

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)

На правах рукописи



Грефенштейн Анна Павловна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ
ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК В КРУПНЫХ ГОРОДАХ**

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок
(технические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
кандидат технических наук, доцент
Псеровская Елена Дмитриевна

Новосибирск – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ КРУПНЫХ ГОРОДОВ.....	13
1.1 Анализ состояния грузовых перевозок в городах России.....	13
1.2 Анализ транспортно-логистических проблем городов России....	23
1.3 Анализ мероприятий по разрешению транспортно-логистических проблем.....	33
1.4 Анализ исследований по управлению городскими грузовыми перевозками.....	36
Выводы по разделу.....	40
2 РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К СОЗДАНИЮ ГОРОДСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА В КРУПНЫХ ГОРОДАХ.....	42
2.1 Базовые теоретические положения о перевозках с городским распределительным центром.....	42
2.2 Разработка методических рекомендаций выбора мест размещения городского распределительного центра.....	47
2.3 Обоснование предложений по совершенствованию перевозок в г. Новосибирске	57
Выводы по разделу.....	64
3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА НА ОРГАНИЗАЦИЮ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК.....	66
3.1 Влияние создания городского распределительного центра на объем движения грузовых автомобилей.....	66
3.2 Оценка влияния городского распределительного центра на количество грузовых автомобилей.....	70

3.2.1 Методика оценки целесообразности создания центра при автомобильных перевозках.....	70
3.2.2 Адаптация методики оценки целесообразности создания центра при автомобильно-железнодорожных перевозках	77
3.3 Оценка влияния городского распределительного центра на общий пробег грузовых автомобилей	81
3.4 Оценка влияния городского распределительного центра на общий пробег грузовых автомобилей с помощью моделирования....	86
Выводы по разделу.....	98
4 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИДОВ ТРАНСПОРТА.....	100
4.1 Условия целесообразности терминальной технологии перевозок с городскими распределительными центрами.....	100
4.2 Формализованное описание распределения грузопотоков в системе перевозок с городскими распределительными центрами....	106
4.3 Усовершенствованный способ развоза грузов по железнодорожным путям.....	111
4.4 Усовершенствованная технология организации перевозок в условиях взаимодействия видов транспорта в г. Новосибирске.....	114
Выводы по разделу.....	119
5 УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДСКИХ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗКАХ.....	121
5.1 Экономические основы использования железнодорожного транспорта в городских грузовых перевозках.....	121
5.2 Экономические основы использования автомобильного транспорта в городских грузовых перевозках.....	128
5.3 Экономическое обоснование рациональных вариантов организации терминальных грузовых перевозок.....	134

5.4 Внетранспортные эффекты использования железнодорожного транспорта в городских грузовых перевозках.....	137
Выводы по разделу.....	139
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	141
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	144
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Акты о внедрении результатов диссертационной работы.....	163
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ...	165
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Расчет критерия целесообразности создания городского распределительного центра при автомобильно-железнодорожных перевозках.....	166
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Результаты проведения транспортных оптимизационных экспериментов.....	169

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время одна из актуальных задач повышения качества жизни заключается в устойчивом развитии городов, так как в них проживает более половины общемирового населения. В России показатель урбанизации равен 74,7 %, и в перспективе ожидается, что доля городского населения будет увеличиваться, обуславливая рост транспортного спроса. В связи с этим весьма значимую роль в устойчивом развитии городов играет транспортный фактор.

Функционирование систем перевозок в части эксплуатации автомобильного транспорта сопровождается негативным влиянием на жизнедеятельность людей вследствие выбросов вредных веществ в окружающую среду, шумового и визуального загрязнения, повышенной загрузки улично-дорожной сети (УДС), снижения уровня безопасности дорожного движения, переполнения территорий городов транспортными средствами (ТС) и других факторов.

В отечественной практике управления грузовыми потоками разработка мероприятий по снижению отрицательного воздействия транспортно-логистической деятельности рассматривается как задача дорожного движения. В документах территориально-пространственного планирования предлагаемые мероприятия обычно заключаются в разделении грузопотоков по направлениям и по времени перемещения. Однако передовой научно-практический опыт обуславливает необходимость применения комплексного подхода к организации городских грузовых перевозок, опирающегося на положения новой научной концепции – городской логистики (city logistics).

Отмеченный подход подразумевает не только введение ограничений в отношении грузовых автомобильных ТС, но и создание альтернативных способов организации и управления транспортными потоками, одним из

которых является технология грузовых перевозок с городским распределительным центром (ГРЦ).

Разработка научно-методических рекомендаций по совершенствованию городских грузовых перевозок, а также решение задач, связанных с внедрением и реализацией новых способов и технологий в местных условиях, определяют научную и практическую актуальность рассматриваемой проблемы.

