

На правах рукописи



Юргин Иван Владимирович

**РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГОРОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТЕЙНЕРОВ-ТРАНСФОРМЕРОВ**

Специальность: 2.9.9 Логистические транспортные системы

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

г. Ростов-на-Дону

2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Донской государственный технический университет» на кафедре «Эксплуатация транспортных систем и логистика».

**Научный
руководитель -**

Панфилов Алексей Викторович

доктор технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет».

**Официальные
оппоненты -**

Покровская Оксана Дмитриевна

доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I».

Дрючин Дмитрий Алексеевич

доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технической эксплуатации и ремонта автомобилей ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».

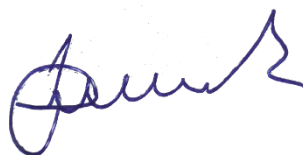
Ведущая организация ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет».

Защита состоится «08» декабря 2025 года в 15 часов на заседании диссертационного совета 44.2.005.02 на базе ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» по адресу: 344038, Ростовская область, городской округ город Ростов-на-Дону, город Ростов-на-Дону, площадь Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, зд. 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» по адресу: 344038, Ростовская область, городской округ город Ростов-на-Дону, город Ростов-на-Дону, площадь Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, зд. 2 и на сайте <https://www.rgups.ru/sved-obr>

Автореферат разослан «___» «_____» 2025г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 44.2.005.02
доктор технических наук, профессор



О.Н. Числов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года предусматривает ускоренное внедрение новых технологий, повышение комплексности транспортно-логистических услуг за счёт достижения рационального баланса между тарифами, объёмом и качеством транспортных услуг, развития транспортно-технологических решений. Повышение производительности труда и снижение себестоимости транспортных услуг определены как важная часть стратегии развития, при этом городским перевозкам груза уделено особое внимание при формировании транспортного каркаса объектов, объединённых интенсивными экономическими, в том числе трудовыми и социальными, связями.

Особое место в этой сфере занимает цифровизация и интенсификация перехода к технологиям цифровой экономики, транспорта и логистики. В части сферы анализа и принятия решений на транспорте. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года предусматривает внедрение цифровых двойников инфраструктуры, которые способствуют снижению затрат на проектирование, содержание и эксплуатацию объектов транспортной инфраструктуры. Внедрение систем анализа и моделирования объектов транспортной инфраструктуры, статического и динамического моделирования транспортных потоков определено как основной метод достижения требуемых показателей.

На современном этапе наблюдаются трансформация рынка грузовых автомобильных перевозок, связанная с достижениями научно-технологического прогресса, коммерциализацией разработок и внедрением платформенных решений, объединяющих технологии глобальных спутниковых навигационных систем, интернета вещей и нового уровня развития личных мобильных устройств.

С учётом перечисленного выше актуальность выбранной темы исследования обуславливается необходимостью поиска решений, направленных на использование новых технологий в сфере логистики и транспорта, в том числе объектов интернета вещей, новых платформенных решений и индивидуальных мобильных устройств.

К перспективным и динамично развивающим сегментам транспортно-логистического рынка относится контейнерные перевозки, обеспечивающие мультимодальность и мобильность, сокращая временные и стоимостные параметры перевозок за счет эффективности организации начально-конечных операций и терминальных операций при перевалке грузов. Перспективным направлением является сокращение издержек, связанных с организацией перевозок контейнеров в обратном (порожном) направлении с использованием контейнеров-трансформеров. Контейнеры-трансформеры представляют собой технологически инновационные складные грузовые контейнеры, способные адаптироваться к различным условиям транспортировки и изменять свой размер, совершенствуя использование внутреннего пространства, обеспечивая защиту груза и улучшая процессы транспортировки. Исследование функциональных возможностей контейнеров-трансформеров и решение конкретных проблем маршрутизации транспортных средств в городских перевозках, связанных с эффективным распределением и транспортировкой различных грузов, включая вопросы

экономии времени, денежных средств и ресурсов при множестве транспортных маршрутов, имеет практическое значение для развития современной транспортной отрасли страны и его результаты могут стать основой для улучшения инфраструктуры и совершенствования грузоперевозок в различных сферах экономики. Вышеприведенные задачи и научные проблемы определяют актуальность темы исследования.

Степень разработанности темы исследования. Основные научные положения грузовых контейнерных перевозок разработаны в трудах Н.С. Воронина, А.Э. Горева, А.Л. Кузнецова, А.В. Кириченко, А.Д. Семёнова, О.В. Поповой, Д.В. Ушакова, О.Д. Покровской, Mauro Dell'Amico, Natalia Selini Hadjidimitriou и других.

Вопросы, связанные с городскими перевозками рассматривались в трудах В.В. Зырянова, Д.А. Дрючина, Т.В. Коноваловой, М. Р. Якимова, Ю.В. Трофименко, М. Я. Блинкина, В.В. Нагорного, В. В. Сильянова, С.В.Жанказиева, С. А. Ваксмана, И. Н. Пугачева, Л.С. Трофимовой и других.

Перевозка мелкопартионных грузов в контексте изучения систем распределения и товародвижения рассматривается в трудах А. М. Гаджинского, В. А. Гудкова, Л. Б. Миротина, В. С. Лукинского, В. Д. Герами, И. В. Спирина, Е. Е. Витвицкого, К. С. Подшиваловой, Louis Faugère, Walid Klibi и других.

Вопросы логистики организации перевозок грузов рассматриваются в работах А.Н. Новикова, В.М. Курганова, А. Ю. Тюрина, В. И. Рассохи, А.Н.Рахмангулова и других.

Несмотря на большое число исследований, на наш взгляд недостаточно внимания уделено вопросам использования контейнеров (в том числе складных) в городских перевозках грузов.

Целью диссертационного исследования является обоснование технологических решений для создания и использования парка контейнеров–трансформеров с интегрированными в конструкцию цифровыми логистическими продуктами, для достижения которой определены следующие задачи:

1. Произвести анализ количественной и качественной структуры парка транспортных средств, технологических процессов погрузочно–разгрузочных, транспортных, перегрузочных и складских операций в городских перевозках и механизмов, применяемых в складываемых контейнерах.

2. Разработать положения методики формирования количественной и качественной структуры парка контейнеров–трансформеров с учётом цифровых логистических продуктов, особенностей конструкции, возможности одновременной перевозки на транспортных средствах нескольких складных контейнеров на основе имитационной платформы Anylogic для различных организационно–производственных условий.

3. Разработать мобильные приложения на основе цифровых логистических продуктов для клиента и перевозчика с использованием индивидуальных мобильных устройств для испытания модифицированной имитационной модели организации контейнерных городских перевозок.

4. Разработать конструкцию опытного образца контейнера-трансформера с использованием интегрированных в его структуру цифровых логистических продуктов и провести его макетные и производственные испытания.

Объектом исследования являются транспортно-логистические и технологические решения использования контейнеров–трансформеров в городских перевозках.

