

На правах рукописи



**КОМКОВА ДАРЬЯ АНДРЕЕВНА**

**ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Специальность: 2.9.1. — Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва – 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» на кафедре «Логистика».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
**Ефименко Дмитрий Борисович**  
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»,  
заведующий кафедрой «Правовое и таможенное регулирование на транспорте»

Официальные оппоненты: **Ларин Олег Николаевич**  
доктор технических наук, профессор  
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», профессор  
кафедры «Цифровые технологии управления транспортными процессами»

**Домнина Ольга Леонидовна**  
кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта», доцент кафедры «Логистика и маркетинг»

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет» (ФГБОУ ВО «ТвГУ»)**

Защита диссертации состоится «13» марта 2025 г. в 11:00 часов на заседании объединенного диссертационного совета 99.2.114.02 на базе ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» и ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) по адресу: 125319, г. Москва, Ленинградский пр., 64, ауд. 42.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», в фундаментальной библиотеке ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) и на официальном сайте: (<https://www.madi.ru/>), (<https://www.mstuca.ru/>)

Автореферат разослан «\_\_» января 2025 г.

Отзыв на автореферат, заверенный печатью организации, направлять в диссертационный совет по адресу: 125319, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, зал заседаний Ученого совета, ауд.42.

Тел.:8(499)346-01-68 доб. 1324

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат технических наук, доцент



Мельникова Татьяна Евгеньевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Современный этап развития транспортно-логистических систем в России характеризуется увеличением объема товаропотоков, развитием ретейла и электронной коммерции. Организация процессов транспортно-логистической системы в настоящее время требует принятия на разных уровнях согласованных и взаимосвязанных решений, направленных на обеспечение доставки товаров потребителям, что позволяет определять и классифицировать её как транспортно-технологическую систему, обслуживающую логистические процессы.

Торговые сети стремятся улучшить уровень обслуживания и качество товаров для конечных потребителей. Чтобы эффективно удовлетворять спрос, транспортно-технологическая система, обслуживающая логистические процессы торговой сети должна быть гибкой и способной обеспечивать высокое качество обслуживания, а организация ее процессов — способной к динамической адаптации.

В настоящее время в России, из-за конфликтов между крупными ретейлерами и компаниями-производителями в цепи поставок усиливаются противоречия, связанные с обеспечением гибкости в условиях ужесточения со стороны ретейлеров правил и требований по схемам доставки продукции, которые могут быть невыгодными или даже убыточными для производителей. Снижение минимальной партии заказа приводит к проблемам с отправкой продукции в мелких партиях. Это подчеркивает важность организации процессов доставки заказов торговым сетям. В современных условиях эффективная работа транспортно-технологической системы торговой сети, может быть обеспечена за счет использования мультиагентных технологий при организации логистических процессов.

Во многом, сложившаяся ситуация обусловлена отсутствием научно-методических подходов к формированию материальных и информационных потоков в рамках организации процессов транспортно-технологической системы, обслуживающей торговую сеть в современных условиях. В связи с чем исследования, связанные с обеспечением действенных инструментов повышения эксплуатационной эффективности транспортно-технологической системы торговой сети, являются актуальными.

**Степень разработанности темы исследования.** Проблемам разработки методов и моделей организации работы транспортной системы, управлению автомобильными перевозками, их практическому использованию хозяйствующими субъектами, посвящен ряд работ российских авторов: Беляева В.М., Власова В.М., Герами В.Д., Гудкова В.А, Демина В.А., Зырянова В.В., Курганова В.М., Лукинскогo В.С., Миротина Л.Б., Ларина О.Н., Некрасова А.Г., Трофименко Ю.В., Трофимова Б.С., Чеботаева А.А. и др.

**Целью диссертационной работы** является повышение эффективности работы транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети, с использованием мультиагентных технологий.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие **задачи:**

1. Провести обзор состояния современных транспортно-технологических систем с позиции обслуживания логистических процессов торговой сети.

2. Определить структуру и характеристики транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети.

3. Обосновать методику организации транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети при доставке товаров, с использованием мультиагентной технологии.

4. Разработать математическую модель реализации мультиагентной технологии в транспортно-технологической системе, обслуживающей логистические процессы торговой сети.

5. Разработать математическую модель организации транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети, при использовании мультиагентной технологии.

6. Провести экспериментальные исследования для оценки разработанных методов и моделей с оценкой результатов по изменению параметров загрузки транспортных средств и логистических терминалов.

7. Разработать рекомендации по практическому применению предложенных методов и моделей, с учетом оценки эффективности внедрения мультиагентной технологии.

**Объектом исследования** являются участники транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети – логистические терминалы, производственные компании, торговые сети, транспортные средства.

**Предметом исследования** является взаимодействие между участниками транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети.

**Положения научной новизны, выносимые на защиту,** заключаются в следующем:

1. Методика организации транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети при доставке товаров, с использованием мультиагентной технологии.

2. Математическая модель реализации мультиагентной технологии в транспортно-технологической системе, обслуживающей логистические процессы торговой сети.

3. Математическая модель организации транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети, при использовании мультиагентной технологии.

**Практическая значимость** диссертационного исследования:

1. Разработка практических рекомендаций по внедрению мультиагентных технологий в процессы организации доставки продукции торговым сетям.

2. Разработка рекомендаций по расчету основных показателей, характеризующих эффективность внедрения цифрового инструмента в логистические процессы транспортно-технологической системы торговой сети.

**Соответствие диссертационной работы паспорту специальности.**

Выполненные исследования соответствуют паспорту научной специальности 2.9.1. – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте, пунктам: 1. Транспортные системы и сети страны, их структура, комплексное развитие; 8. Организация и технологии транспортного производства. Цифровизация на транспорте.