Степень научной разработанности темы. Наиболее известные отечественные исследования по транспортным и логистическим проблемам представлены в трудах:

1) М.Р. Якимова, Ю.В. Трофименко, М.Я. Блинкина, А.Э. Горева, В.В. Сильянова, С.В. Жанказиева, Г.И. Клинковштейна, С.А. Ваксмана, И.Н. Пугачева, Н.А. Осинцева и других – в области городских транспортных систем;

2) В.И. Апатцева, Б.А. Левина, С.М. Резера, П.А. Козлова, В.М. Николашина, Ю.О. Пазойского, О.Н. Числова, М.И. Шмулевича, А.Н. Рахмангулова, Е.Д. Псеровской и других – в области организации перевозок;

3) А.М. Гаджинского, В.А. Гудкова, Л.Б. Миротина, В.С. Лукинського, В.Д. Герами, И.В. Спирина, Е.Е. Витвицкого, Т.В. Маркеловой, Э.Р. Айтбагиной, К.С. Подшиваловой и других – по логистическим аспектам: транспортному обслуживанию клиентов, мелкопартионной доставке грузов, системам распределения и товародвижения;

4) Ю.М. Неруша, Т.П. Воскресенской, О.Д. Покровской, О.А. Копыловой, О.В. Москвичева, В.М. Сая и других – по объектам логистической инфраструктуры.

Высоко оценивая труды отечественных ученых, стоит отметить, что вопрос организации перевозок в контексте городской логистики с учетом специфики местных условий, несмотря на отдельные работы последних пяти лет Б.У. Сыздыкбаевой, Э.Р. Айтбагиной, О.А. Лебедевой, А.Ю. Тюрина,

М.К. Роженко, Н.А. Осинцева и А.Н. Рахмангулова, является недостаточно изученным. Значительный вклад в развитие научных разработок по городской логистике и системам перевозок внесли зарубежные специалисты: R.M. Mepparambath, L. Cheah, C. Courcoubetis, M.D. Simoni, E. Nathanail, M. Gogas, S.S. Isa, M. Roca-Riu, K. Chwesiuk и другие.

Цель диссертационного исследования заключается в разработке технологии организации терминальных грузовых перевозок с распределительными центрами в условиях крупного города.

В соответствии с поставленной целью определены следующие **задачи диссертационного исследования**:

- проанализировать существующие проблемы функционирования транспортно-логистических систем (ТЛС) городов, а также научно-практические рекомендации по организации грузовых перевозок в них;
- определить особенности терминальной технологии грузовых перевозок с городским распределительным центром и разработать методические рекомендации выбора мест размещения нового инфраструктурного объекта;
- установить закономерности влияния функционирования городского распределительного центра на объем грузовых перевозок в рассматриваемом районе города и выполнить оценку целесообразности его создания;
- разработать предложения по совершенствованию технологии организации терминальных грузовых перевозок в условиях взаимодействия видов транспорта с учетом местных условий (на примере г. Новосибирска);
- выполнить социально-экономическое обоснование рациональных вариантов организации терминальных грузовых перевозок с городскими распределительными центрами.

Объект исследования. Система перевозок грузов в городах.

Предмет исследования. Способы организации перевозок грузов в городах.

Область исследования. Технология транспортных процессов. Планирование, организация и управление транспортными потоками.

Содержание рассматриваемых в данной работе задач отвечает паспорту специальности 05.22.08 «Управление процессами перевозок» и области исследования по следующим пунктам: п. 2 – «Технология транспортных процессов»; п. 1 – «Планирование, организация и управление транспортными потоками».

Методология и методы исследования. Теоретико-методологической основой диссертационного исследования являются статистические, отчетные и экспериментальные материалы, а также нормативные документы, труды зарубежных и отечественных ученых в области разрешения транспортно-логистических проблем.

Теоретико-методологическая основа диссертационного исследования определила используемые научные методы: анализ и синтез, обобщение и формализация, математическое моделирование, оптимизация, наблюдение и измерение (проведение натурных исследований). Автором применен методологический аппарат функциональных областей логистики, концепции городской логистики, а также управления перевозочным процессом и транспортными потоками. Системный подход к объекту исследования, совокупность использованных методов и приемов способствовали изучению закономерностей и особенностей организации доставки грузов в крупных городах.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

– сформулированы базовые теоретические положения терминальной технологии перевозок с городским распределительным центром, на основе которых разработаны методические рекомендации выбора мест размещения данного объекта;

– предложена оптимизационная модель оценки влияния городского распределительного центра на объем грузового движения в рассматриваемом

районе города по критерию отношения общего пробега грузовых автомобилей после создания центра к пробегу до его создания;

– разработана усовершенствованная технология организации перевозок с городскими распределительными центрами в условиях взаимодействия видов транспорта с интеграцией железнодорожной инфраструктуры в агломерацию крупного города;

– предложен подход по социально-экономическому обоснованию рациональных вариантов организации терминальных грузовых перевозок с городскими распределительными центрами.