Предметом исследования является разработка транспортно-логистических технологий на основе специальных контейнеров общего назначения с интегрированными в конструкцию цифровыми логистическими продуктами и автоматическим механизмом трансформации из материала эйрдек.

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.9.9 «Логистические транспортные системы»: пункт 5 «Принципиально новые транспортно–логистические технологии грузовых и пассажирских перевозок на основе использования новых видов подвижного состава видов транспорта и грузовых единиц», пункт 9 «Организационно–технологические решения в области интеллектуализации и цифровизации транспортно–логистических процессов, идентификации и мониторинга объектов и процессов».

Теоретико-методологической основой являются научные работы учёных в области организации и управления логистическими и транспортно–технологическими системами доставки грузов, методы компьютерного моделирования, методы экономико–математического моделирования, статистические и экспериментальные данные, а также законодательные, нормативные и программные документы РФ по вопросам государственной транспортной политики.

Положения, выносимые на защиту:

1. Реализация принципиально новых транспортно-логистических технологий на основе алгоритма доставки грузов в городских перевозках с использованием контейнеров, отличающийся последовательностью операций и использующий в качестве транспортной единицы складные контейнеры.

2. Реализация принципиально новых транспортно-логистических технологий с использованием модифицированной имитационной модели на основе платформы Anylogic, учитывающая особенности складного контейнера, его положение в пространстве и времени и учитывающая возможность одновременной перевозки нескольких контейнеров на транспортном средстве.

3. Реализация принципиально новых транспортно-логистических технологий на основе имитатора для мобильных устройств клиента, перевозчика и контейнера-трансформера, позволяющие проверить достоверность модифицированной имитационной модели в реальных условиях городской среды, отличающаяся учётом технических параметров контейнера-трансформера, в том числе времени его складывания и раскладывания.

4. Методика определения количественной и качественной структуры парка контейнеров–трансформеров и транспортных средств для городских перевозок с использованием IT–технологий и возможности одновременной перевозки нескольких контейнеров на одном транспортном средстве, повышающей эффективность.

Научная новизна:

1. Разработана модифицированная имитационная модель определения количественной и качественной структуры парка складных контейнеров с учётом организационно–производственных условий, погрузочно–разгрузочных, транспортных, перегрузочных и складских операций, отличающаяся учётом координат складных контейнеров в пространстве и времени, с учётом возможности одновременной перевозки нескольких контейнеров на одном транспортном средстве (ТС).

2. Создан метод определения количественной и качественной структуры парка контейнеров–трансформеров для городских перевозок на основе имитационной платформы Anylogic, отличающийся учётом условий транспортной сети города с использованием цифровых логистических продуктов, особенностей конструкции, учитывающий возможность одновременной перевозки нескольких контейнеров на ТС.

3. Разработана технология организации грузовых городских перевозок на основе использования новой грузовой единицы – контейнера-трансформера.

Практическая ценность:

1. Разработана конструкция макета и опытного образца контейнера-трансформера с интегрированными в его структуру цифровыми логистическими продуктами и механизмом автоматизированной трансформации, прошедшая производственные испытания.

2. Созданы имитаторы для индивидуальных клиентов и перевозчиков контейнеров-трансформеров на основе цифровых логистических продуктов, отображающий транспортную сеть, работу контейнера-трансформера для проведения тестирования программного обеспечения.

3. Разработана методика составления транспортно–технологической карты доставки грузов контейнерами-трансформерами, учитывающая характеристики транспортной сети, положение складного контейнера в пространстве и времени, учитывающая возможность одновременной перевозки нескольких контейнеров на транспортном средстве.

Апробация полученных результатов. Основные положения исследования докладывались на национальной научно–практической конференции «Актуальные проблемы науки и техники. 2020», ДГТУ, г. Ростов–на–Дону, 2020 г., на городской конференции с международным участием «Молодёжная инициатива – 2020», на международном конкурсе научных работ и проектов «Умный город – 2020», на конкурсе инновационных проектов «Умный стартап 2021», в рамках встречи президента Российской Федерации В.В. Путина с молодыми предпринимателями, инженерами и учёными на ВДНХ 09.06.2022г. На всероссийском конкурсе «Умник–Сбер» в рамках программы «Умник» Фонда содействия инновациям, на федеральном конкурсе «Умная стипендия Центр Инвест 2021», на региональном конкурсе «Донская сборка», на международном фестивале «От винта», региональном конкурсе «Ты – инноватор».

В ходе работы над проектом были созданы модели контейнеров–трансформеров, демонстрирующие его работу в процессе перевозки грузов, которые представлялись на всероссийских и международных выставках.

Результаты исследования получили одобрение в рамках выполнения гранта по конкурсу «Развитие-НТИ/Автонет» Фонда содействия инновациям на тему «Разработка «умного» контейнера-трансформера «SmartBox» для оптимизации рынка транспортно-логистических услуг в условиях урбанизированной среды».

Внедрение результатов работы. Результаты диссертации используются во вспомогательном технологическом цикле АО «СЗРЦК ВКО «Алмаз-Антей» Обуховский завод».

Публикации по теме исследования. По материалам диссертационной работы автором опубликовано 9 печатных работ, в том числе 7 статей в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, один патент РФ, одно свидетельство по регистрации программы для ЭВМ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулирована рабочая гипотеза, цель и задачи, научная новизна, практическая значимость и положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведён анализ технологических процессов и рынка мелкопартионных перевозок грузов. Рассмотрены погрузочно-разгрузочные, транспортные и складские операции, перегрузочные процессы, связанные с перевозками.

Мелкопартионные перевозки грузов - особая отрасль процесса перевозок грузов, неотъемлемая часть глобального транспортного процесса, направленного на удовлетворение потребностей населения в перемещении товаров, почты и других объектов, на которую приходится лишь 3% от общей транспортной работы, но в части затрат на осуществление перевозок, на мелкопартионные перевозки грузов приходится более 30% от всех затрат. Качественная маршрутизация процесса доставки мелкопартионных грузов позволяет снизить затраты на осуществление перевозок приблизительно на 30%.

В 2023 году на автомобильном транспорте была перевезена 6491 млн. тонн, это более 71% грузов, перевезённых на всех видах транспорта, по отношению к 2022 году рост составил 5%. Индекс цен на автомобильные перевозки грузов в процентах к предыдущему году составил 104,5%, это меньше, чем уровень инфляции, что говорит о преобладании транспортного предложения над спросом и высокой конкуренции, которая по оценкам экспертов возникла из-за переоценки предпринимателями ёмкости рынка, в данный момент многие перевозчики осуществляют перевозки грузов по тарифам ниже себестоимости, чтобы избежать простоя парка транспортных средств, который к концу 2024 года достиг по некоторым оценкам 30%.