**Личный вклад автора.** Основные идеи, положенные в основу методики организации транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети, а также разработанные рекомендации

по оценке эффективности внедрения мультиагентной технологии в систему, на основе использования показателей полноты поставки и скорости доставки.

**Степень достоверности** обеспечена математическим аппаратом, подкрепленным теоретическими основами статистических методов обработки данных при исследовании рассматриваемой транспортно-технологической системы, а также применением методов имитационного моделирования с достаточным количеством проведенных экспериментов.

**Апробация результатов работы.** Основные научные положения диссертационной работы обсуждены на научно-практических конференциях: 2nd International Scientific and Practical Conference “Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth”(MTDE 2020); 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, Conference Proceedings, 2021; 2022 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex, TIRVED 2022 - Conference Proceedings, 2022; 80-я Международная научно-методическая и научно-исследовательская конференция (МАДИ), 24 января – 28 января 2022 года (г. Москва); 81-я Международная научно-методическая и научно-исследовательская конференция (МАДИ), 30 января – 3 февраля 2023 года (г. Москва). 82-я Международная научно-методическая и научно-исследовательская конференция (МАДИ), 29 января – 2 февраля 2024 года (г. Москва).

**Реализация результатов работы.** Результаты исследования внедрены в рабочие процессы предприятий ООО «РЦ», ООО «Координационный совет по логистике», а также используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)».

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 10 работ. Из них 4 работы в рецензируемых изданиях из перечня, размещенного на официальном сайте ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 3 работы в изданиях, индексируемых в международной базе научного цитирования Scopus и Web of Science, 3 работы в других изданиях.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав с изложением результатов теоретических и экспериментальных исследований, заключения, выводов и заключения по работе,

библиографического списка из 131 наименований. Объем основного содержания диссертации составляет 142 страницы, включая 27 рисунков, 9 таблиц.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** раскрывается тема исследования, обосновывается её выбор, актуальность и необходимость разработки методики, позволяющей выбирать эффективный вариант организации доставки товара торговым сетям, используя мультиагентные технологии.

**В первой главе** формируется и обосновывается необходимость исследования методов организации транспортных и логистических процессов торговой сети. Обзор современного состояния транспортно-логистических систем подтверждает необходимость координации всех ее участников, а также качественного информационного обмена. При организации доставки товаров торговая сеть вынуждена работать с техническими, технологическими, экономическими и организационными решениями, что позволяет определить обслуживающую её систему, как «транспортно-технологическую систему».

Определены факторы, повышающие нагрузку на систему и провоцирующие проблемы в ее организации. К таким факторам можно отнести постоянное повышение требований к уровню клиентского сервиса, изменение потребительских предпочтений в части качественных характеристик продукции, необходимость оперативного информирования всех участников транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети, об изменениях фактического плана, совместное планирование процессов и операций для получения большего синергетического эффекта.

Анализ открытых источников, аналитических отчетов, положений транспортной стратегии Российской Федерации показывает наличие проблем в транспортно-технологических системах, обслуживающих логистические процессы торговых сетей, связанных с возрастающей нагрузкой и дефицитом кадров (рисунок 1).

Дополнительным фактором, при анализе состояния системы является постоянный рост розничной торговли и электронной коммерции, который подтверждается данными статистики Росстата, а также возрастающему спросу на складские объекты (рисунок 2).

Анализ существующих методов организации транспортно-технологической системы показал, что многие из них содержат существенные недостатки, затрудняющие использование данных подходов в современных условиях. В частности, многие авторы используют только один параметр: специфика груза, время и др.

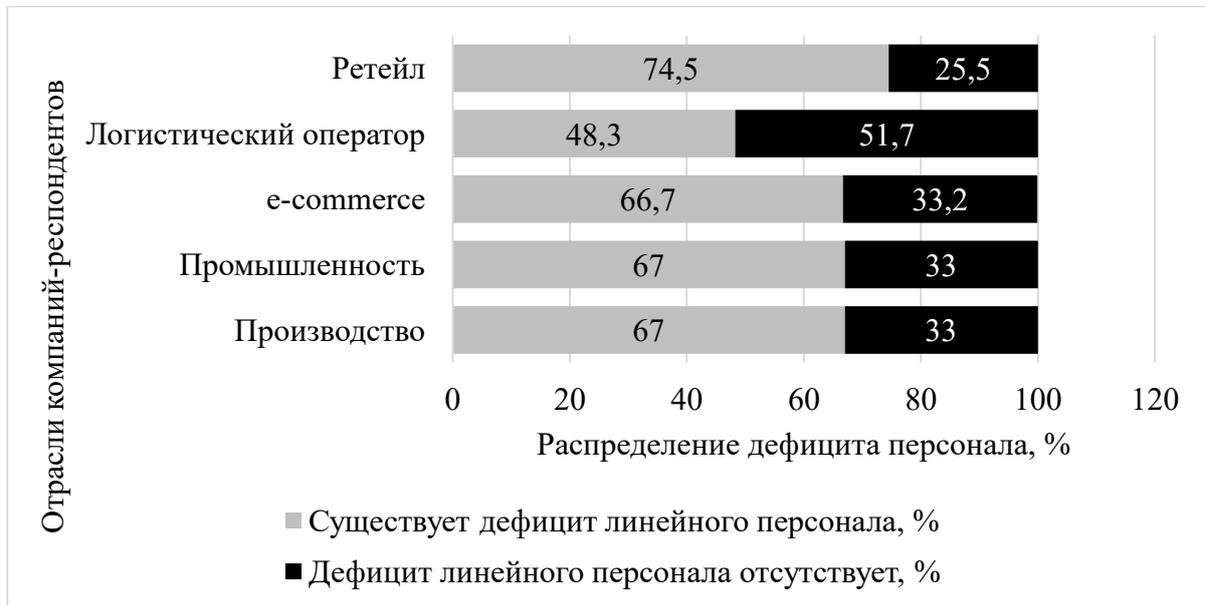


Рисунок 1 – Наличие дефицита линейного персонала по отраслям, %

Однако, для решения выявленных ранее проблем необходимо учитывать множество параметров и проводить многофакторный анализ при организации процессов в транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети.