Теоретическое значение диссертационного исследования заключается в том, что сформулированные в работе научные выводы и результаты развивают методический подход к рациональной организации перевозок грузов в городах, а также дополняют существующие теоретические положения о городских распределительных центрах в части особенностей взаимодействия видов транспорта и технологии организации доставки в городской черте.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные выводы, результаты и рекомендации дополняют существующие положения о технологиях доставки грузов и могут быть востребованы для принятия управленческих решений в сфере городских перевозок, в частности предложенные способ развоза грузов в пределах крупных агломераций и подход по формированию договорного тарифа на новую услугу рекомендованы к внедрению ОАО «РЖД» (Приложение А).

Результаты исследования могут использоваться транспортно-логистическими компаниями, структурами Территориального центра фирменного транспортного обслуживания, администрацией города, а также научно-педагогическими сотрудниками в учебном процессе для преподавания дисциплин логистического блока и в научно-исследовательских целях.

Результаты работы используются в учебном процессе при подготовке инженеров по специальности 23.05.04 – «Эксплуатация железных дорог», а

также магистров и бакалавров по направлениям подготовки 23.04.01 и 23.03.01 – «Технология транспортных процессов» (Приложение А).

Положения, выносимые на защиту:

– базовые теоретические положения терминальной технологии перевозок с городским распределительным центром и методические рекомендации выбора мест размещения данного объекта;

– оптимизационная модель оценки влияния городского распределительного центра на изменение общего пробега грузовых автомобилей в рассматриваемом районе города;

– терминальная технология организации грузовых перевозок с городскими распределительными центрами в условиях взаимодействия видов транспорта с интеграцией железнодорожной инфраструктуры в агломерацию крупного города.

Степень достоверности и апробация результатов работы.

Достоверность представленных в диссертации результатов основана на корректном применении научных методов, положений фундаментальных и прикладных наук, использовании справочных, методических, нормативных материалов, опубликованных в официальных изданиях, а также сбором данных по принятым методикам проведения натурных исследований. Теоретические результаты построены на проверяемых данных и фактах, обобщении передового опыта и научных исследований в области организации перевозок грузов в городах. Полученные в работе выводы соответствуют основным результатам, представленным в независимых источниках по рассматриваемой и смежной темах.

Основные положения диссертационного исследования были представлены и обсуждались на научных и научно-практических конференциях, среди которых: X Международная научно-техническая конференция «Политранспортные системы», 15 – 16 ноября 2018 г., г. Новосибирск; V Международная научная конференция «Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы

внедрения в производство», 30 мая 2019 г., г. Казань; Международная научно-методическая конференция «Поколение будущего», 31 мая 2019 г., г. Санкт-Петербург; X Международная научно-практическая конференция «Непрерывное профессиональное образование: теория и практика» 29 мая 2020 г., г. Новосибирск; XI Международная научно-техническая конференция «Политранспортные системы», 13 – 14 ноября 2020 г., г. Новосибирск; Пятая международная Научно-практическая конференция «Транспорт и логистика: тренды и барьеры развития в условиях пространственно-технологических ограничений и неопределенности», 4 – 5 февраля 2021 г., г. Ростов-на-Дону.

Также результаты диссертационной работы представлялись на Региональных и Всероссийских конференциях: «Наука и молодежь», 01 – 05 июня 2020 г., г. Барнаул; «Молодежная наука», 17 апреля 2020 г., г. Красноярск; «Актуальные проблемы транспортной отрасли в России и за рубежом», 30 октября 2020 г., г. Новосибирск; «Наука и молодежь XXI века», 17 – 18 ноября 2020 г., г. Новосибирск; «Транспорт Урала – 2020», 17 ноября 2020 г., г. Екатеринбург; «Транспортно-логистические системы», 28 апреля 2021 – 2022 гг., г. Новосибирск; «Инновационные технологии на железнодорожном транспорте», 28 – 30 октября 2021 г., г. Красноярск.

Основные положения диссертации обсуждались на заседаниях кафедры «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав» (СГУПС, Новосибирск, 2019 – 2022 гг.). Окончательные результаты были представлены и одобрены на совместном заседании кафедр «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав», «Управление эксплуатационной работой», «Железнодорожные станции и узлы», «Безопасность жизнедеятельности» и «Высшая математика» (СГУПС, Новосибирск, 2022 г.).