Изучение интенсивности и структуры транспортных потоков улиц г. Ростов-на-Дону, выполненное с учетом требований ГОСТ 32965 - 2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Методы учёта интенсивности движения транспортного потока», представленное на рисунке 1 показало, что доля грузового транспорта высока и в зависимости от исследованных участков улично-дорожной сети находится в диапазоне от 6 до 29%.

При этом в структура потоков грузового транспорта также неоднородна и имеет значительные различия в зависимости от района. Администрацией города Ростов-на-Дону реализуется проект грузового каркаса, который ограничивает въезд грузовых автомобилей в некоторые районы города. Таким образом, исходя из цели работы двухосные грузовые транспортные средства (ТС) можно определить как основное направление для анализа.

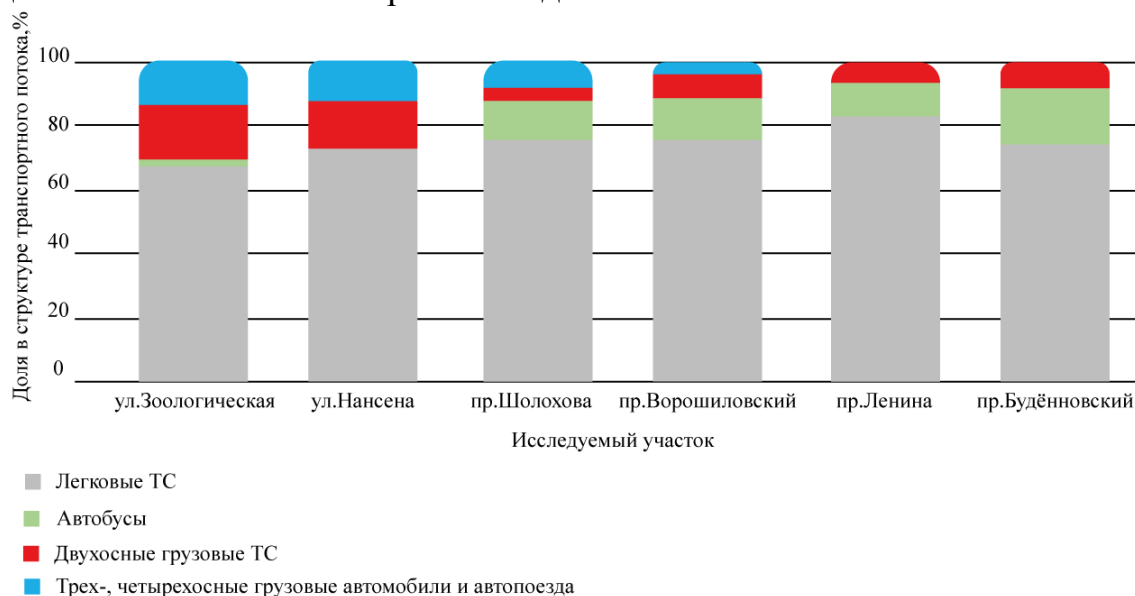


Рисунок 1 - Структура транспортных потоков в г. Ростов-на-Дону

Рынок мелкопартионных перевозок грузов является слабо консолидированным так как на рынке существует большое количество перевозчиков - от крупных транспортных компаний (АО Тандер, Яндекс Такси и др.) до самозанятых и индивидуальных предпринимателей.

Проведённый анализ работы грузового такси Яндекс, заключающийся в мониторинге и подсчёте транспортных средств, находящихся в ожидании заказов на перевозку грузов, представленный на рисунке 2, показал высокую степень неравномерности заказов в пространственно-временном контексте.

Существует тенденция инсорсинга транспортно-логистических услуг в ситуациях, когда компания достаточно крупная и напрямую зависит от качества таких услуг. Крупные сетевые корпорации используют собственный подвижной состав в качестве основного средства доставки грузов. В данном контексте был проведён анализ деятельности АО «Тандер», которое проводит последовательную оптимизацию подвижного состава за счёт повышения его производительности, а также использования наёмного транспорта в ситуациях, когда он наиболее эффективен. Требование, которое предъявляет АО «Тандер» - доставка в двухчасовые окна со своевременностью не менее 98%. По данным за 2020 год таких рейсов выполнено 2 100 000.

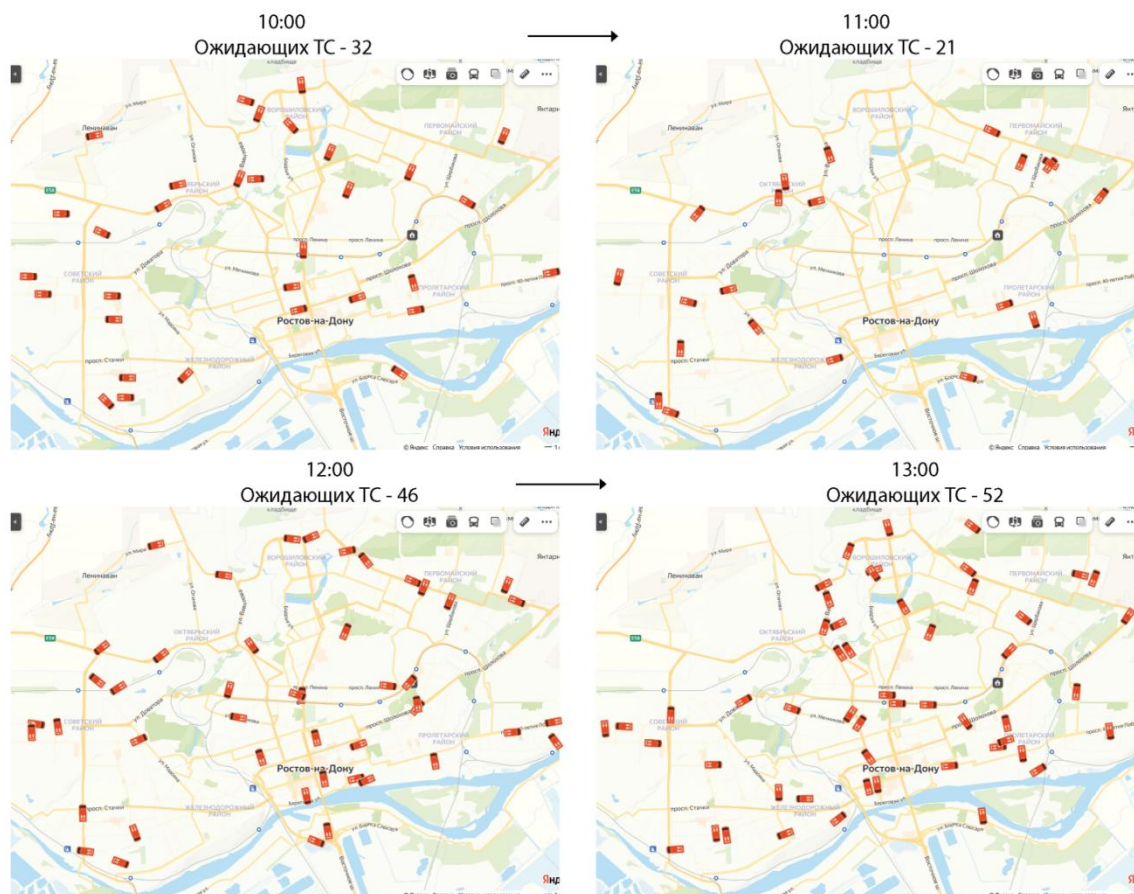


Рисунок 2 - Исходные данные для анализа работы грузового такси Яндекс

Таким образом, рынок мелкопартионных перевозок грузов может значительно увеличиться за счёт привлечения торгово-сетевых компаний. Без их учёта объем рынка малотоннажных перевозок грузов в г. Ростов-на-Дону находится на уровне 3 млрд. рублей ежегодно.