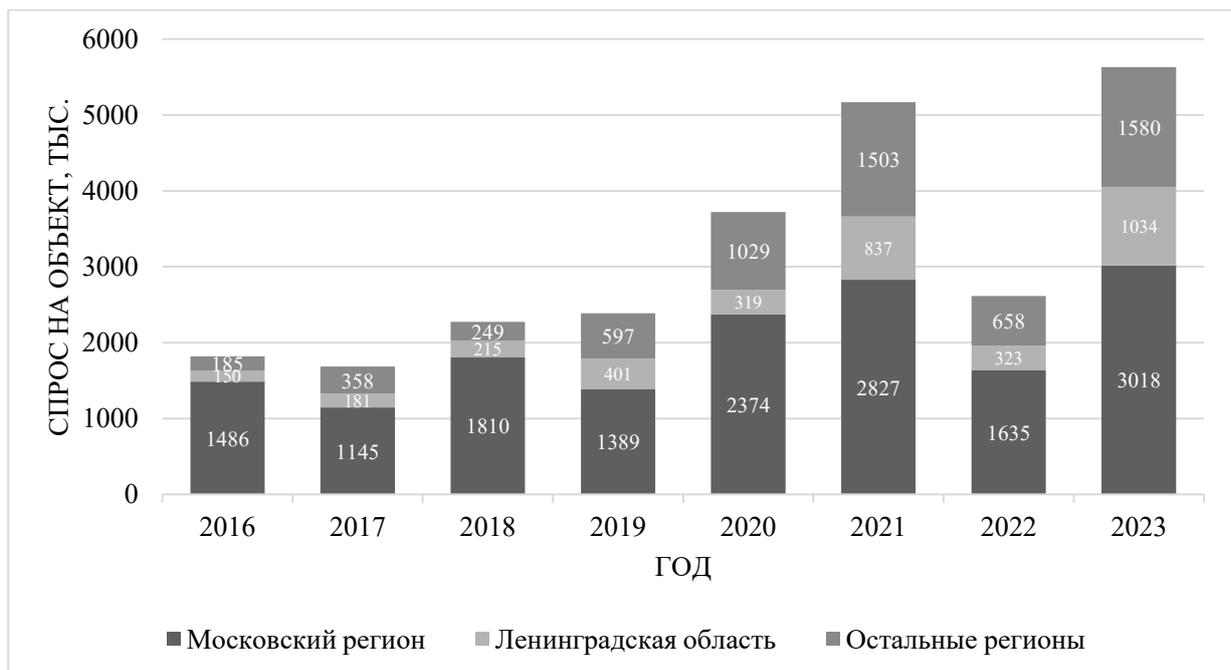


Рисунок 2 – Спрос на рынке складской недвижимости с 2016-2023 год

В связи с этим требуется разработка научных и методических подходов к организации транспортно-технологических систем, обслуживающих логистические процессы торговой сети, что позволит обеспечить совместную эффективную работу участников систем, повышая, тем самым, уровень сервиса, а также снижая общие затраты на доставку товаров.

**Во второй главе,** для реализации цели исследования, теоретически обоснованы параметры материальных и информационных потоков при организации взаимодействия всех участников транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы. Структура транспортно-технологической системы, при использовании мультиагентных технологий представлена на рисунке 3. Для реализации мультиагентной технологии был разработан и формализован перечень событий, запускающих программные модули информационного обеспечения торговой сети.

Разработанная методика организации транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети при доставке товаров, с использованием мультиагентной технологии, предполагает декомпозицию на подзадачи (блоки) и решение каждой из них. Для целей организации транспортно-технологической системы торговой сети были разработаны блоки, структура которых представлена на рисунке 4.

Блоки 1-3.1 (рисунок 4) имеют аналитический характер и находят решение комбинаторным методом, учитывающим параметры формирования заказа (вес и объем, тип груза, срок выполнения), а также выбор транспортного средства и логистического терминала.

Блоки 3.2 и 3.3 (рисунок 4) взаимосвязаны друг с другом: блок 3.2 формирует варианты логистических терминалов, соответствующих предыдущим блокам, а также учитывает наличие дополнительных параметров. В свою очередь блок 3.3 анализирует ретроспективные данные и сезонность, используя модель Хольта-Винтерса, для определения загрузки и среднего времени грузообработки на логистическом терминале.

