауэрсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2001. – 640 с. ISBN 5-901028-22-8.

2. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок: Пер. с англ. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с. ISBN 5-238-00569-5.

3. Шатт Дж. Г. Управление товарными потоками: рук. по оптимизации логистических цепочек; пер. с англ. С. В. Кривошеин; науч. ред. А. Н. Тарашкевич. – Минск: Гревцов Паблишер, 2008. – 352 с. ISBN 978-985-6569-18-3.

4. Clark, A., Scarf, H. Optimal Policies for a Multi-Echelon Inventory Problem. Management Science, INFORMS, 1960. Vol. 6, Iss. 4, pp. 475–490. DOI: 10.1287/mnsc.6.4.475.

5. Shingo, S. Non-Stock Production. The Shingo System of Continuous Improvement. Cambridge, MA: Productivity Press. 1988.

6. Tayur, S. R., Ganeshan, R., Magazine, M. J. Quantitative Models for Supply Chain Management. Norwell, MA: Kluwer Academic. 1999. [Электронный ресурс]: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-4949-9> [ограниченный доступ]. ISBN 978-0-7923-8344-4.

7. Reeve, J. M. The financial advantages of the lean supply chain. Supply Chain Management Review, 2002, March/April, pp. 42–49.

8. Шапиро Дж. Моделирование цепи поставок / Пер. с англ. под ред. В. С. Лукинского – СПб.: Питер, 2006. – 720 с. ISBN 5-272-00183-4.

9. Тернер Д. Вероятность, статистика и исследование операций / Пер. с англ. Е. З. Демиденко, В. С. Занадворова; Под ред. А. А. Рывкина. – М.: Статистика, 1976. – 432 с.

10. Леш А. Пространственная организация хозяйства: пер. с нем. / под ред. акад. А. Г. Гранберга. – М.: Наука, 2007. – 663 с. ISBN 978-5-02-035367-1.

11. Bolgova, E. V., Kurnikova, M. V. Modeling the spatial organization of the higher education system in the regional economy. Sustainable Growth and Development of Economic Systems: Contradictions in the Era of Digitalization and Globalization, 2019, pp. 43–61. DOI: 10.1007/978-3-030-11754-2_4.

12. Тяпухин А. П. Устойчивость систем поставок ресурсов // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17. – № 6. – С. 142–165. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-142-165>. ●

Информация об авторах:

Хайтбаев Валерий Абдурахманович – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и логистики на транспорте Самарского государственного университета путей сообщения, Самара, Россия, vhaitbaev21@mail.ru.

Костров Владимир Николаевич – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой логистики и маркетинга Волжского государственного университета водного транспорта, Нижний Новгород, Россия; vnkostrov@yandex.ru.

Черняев Евгений Васильевич – кандидат экономических наук, докторант Вольского военного института материального обеспечения, Вольск, Россия; ki-la@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 05.05.2024, одобрена после рецензирования 26.08.2024, принята к публикации 28.08.2024.