Интенсивно развивающаяся сфера транспортировки грузов в экономике и торговле требует постоянного совершенствования транспортировки товаров на базе их эффективности, надёжности и экономичности именно в условиях высокой конкуренции, которая сложилась на российском рынке. Разработка инновационных грузовых контейнеров с улучшенными функциональными возможностями становится критически важным аспектом для улучшения организационных и производственно-логистических условий.

Одним из направлений развития транспортной отрасли является разработка новых технологий перевозки грузов наряду с совершенствованием критериев маршрутизации.

Исследованы перегрузочные операции и их влияние на эффективность перевозок. Рассматриваются количество заявок на перевозку, выполняемых одним транспортным средством за смену, среднее время выполнения заявок на перевозку, коэффициент использования рабочего времени. Рассмотрена организация складских операций в контексте контейнерных перевозок.

Для определения основных характерных параметров контейнеро-трансформеров был проведён анализ существующих на рынке контейнеров, обладающих возможностью складываться, представленный в таблице 1.

Оценивались габариты, грузоподъемность, тип трансформации и наличие автоматизации процессов.

Таблица 1

Технические характеристики складных контейнеров

Наименование	Габариты, м	Грузоподъемность, тонн	Материал	Тип трансформации	Автоматизация и датчики
4FOLD	12,2x2,4x2,9	26,6	Металл	Вертикальный	Нет
elkoplast	от 2,25x2,2x2,2 до 6x2,2x2,2	до 1,5 при крановой работе, до 3 при работе вилочного погрузчика	Металл	Вертикальный	Нет
COLLAPSECON	12,2x2,4x2,9	25,6	Металл	Горизонтальный	Нет
SmartBoxAirDeck	2,4x2,4x2,4	5	Металл+полимерные материалы	Вертикальный	Есть

Следует отметить, что применение автоматических механизмов трансформации встречается редко, что свидетельствует о преобладании ручных или полуавтоматических систем, отсутствие интегрированных цифровых логистических продуктов, таких как системы GPS-трекинга, датчики уровня заполнения и контроля целостности груза.

Текущее состояние структуры парка контейнеров не соответствует современным рыночным условиям и требует внедрения инновационных подходов для повышения гибкости и адаптивности к организационно-производственным условиям.

Мировая практика мелкопартионных перевозок демонстрирует потенциал снижения транспортных издержек, повышения управляемости цепями поставок и удовлетворённости клиентов. Традиционные ERP-, WMS- и TMS-системы недостаточно адаптивны к динамике рынка, однако внедрение облачных технологий и IoT позволяет формировать более гибкие и интероперабельные логистические решения, включая использование «умных» контейнеров и паллет.

Отмечается экологический и инфраструктурный эффект интеграции грузовых и пассажирских перевозок в условиях роста электронной коммерции. Использование багажных отсеков общественного транспорта обеспечивает доставку «день в день» при минимальных инвестициях и использовании существующей инфраструктуры. Вместе с тем остаются ограничения, связанные с вместимостью и совмещением грузов с пассажирским багажом, что сдерживает масштабирование подобных решений.

Во второй главе на основе анализа статистических данных установлено влияние технологии трансформации контейнеров на технико-эксплуатационные параметры перевозочного процесса с использованием имитационной платформы AnyLogic, учитывающей условия городской среды.

Сравнительный анализ транспортных затрат, в том числе дополнительной стоимости *NPV* и индекс рентабельности *PI* с использованием складываемых и универсальных контейнеров выявил, что, несмотря на более высокую начальную стоимость инновационных изделий, экономическая эффективность складываемых контейнеров значительно возрастает вследствие сокращения обратного порожнего возврата.

$$NPV = -IC + \sum_{t=1}^N \frac{OCF_t}{(1+i)^t} + \frac{\Delta SV}{(1+i)^N} \quad (1)$$

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{OCF_t}{(1+i)^t} + \frac{\Delta SV}{(1+i)^N}}{IC}, \quad (2)$$

где IC — инвестиционный капитал, OCF — годовой денежный поток, ΔSV — приращение ликвидационной стоимости в конце предполагаемого срока эксплуатации N .

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что использование складных контейнеров на автомобильном транспорте может создавать дополнительную стоимость $NPV=+0,264$ млн руб, индекс рентабельности $PI=1,057$. При этом необходимо отметить, что предложенные действия чувствительны к тарифу на перевозку P , дополнительным рейсам ΔQ , объему капитала. В рамках работы системы важно удерживать загрузку на уровне $q_F \geq 3$.

Использование имитационной платформы AnyLogic позволило моделировать различные сценарии работы с контейнерами-трансформерами, варьируя параметры, такие как тип груза, объем перевозок, географическое расположение пунктов назначения и др.