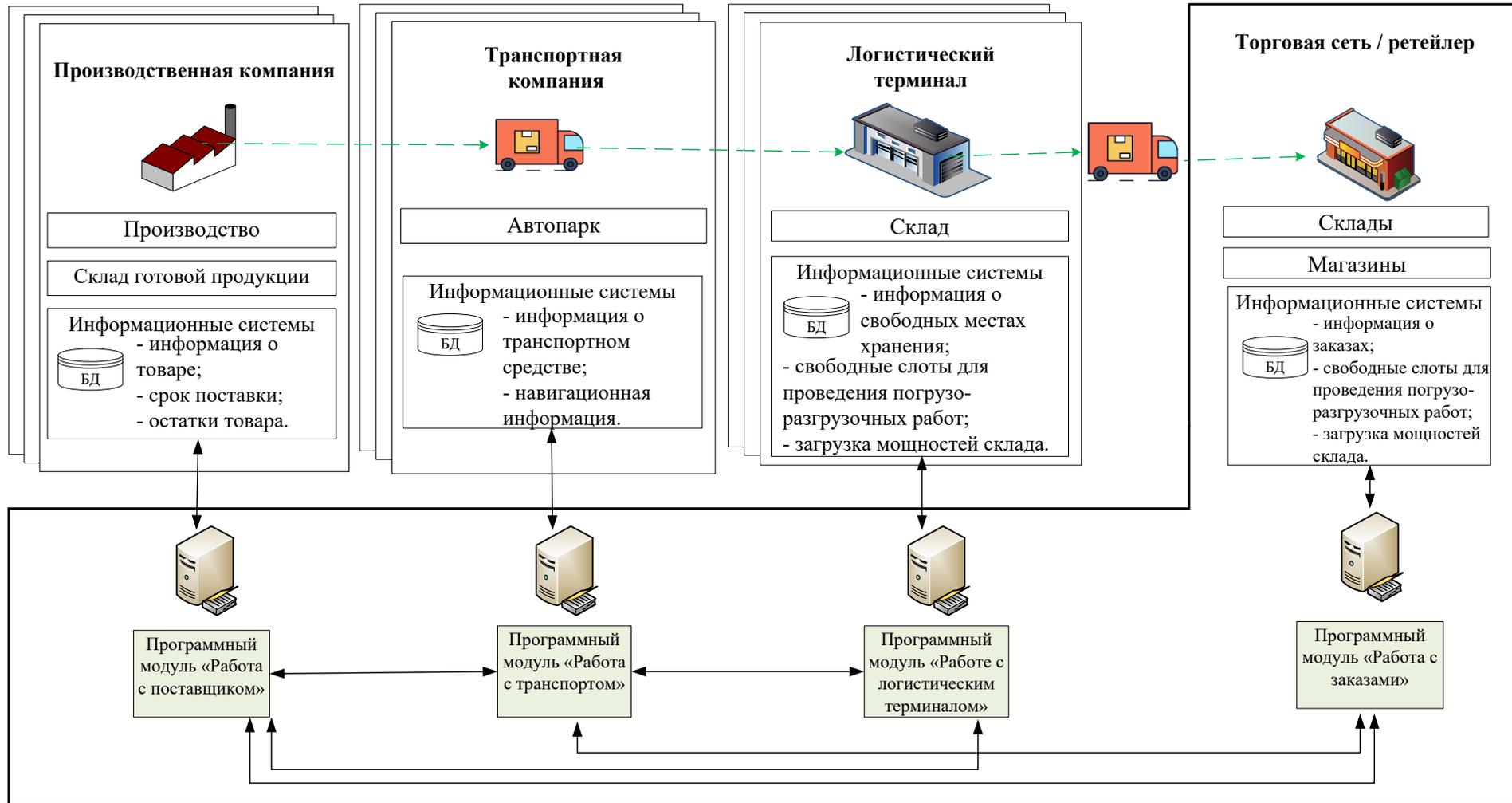


Рисунок 3 – Структура транспортно-технологической системы торговой сети при использовании мультиагентных технологий



Рисунок 4 – Блоки задач, решаемых мультиагентной системой

Время грузообработки на логистическом терминале:

$$t_T = t_{ПРР} + t_p + \max t(t_{ож.загр}; t_{ож.ТС}) + t_3, \quad (1)$$

где,  $t_{ПРР}$  – время постановки ТС на пост погрузо-разгрузочных работ, включая время ожидания в очереди, проверки данных ТС и водителя, маневрирования на территории предприятия и постановки на пост (мин),

$t_p$  – время разгрузки ТС (мин),

$t_{ож.загр}$  – время ожидания полной загрузки ТС для отправки потребителю (мин),

$t_{ож.ТС}$  – время ожидания прибытия ТС под загрузку, (мин),

$t_3$  – время загрузки ТС, (мин).

В блоке 4 (рисунок 4) решается задача маршрутизации и выбора логистического терминала (ЛТ) и маршрута.

Целевую функцию в математической модели реализации мультиагентной технологии в транспортно-технологической системе, обслуживающей

логистические процессы торговой сети можно сформулировать следующим образом:

$$\sum_{i,j \in A} T_{i,j} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где,  $T$  – время доставки (ч),

$x_{ij}$  – количество груза к доставке (т) от  $i$ -го грузоотправителя  $j$ -му грузополучателю.

При формулировании задачи также необходимо учитывать следующие ограничения:

$$\sum_{j \in N \cup \{d\}} x_{ij} = 1, \quad \forall i \in N \quad \text{– ограничение на то, чтобы товар покинул}$$

каждого грузоотправителя только один раз;

$$\sum_{j \in N} x_{0,j} = 1 \quad \text{– ограничение на грузоотправителя, как начальную точку}$$

маршрута;

$$\sum_{i \in N} x_{i,d} = 1 \quad \text{– ограничение на использование грузоотправителя, как}$$

конечную точку маршрута;

$$\sum_{i \in N \cup \{0\}} x_{ij} - \sum_{i \in N \cup \{d\}} x_{ij} = 0, \quad \forall j \in N \quad \text{– ограничение,}$$

показывающее, что транспортное средство может покинуть грузоотправителя / грузополучателя, только если он прибыл в эту точку;

$$x_{ij} (t_i + D_{ij} - t_j) \leq 0, \quad \forall (i, j) \in A \quad \text{– если автомобиль движется из точек}$$

$x_i$  в  $x_j$ , то время прибытия автомобиля в  $i$  не может быть меньше суммы времени прибытия автомобиля в пункт  $t_i$  и времени движения автомобиля  $t_{ij}$ ;

$$a_i \leq t_i \leq b_i, \quad \forall i \in V \quad \text{– ограничение, обеспечивающее возможность}$$

построения графика маршрутов с учетом временных окон;

$$x_{ij} \geq 0, \quad x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall (i, j) \in A \quad \text{– условие неотрицательности и}$$

целочисленности.

Интегральный показатель оценки эффективности работы оценивается как минимум общих расходов на доставку продукции. В связи с этим математическая модель организации транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети, при мультиагентной технологии будет иметь следующий вид:

$$Z = \sum (aC_{mp} + C_m) \times x_{ij} \longrightarrow \min, \quad (3)$$

где,  $Z$  – сумма общих расходов на доставку продукции (руб.),

$C_{тр}$  – расходы по фрахту транспортных средств (руб.),

$C_t$  – расходы на хранение и/или грузообработку на терминале (руб.),

$x_{ij}$  – количество груза к доставке от  $i$ -го грузоотправителя  $j$ -му грузополучателю (т),

$a$  – коэффициент колебания цен.

Данная целевая функция справедлива при соблюдении следующих ограничений:

1. Объем заказа  $i$ -го поставщика  $j$ -му потребителю ( $x_{ij}$ ) не должен превышать свободную мощность логистического терминала ( $M_{ci}$ ):

$$\sum x_{ij} \leq M_{ci}, \quad (4)$$

1. Объем заказа от  $i$ -го поставщика  $j$ -му потребителю ( $x_{ij}$ ), не должны превышать возможности ТС ( $R$ ):

$$R \in 1; \sum x_{ij} \geq 1, \quad (5)$$

2. Объем заказа от  $i$ -го поставщика  $j$ -му потребителю ( $x_{ij}$ ) не должен быть отрицательным:

$$x_{ij} > 0, \quad (6)$$

Согласно результатам теоретического исследования, частичная загрузка ТС, реализуемая посредством технологии пулинга сокращает расходы на транспорт в системе. Дополнительный параметр выбора подходящего логистического терминала по характеристикам, формализованным в математической модели позволит снизить добавленную стоимость товара, а также повысит уровень клиентского сервиса (удовлетворенности клиента), что положительно скажется на укреплении позиций торговой сети на рынке.

**В третьей главе** проведен анализ и сформированы данные для проведения экспериментальных исследований. В качестве объекта эксперимента была выбрана торговая сеть, которая включает более двухсот магазинов и распределительных центров. Сеть является дискаунтером, поэтому имеет высокие требования к сокращению добавленной стоимости, чтобы удовлетворить потребности своих клиентов.

Для расчета коэффициента загрузки транспортного средства (ТС) в эксперименте было принято, что груз доставляется транспортными средствами грузоподъемностью 20 тонн (рисунок 5).

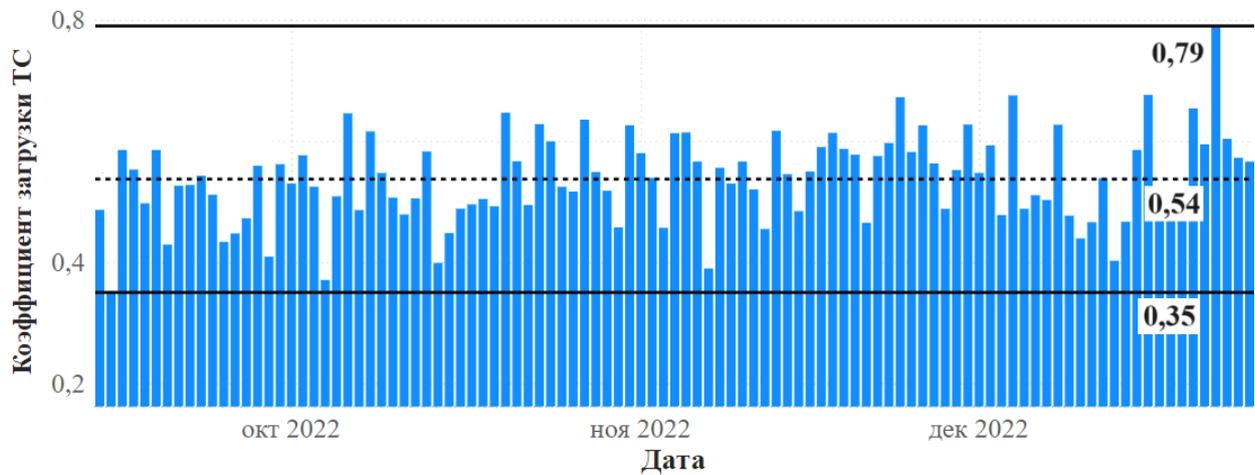


Рисунок 5 – Загрузка ТС по заказам

Однако, при использовании технологии пулинга, за счет консолидации заказов, увеличиваются показатели загрузки транспортных средств. На рисунке 6 представлена статистика при загрузке ТС в случае консолидации заказов на логистических центрах. Как видно, минимальная загрузка ТС возрастает до 51%, а максимальная до 94%. Средняя загрузка ТС возрастает с 54% до 83%.

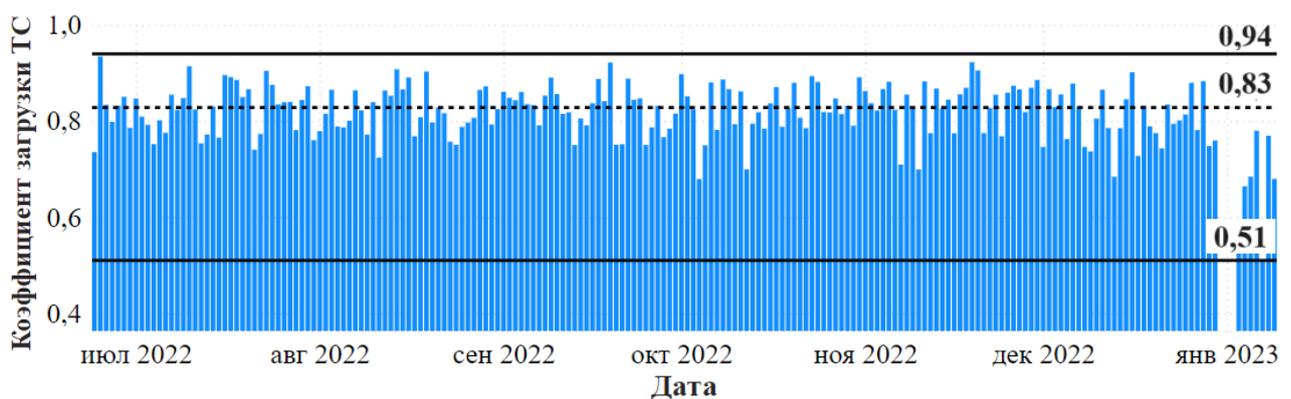


Рисунок 6 – Коэффициент загрузки ТС с применением мультиагентных технологий

Рассматривая нагрузку на логистические терминалы, стоит отметить, что перераспределение потоков происходит только при наличии альтернативных логистических терминалов. На рисунках 7 и 8 представлены данные по