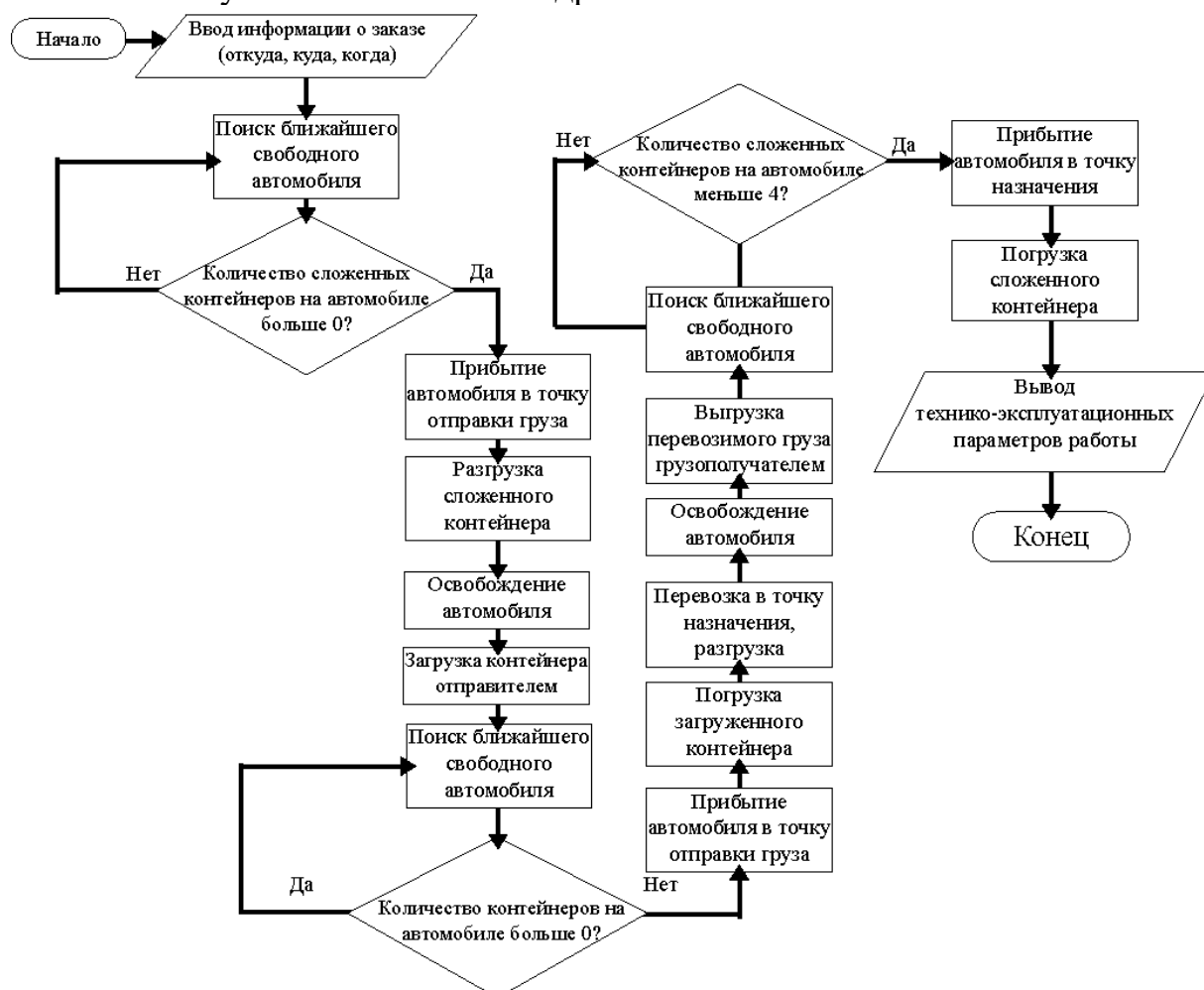


Рисунок 3 - Алгоритм работы системы доставки грузов с использованием контейнеров-трансформеров в городской транспортной среде

Ключевым отличием разработанной модифицированной имитационной модели от существующих способов маршрутизации является комплексный подход к моделированию, учитывающий пространственно-временные аспекты перемещения контейнеров и специфику работы с ними, отраженную в алгоритме на рисунке 3.

По сравнению с транспортной задачей особенностями модели являются: адаптация к городской транспортной сети, возможности одновременной перевозки нескольких контейнеров на одном ТС. Пространственно-временной учёт контейнеров в любой момент служит фактором, повышающим общую цифровизацию анализируемых транспортных систем за счёт интеграции в систему маршрутизации, представленную на рисунке 4.

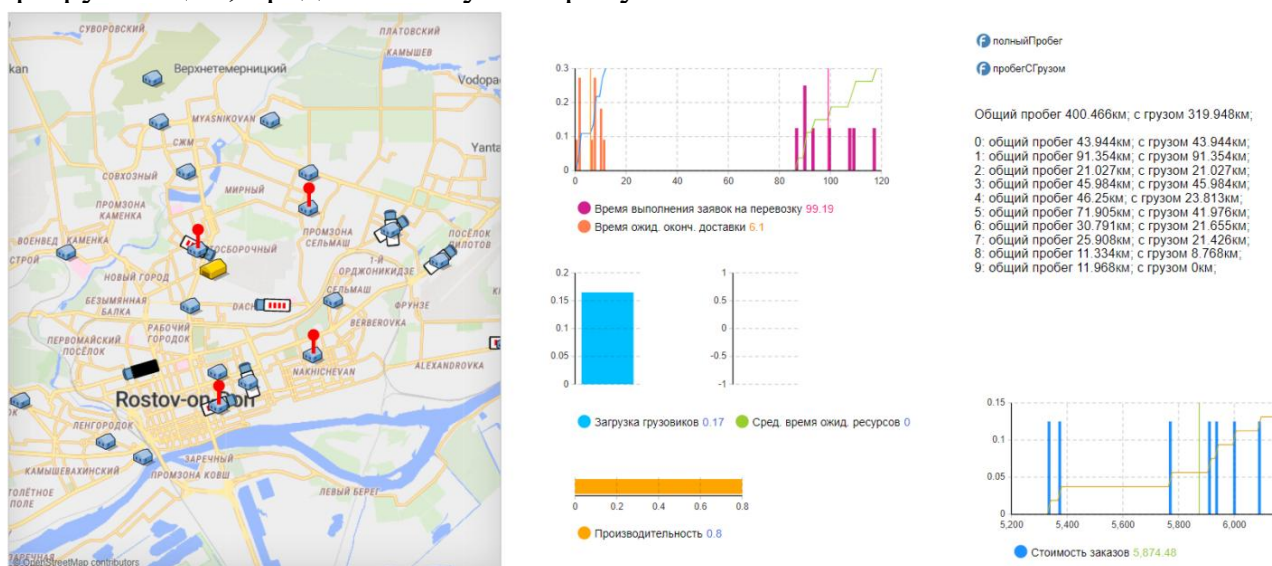


Рисунок 4 - Система маршрутизации контейнеров-трансформеров, учитывающая одновременную перевозку на транспортных средствах нескольких складных контейнеров и количество транспортных средств

Экономический эффект, то есть момент, когда экономия за счёт сокращения затрат на обратный порожний возврат компенсирует более высокую начальную стоимость контейнера-трансформера, достигается при общем расстоянии перевозки контейнера около 17 тыс. км. В межрегиональных и международных перевозках, для городских перевозок это значение ниже вследствие более высокой стоимости километра перевозки.

В контексте данного исследования под эффективностью E понимается комплексная характеристика, учитывающая количество заявок на перевозку грузов, осуществлённых транспортным средством, среднее время выполнения заявки на перевозку и коэффициент использования рабочего времени.

$$E = (\Pi; t_{\text{ср}}; K_{\text{исп.РВ}}), \quad (3)$$

где Π - количество заявок на перевозку, выполняемых одним транспортным средством за смену;

$t_{\text{ср}}$ - среднее время выполнения заявки, мин;

$K_{\text{исп.РВ}}$ - коэффициент использования рабочего времени.

Результаты компьютерного моделирования доставки грузов с использованием контейнеров-трансформеров продемонстрировали значительное повышение эффективности по сравнению со стандартным способом осуществления перевозок. Полученные данные свидетельствуют о существенном улучшении ключевых показателей логистической системы - количества выполненных заявок на перевозку, среднего времени выполнения заявок на перевозку, коэффициента использования транспортных средств, приведённых на рисунках 5-7.