изменению времени грузообработки. Показано, что время на ЛТ 1 снизилось в среднем на 20%, а на ЛТ 2 выросло, что позволяет перераспределить нагрузку на складские объекты, для более быстрого и эффективного выполнения операций и, как следствие – доставки продукции до клиента.



Рисунок 7 – Время грузообработки заказа на ЛТ 1



Рисунок 8 – Время грузообработки заказа на ЛТ 2

По результатам экспериментальных исследований сделаны выводы о целесообразности использования мультиагентной технологии в транспортно-технологических системах, обслуживающих логистические процессы торговой сети. Благодаря данной комбинации технологий достигается повышение

коэффициента загрузки ТС, которое снижает тариф на перевозку, а также происходит перераспределение нагрузки на ЛТ, что позволяет сокращать время исполнения заказа, повышая удовлетворенность клиентов

**В четвёртой главе** разработаны рекомендации по практической реализации и внедрению мультиагентных технологий в транспортно-технологическую систему, обслуживающую логистические процессы торговой сети. В главе представлены технологические карты процессов, которые совершают компьютерные агенты внутри системы.

На рисунке 9 представлена общая схема организация работы компьютерных агентов в нотации BPMN 2.0., которая является методом составления блок-схем, отображающим этапы выполнения процесса от начала до конца. Информационное сопровождение и управление представленными процессами осуществляется внутренними системами компаний, с которыми необходима интеграция агентов.

Этапы эффективной интеграции представлены на рисунке 10, где отражена последовательность разработки и внедрения мультиагентных технологий в процессы конкретной сети. В технологии представлены 4 основных этапа, успешное прохождение каждого из которых способствует получению более высоких результатов использования технологии.

В рамках 4 главы диссертационного исследования разработаны рекомендации по оценке эффективности внедрения мультиагентной технологии в систему, на основе использования показателей полноты поставки и скорости доставки, а также упущенной прибыли.

Показатель эффективности DIF (Delivered In Full) оценивает полноту поставки по сформированному заказу от покупателя:

$$DIF = \frac{Q_{\text{прин}}}{Q_{\text{зак}}}, \quad (7)$$

где,  $Q_{\text{прин}}$  – количество принятых позиций в заказе, шт.;

$Q_{\text{зак}}$  – количество заказанных позиций, шт.