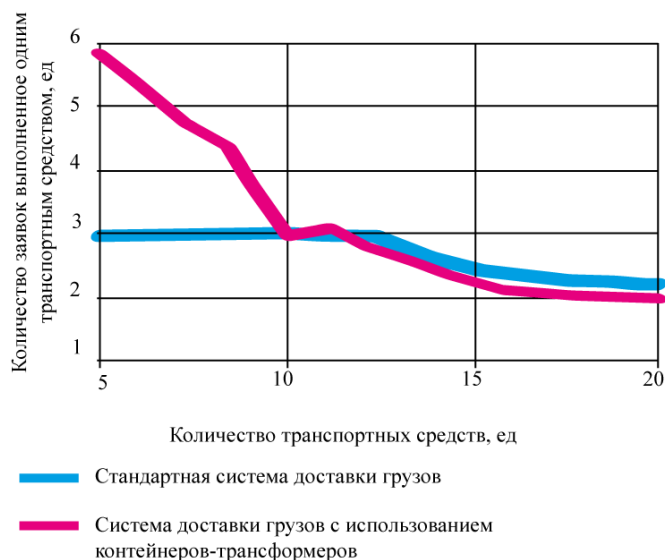


Рисунок 5 - Количество выполненных заявок на перевозку с использованием контейнеров-трансформеров и без контейнеров-трансформеров

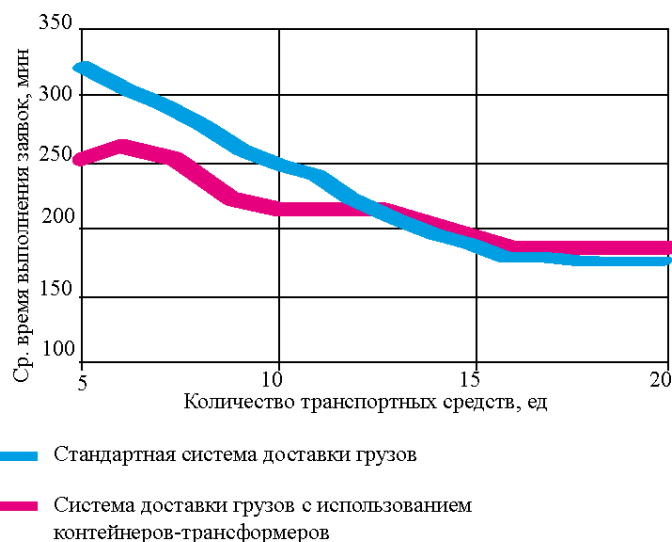


Рисунок 6 - Среднее время выполнения заявок с использованием контейнеров-трансформеров и без контейнеров-трансформеров

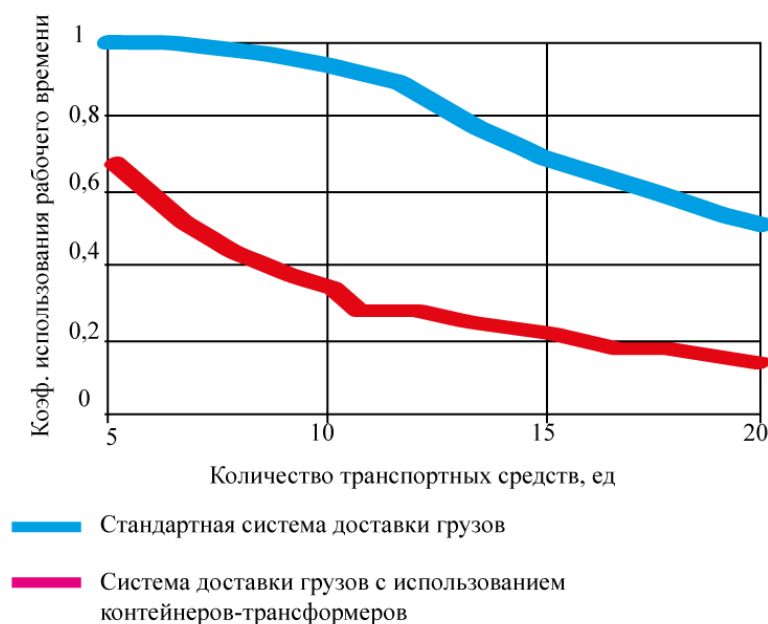


Рисунок 7 - Коэффициент использования рабочего времени с использованием контейнеров-трансформеров и без контейнеров-трансформеров

Количество выполненных заявок на перевозку возросло на 30%. Такой прирост объясняется оптимизацией использования транспортных средств за счёт возможности трансформации контейнеров и, как следствие, уменьшения числа порожних пробегов.

$$П = \frac{Q_3}{n}, \quad (4)$$

где $П$ - количество заявок на перевозку, выполняемых одним транспортным средством за смену, заявок/смена;

Q_3 - общее количество выполненных заявок на перевозку, заявок/смена;

n - общее количество транспортных средств.

Среднее время выполнения заказа сократилось на 8%. Это указывает на ускорение всего логистического процесса, что положительно влияет на удовлетворенность клиентов и оперативность бизнеса. Уменьшение времени связано с оптимизацией маршрутов, обусловленной гибкостью использования контейнеров-трансформеров.

Коэффициент использования рабочего времени увеличился на 50%, то есть транспортные средства задействованы значительно эффективнее, уменьшается количество неиспользуемых пробегов, что ведёт к существенной экономии ресурсов и снижению общих транспортных затрат. Эффективность перевозок напрямую связана с возможностью трансформации контейнеров и рационального использования их объёма как в загруженном, так и в порожнем состоянии.

$$K_{\text{исп РВ}} = \frac{t_p}{t_{\text{л}}}, \quad (5)$$

где $K_{\text{исп РВ}}$ - коэффициент использования рабочего времени;

t_p - время фактической работы транспортного средства, час;

$t_{\text{л}}$ - время нахождения транспортного средства на линии, час.

Результаты моделирования свидетельствуют о том, что контейнеры-трансформеры обладают высоким потенциалом для улучшения эффективности перевозочного процесса в городских перевозках, что позволит снизить логистические издержки и повысить качество обслуживания клиентов.

В третьей главе описаны цифровые мобильные имитаторы системы "контейнер-трансформер - водитель - клиент", предназначенные для проведения испытаний предлагаемой модифицированной имитационной модели в городских перевозках.

Разработанное мобильное приложение для испытаний контейнеров-трансформеров представляет собой современный подход к тестированию модифицированной имитационной модели, позволяющий минимизировать затраты на испытания отказавшись от использования полноразмерных контейнеров.

Мобильное приложение включает три имитатора:

1. Клиента - модуль, моделирующий поведение заказчика, генерируя запросы с указанием типа груза, объёма, точек отправления и назначения.

2. Водителя - модуль имитирует место нахождения автомобильного транспорта, учёт дорожных условий и запросы от клиентов по доставке контейнеров-трансформеров, что позволяет оценить эффективность работы водителя и определить стратегию управления транспортными средствами.

3. Контейнера-трансформера - определяет положение в пространстве и времени в городских перевозках.



Рисунок 8 - Приложение-имитатор

Для более точной имитации процесса перевозок грузов были получены параметры работы с опытным образцом контейнера-трансформера, отражающие время, необходимое для выполнения основных операций, в том числе складывания и раскладывания контейнера-трансформера, время погрузки и выгрузки контейнера из ТС. Для перечисленных параметров определены функции распределения величин. Данные параметры интегрированы в мобильное приложение-имитатор так, что агент логистической системы не может осуществить следующее действие, направленное на выполнение заказа, до истечения времени, определённого в ходе натурных испытаний контейнера-трансформера.

Достоверность модели, на основе которой проводилось моделирование, составила более 90%. Сравнимые характеристики получены в взаимодействии двух групп участников: водители принимали и выполняли заказы, создаваемые клиентами, моделируя реальные процессы доставки грузов с использованием контейнеров-трансформеров в городских перевозках.

На рисунках 9-11 представлено сравнение данных, полученных в ходе имитационного моделирования и эксперимента в реальных условиях.

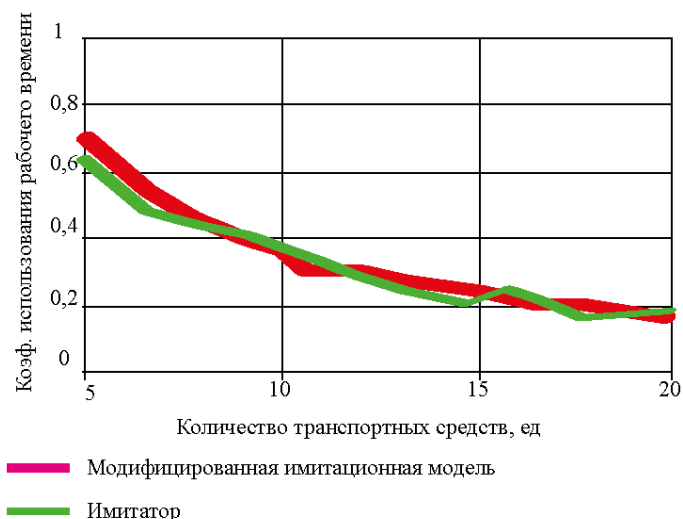


Рисунок 9 - Коэффициент использования рабочего времени с использованием имитатора и модифицированной имитационной модели



Рисунок 10 - Среднее время выполнения заявок в зависимости от количества транспортных средств с использованием имитатора и модифицированной имитационной модели

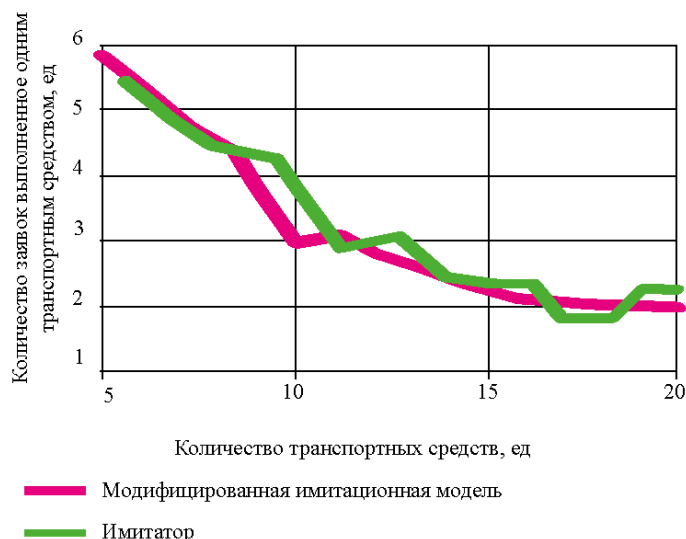


Рисунок 11 - Количество заявок на перевозку, выполняемых одним транспортным средством за смену в зависимости от количества транспортных средств с использованием имитатора и модифицированной имитационной модели

В четвертой главе описан процесс создания макета контейнера-трансформера. Этот макет, предназначенный для демонстрации на выставочных площадках, позволил визуализировать ключевые особенности конструкции, продемонстрировать её функциональность.

На основании макета была разработана конструкция полноразмерного опытного образца контейнера-трансформера. Опытный образец позволил детально изучить технические характеристики: прочность конструкции, эффективность механизмов трансформации, удобство использования, грузоподъемность и др. Испытания опытного образца в реальных условиях позволили доработать

конструкцию и подготовить к приёмочным испытаниям. Фото опытного и выставочного образцов представлено на рисунке 12.



Рисунок 12 - Опытный и выставочный образцы контейнера-трансформера

Разработанный образец контейнера-трансформера обладает типоразмером УУКП-5, является полностью закрытым среднетоннажным контейнером общего назначения, обладает пыленепроницаемостью и водонепроницаемостью. Достигнутая степень защиты груза обеспечивает защиту от физических воздействий, предотвращает повреждения и деформацию груза, даёт герметичность и защиту от влаги, дождя, снега и других атмосферных осадков.

Опытный образец контейнера-трансформера успешно прошёл приёмочные испытания, предусмотренные требованиями ГОСТ 51876. Результаты испытаний подтверждают соответствие образца установленным нормам и техническим условиям. В таблице 2 представлены основные характеристики контейнера-трансформера.

Таблица 2

Основные характеристики опытного образца контейнера-трансформера

Тип контейнера	Специальный
Размеры внешние	длина 2100 мм±5 мм, ширина 2650 мм±7 мм, высота (в раскрытом состоянии) 2591 мм±5 мм, высота (в сложенном состоянии) 640 мм±5 мм, ширина (в сложенном состоянии) 2650 мм±7 мм
Размеры внутренние	длина 1950 мм, ширина 2515 мм, высота 2128 мм
Масса брутто	5 тонн
Масса нетто	800 кг
Внутренний объем контейнера	10,4 м3
Компрессор	давление от 1,5 Бар, производительность от 80 л/мин

В рамках исследования, посвящённого оптимизации в условиях городских перевозок, разработана методика составления транспортно-технологических карт для операций с контейнером-трансформером. Данная методика обеспечивает системный подход к планированию и контролю всех этапов процесса доставки, от погрузки до выгрузки, с учетом характеристик контейнера-трансформера и

ограничений, присущих городской инфраструктуре. Методика включает в себя алгоритмы определения оптимальных маршрутов с использованием цифровых логистических продуктов, моделирование различных сценариев движения, учёт временных затрат на трансформацию контейнера.