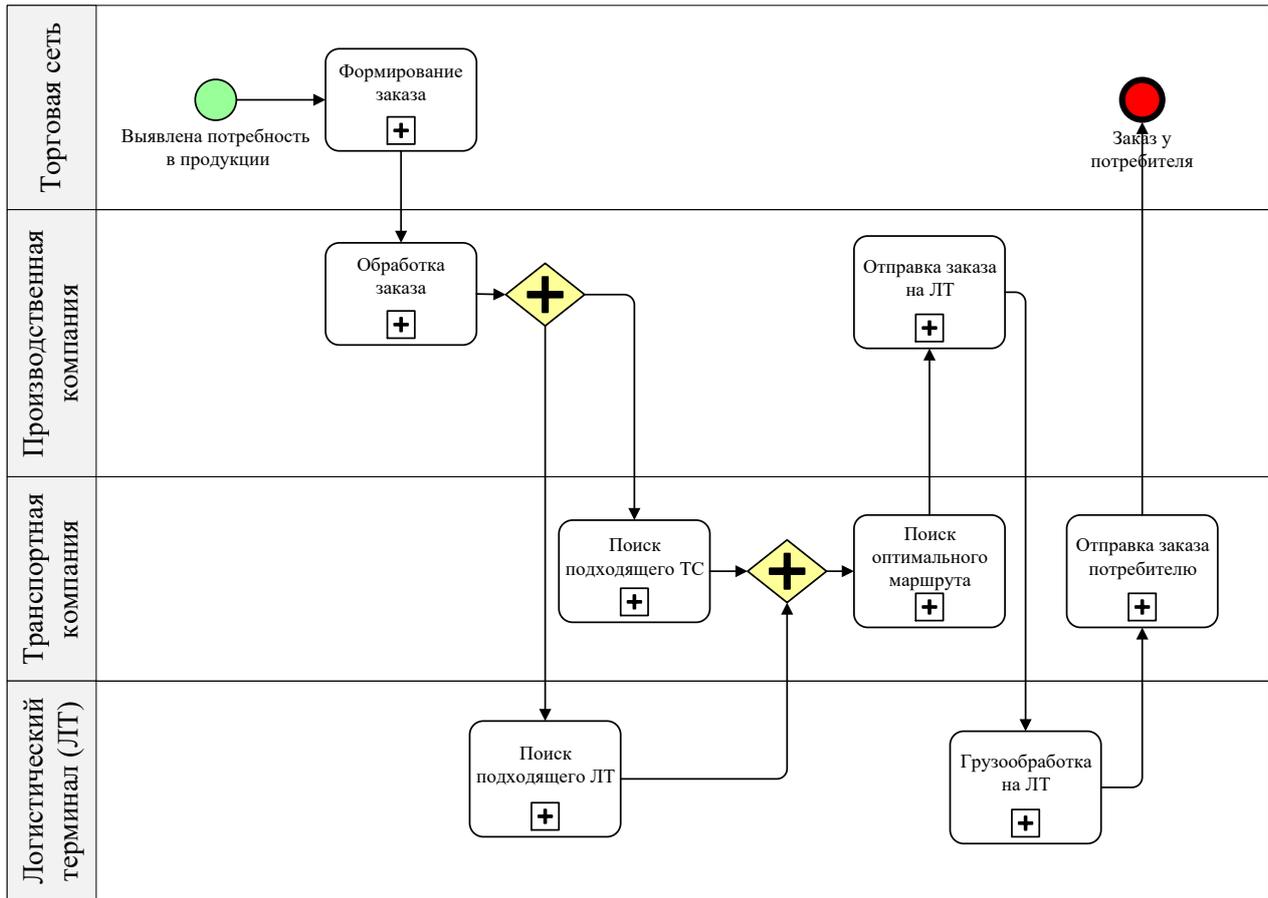


Рисунок 9 – Общая схема взаимодействия внутри системы

Показатель скорость доставки (ОТ – on time) оценивает своевременность доставки заказа:

$$ОТ = \frac{Q_{\text{во время}}}{Q_{\text{дост}}}, \quad (8)$$

где,  $Q_{\text{во время}}$  – количество заказов доставленных во время, шт.;

$Q_{\text{дост}}$  – количество доставленных и принятых заказов, шт.

Дополнительно, показателем оценки эффективности внедрения МАС в организации может быть показатель упущенной выгоды от недопоставок продукции:

$$P_{\text{пот}} = t_{\text{дн}} \times Q_{\text{об}} \times P_{\text{за 1 шт}} \times K_{\text{сез}}, \quad (9)$$

где,  $t_{\text{дн}}$  — время отсутствия товара (дни),

$Q_{\text{об}}$  — оборачиваемость продукции (дни),

$P_{\text{за 1 шт}}$  — прибыль за единицу продукции (руб.),

$K_{\text{сез}}$  — коэффициент сезонности продукта.

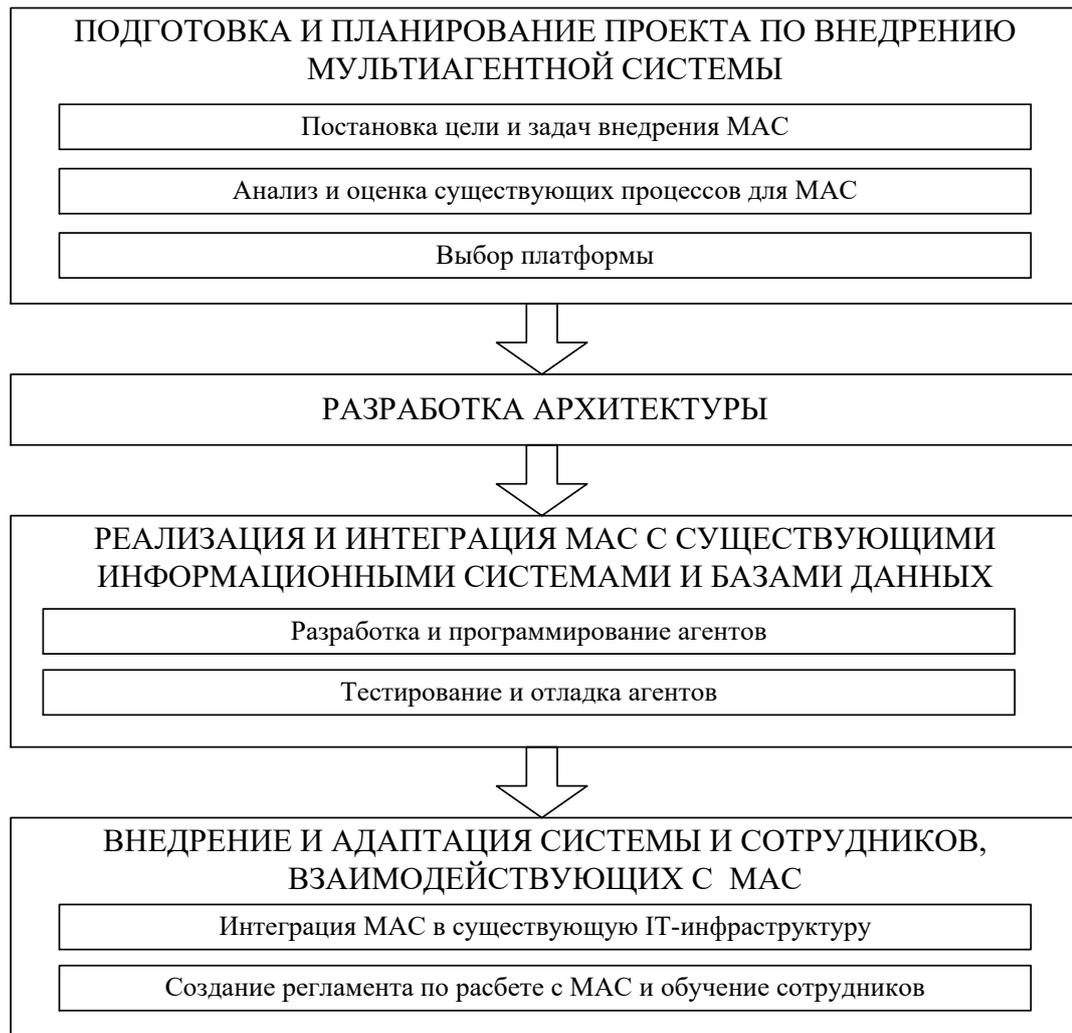


Рисунок 10 – Этапы разработки и внедрения мультиагентной системы

Таким образом, важным критерием оценки внедрения мультиагентной системы (МАС) является эффективная организация доставки товаров торговой сети. Данный критерий учитывает экономический эффект от применения мультиагентной системы. Основными статьями, по которым произойдет сокращение расходов, являются: стоимость доставки, затраты на склад, упущенная прибыль.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Решена научно-практическая задача повышения эффективности транспортно-технологической системы, обеспечивающей логистические процессы торговой сети, путем перераспределения товаропотоков и увеличения коэффициента загрузки транспортных средств, за счет использования

мультиагентных технологий. Обзор состояния современных транспортно-логистических систем, обеспечивающих обслуживание торговых сетей выявил ряд негативных факторов, связанных с изменениями потребительских ожиданий в части уровня сервиса и времени исполнения заказов.