В разработанной методике внимание уделяется минимизации времени простоя транспортных средств, оптимизации передвижений в условиях ограниченного пространства городских улиц, а также обеспечению безопасности проведения погрузочно-разгрузочных работ. В качестве инструментария используется модифицированная имитационная модель, что позволяет обеспечить объективность и обоснованность принимаемых решений. Результатом применения разработанной методики является создание детальных транспортно-технологических карт, содержащих последовательность технологических операций, расчёт необходимого количества транспортных средств и персонала, определение временных параметров каждой операции и оценку общей эффективности процесса перевозки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований позволяют сделать основные выводы:

1. Анализ технологических процессов погрузочно-разгрузочных, транспортных, перегрузочных и складских операций подтвердил необходимость разработки контейнера-трансформера, позволяющего повысить эффективность использования пространства на транспортных средствах до 4 раз.

2. Создана методика организации городских перевозок с использованием контейнера-трансформера, основанный на IT-технологиях и учитывающий одновременную перевозку на транспортных средствах нескольких складных контейнеров, что позволяет повысить количество заявок на перевозку, выполняемых одним транспортным средством за смену на 30% и коэффициент использования рабочего времени на 20%, уменьшить на 8% время выполнения заявок на перевозку.

3. Разработана конструкция опытного образца контейнера-трансформера, прошедшая производственные испытания, предусмотренные ГОСТ 51876, в том числе штабелирование в 3 яруса, подъём за рымные узлы, подъём вилами погрузчика, нагружение торцевой и боковой стенок, нагружение крыши, нагружение пола и основания, установка на три опоры, проверка водонепроницаемости закрытого контейнера, проверка работоспособности запорных устройств.

4. Разработано мобильное приложение для клиента, перевозчика и контейнера-трансформера, подтвердившее работоспособность модифицированной имитационной модели процессов погрузки-разгрузки, транспортировки, перегрузки и складирования в рамках продукта интернета вещей для городских перевозок и проведено тестирование, показавшее достоверность результатов на уровне более 90%.

5. Разработана методика составления транспортно-технологической карты, учитывающая координаты контейнера-трансформера и транспортных средств,

количество свободных мест на транспортном средстве, технологию мобильного склада, транспортную сеть города, принятая к использованию на предприятии.

Рекомендации и перспективы дальнейших исследований по теме. На основе проведённых в данной диссертационной работе теоретических и практических исследований возможно дальнейшее исследование особенностей процессов доставки грузов с помощью контейнеров-трансформеров в контексте технологических решений, логистических схем, повышающих эффективность системы и уменьшающих время доставки контейнеров.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Анализ рынка малотоннажных автомобильных перевозок на примере Г. Санкт-Петербурга / А. А. Короткий, И. В. Юргин // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. - 2023. - № 2. - С. 60-64. - DOI 10.36535/0236-1914-2023-02-10.

2. Анализ технологических процессов погрузочно-разгрузочных, транспортных, перегрузочных и складских операций на основе контейнерных перевозок / И. В. Юргин, В. С. Исаков // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. - 2024. - № 3. - С. 237-248.

3. Использование контейнеров-трансформеров и караванного движения в мегаполисах - путь к улучшению экологии окружающей среды / А. А. Короткий, Н.Н.Николаев, Г. А. Гальченко, И. В. Юргин // Безопасность техногенных и природных систем. - 2021. - № 2. - С. 33-42. -DOI 10.23947/2541-9129-2021-2-33-42.

4. Использование программы ANYLOGIC для моделирования процессов с использованием контейнеров-трансформеров / И. В. Юргин // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. - 2024. - № 2. - С. 140-149. - DOI 10.22281/2413-9920-2024-10-02-140-149

5. О подходе к оценке достоверности имитационной модели доставки грузов с использованием контейнеров-трансформеров / И. В. Юргин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1(97). – С. 112-120. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_1_112.

6. Организация станций контейнеров при разработке системы шеринга контейнеров / И. В. Юргин, А. А. Короткий // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. - 2023. - № 2. - С. 34-39. - DOI 10.36535/0236-1914-2023-02-6.

7. Применение мультиагентного моделирования доставки грузов с использованием контейнеров-трансформеров / И. В. Юргин, А. А. Короткий // Мир транспорта и технологических машин. - 2021. - № 3(74). - С. 115-122. - DOI 10.33979/2073-7432-2021-74-3-115-122.

Патенты и свидетельства на программу для ЭВМ по теме диссертации:

8. Патент № 2788837 С1 Российская Федерация, МПК В65D 88/52, В65D 90/48. Контейнер-трансформер: № 2022122502: заявл. 19.08.2022: опубл. 24.01.2023 / А. А. Короткий, А. В. Панфилов, Э. А. Панфилова, И. В. Юргин; заявитель Общество с ограниченной ответственностью Инженерно-консультационный центр "Мысль" Новочеркасского государственного технического университета.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024618471 Российская Федерация. Программа по автоматическому определению технико-эксплуатационных характеристик системы доставки грузов с использованием контейнеров-трансформеров: № 2024616734: заявл. 02.04.2024: опубл. 12.04.2024 / А. А.

Короткий, И. В. Юргин; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Инженерно-консультационный центр «Мысль» Новочеркасского государственного технического университета.

Публикации в журналах и научных сборниках:

10. Технология контейнер-трансформер / А. А. Короткий, И. В. Юргин, А.П.Шерстюк // Молодежная инициатива - 2020: Материалы Городской научно-практической конференции с международным участием, Ростов-на-Дону, 04 декабря 2020 года. - Ростов-на-Дону: Южно-Российский институт управления - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (ЮРИУФ РАНХиГС), 2020. - С. 48-49с.

11. Использование технологии контейнера-трансформера в урбанизированной среде / И. В. Юргин, Э. А. Панфилова, А. А. Поляков, Л.А.Терновской // Транспорт и логистика: Развитие в условиях глобальных изменений потоков: Сборник научных трудов VII международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 01-02 февраля 2023 года. - Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. - С. 448-451.

Личный вклад соискателя. Основные положения и результаты исследований получены автором самостоятельно. Статьи [4,5] опубликованы единолично. Получен грант ФСИ «Разработка системы шеринга контейнеров на основе технологии контейнера-трансформера». Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве, - определение подхода к изучению сложных систем в городской среде [11], описание архитектуры аппаратно-программного комплекса [10], подход к определению объёмов рынка городских перевозок грузов на основе открытых данных [1], обобщение результатов анализа технологических процессов в перевозках [2], создание алгоритма использования контейнеров-трансформеров в городских перевозках [3], создание имитационной модели грузовых перевозок с использованием контейнера-трансформера [7], модификация разработанной модели для учёта особенностей эксплуатации контейнера-трансформера [6].

Юргин Иван Владимирович

**РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГОРОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТЕЙНЕРОВ-ТРАНСФОРМЕРОВ**

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук

Подписано в печать _____. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Ризография. Усл. печ. л. 1,5 Тираж 100 экз. Заказ № ____

Типография Донского государственного технического университета

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1