2. Определено, что, с учетом комплексного характера решаемых задач, направленных на повышение эффективности обеспечения логистических процессов торговой сети, необходимо рассматривать и определять в работе понятие «транспортно-логистическая система», как «транспортно-технологическая система, обслуживающая логистические процессы торговой сети».

3. В теоретической части исследования предложен и обоснован методический подход к организации транспортно-технологической системы, базирующийся на результатах системного анализа взаимодействия подсистем мультиагентной системы, учитывающих маршрутизацию, а также параметры формирования заказа, выбора транспортного средства и логистического терминала.

4. На базе проведенных теоретических исследований и их результатов разработана математическая модель реализации мультиагентной технологии в транспортно-технологической системе. Показано, что в качестве целевой функции совершенствования процессов взаимодействия в системе должна рассматриваться минимизация суммарного времени доставки товаров.

5. Разработана, теоретически и экспериментально обоснована математическая модель организации транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети, при использовании мультиагентной технологии. С учетом адаптации модели под универсальные показатели времени, либо стоимости доставки, доказано, что интегральный показатель оценки эффективности работы системы должен быть оценен как минимум общих расходов на доставку продукции.

6. По результатам экспериментальных исследований получены количественные оценки эффективности использования ресурсов в системе. Определено, что коэффициент загрузки транспортных средств при использовании мультиагентных технологий возрастает в среднем до 51%, а максимально – до 94%, средняя загрузка ТС возрастает с 54% до 83%. Показано, что перераспределение нагрузки на менее загруженные логистические терминалы, позволит уменьшить время грузообработки на 20%.

7. Разработаны рекомендации по оценке эффективности внедрения мультиагентной технологии в систему, а также практическому применению разработанных методов и моделей в формате технологических схем действий компьютерных агентов в рамках процесса организации доставки товаров торговым сетям.

8. Дальнейшие исследования целесообразно проводить в следующих направлениях:

– совершенствование технологических подсистем диспетчерского управления автомобильным грузовым транспортом, обеспечивающим доставку товаров;

– планирование операционной деятельности участников транспортно-технологической системы, обслуживающей логистические процессы торговой сети, на основе мультиагентных технологий.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ**

### **Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов ВАК РФ:**

1. Комкова Д.А., Зайцев Д. В. Организация мультиагентной транспортной системы торговых сетей // Транспортное дело России. – 2024. – № 5. – С. 136-138.

2. Ефименко Д. Б., Демин В. А., Комкова Д. А., Дарабовна Г. В. Использование мультиагентного подхода при организации поставок в торговые сети // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 3-1(86). – С. 131-137. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-3-1(86)-131-137.

3. Ефименко Д. Б., Демин В. А., Комкова Д. А., Герами В. Д. Мелкопартионная доставка товаров при использовании мультиагентного подхода // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 1-1(80). – С. 125-131. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-125-131.

4. Комкова Д.А., Ефименко Д. Б., Демин В. А., Герами В. Д. Методика выбора технологии грузообработки для складов электронной торговли / // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 2(81). – С. 119-125. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-2(81)-119-125.

*Публикации в изданиях, входящих в базу данных Scopus и Web of Science:*

1. Komkova D.A., Demin V.A. Planning of Combined Delivery Using a Multi-Agent Approach // 2022 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex, TIRVED 2022 - Conference Proceedings, 2022, Moscow, 10-11 ноября 2022 года. – Moscow, 2022.

2. Komkova D.A., Demin V.A., Efimenko D.B., Blinov, D.V., Rogov, V.R., Multi-Agent Approach to Freight Transportation Using Pooling Technology // 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, Conference Proceedings, Moscow, 16–18 марта 2021 года. – Moscow, 2021.

3. Komkova D.A., Dyomin V.A., Efimenko D.B., Moiseev V.V., The Use of Digital Technologies in Logistics Systems // 2nd International Scientific and Practical Conference «Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth» (MTDE 2020). – Atlantis Press, 2020. – P. 258-263.

*Публикации в других изданиях:*

1. Комкова Д.А., Филатов С.А., Денисяко О.П. Совершенствование эффективности доставки продукции деревообрабатывающего предприятия на основе применения компьютерного моделирования // Вестник транспорта. – 2019. – № 3. – С. 41-44.

2. Комкова Д.А., Демин В.А., Даниелян А.Р. Эффективные методы снижения неликвидных ТМЦ и невостребованного имущества в логистических системах промышленных предприятий // Логистика сегодня. – 2017. – № 3. – С. 174-180.

3. Комкова Д.А., Демин В.А., Герами В.Д. Подходы к анализу грузопотоков для внедрения современных технологий хранения и терминальной обработки грузов // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2023. – № 2(36).

Подписано в печать: 26.12.2024

Объем: 1,39 усл.п.л.

Тираж: 100 экз. Заказ № 1395

Отпечатано в типографии «Реглет»

101000, г. Москва, Ленинградский пр-т, д.74к1

(495) 790-47-77 [www.reglet.ru](http://www.reglet.ru)