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 15 научных работах, включая пять статей в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Городской распределительный центр – 1.0» № 2021680202 от 08.12.2021 (Приложение Б).

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка литературы, включающего 154 наименования, и четырех приложений. Содержание работы изложено на 143 страницах основного текста, включает 31 таблицу и 54 рисунка.

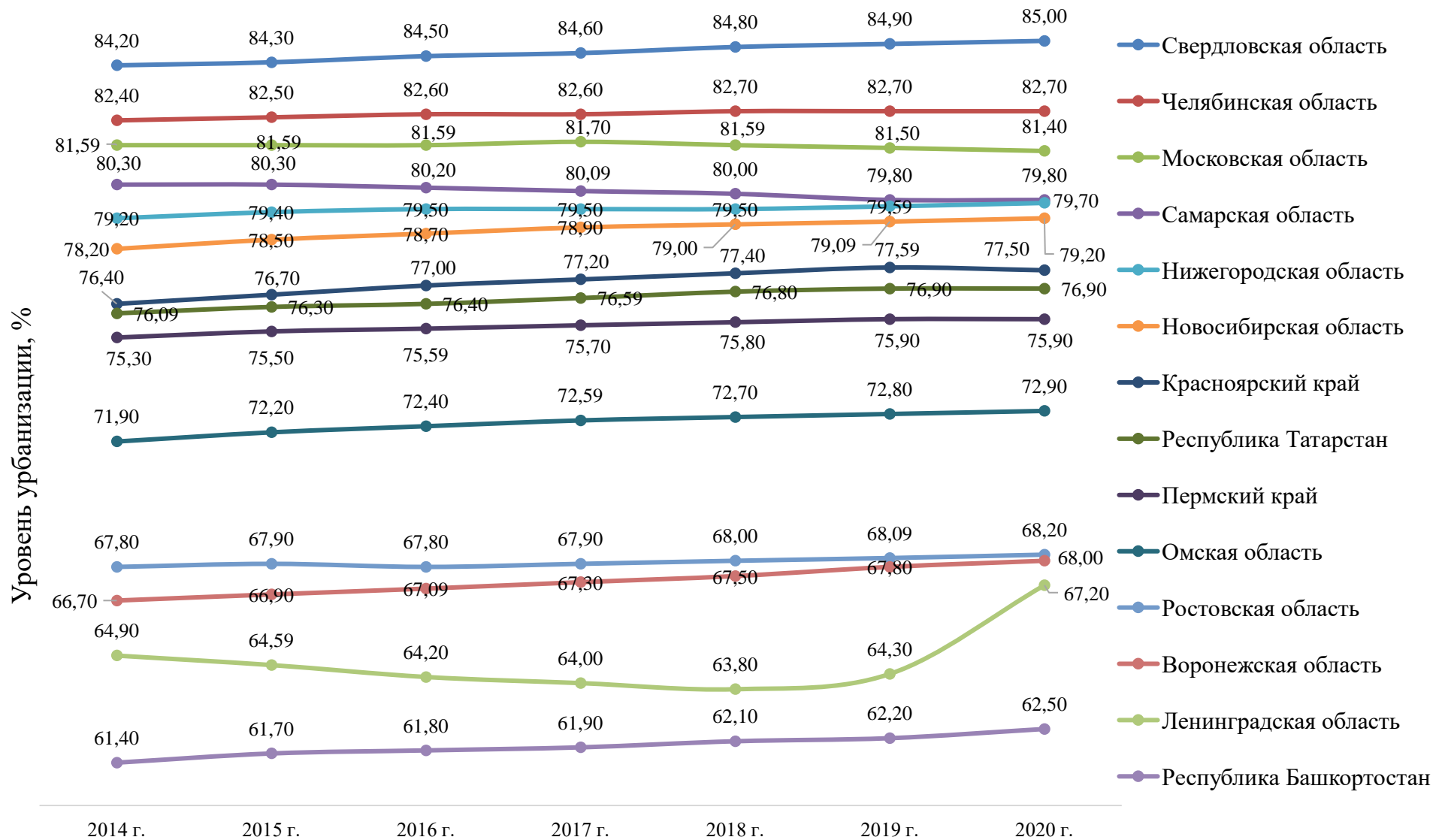
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ КРУПНЫХ ГОРОДОВ

1.1 Анализ состояния грузовых перевозок в городах России

В настоящее время в глобальном масштабе наблюдается тенденция роста численности населения. По данным Организации объединенных наций, суммарная численность планеты может вырасти к 2030 г. до 8,5 млрд человек, к 2050 г. до 9,7 млрд, а к 2100 г. до 10,9 млрд [153]. При этом во всем мире в городах проживает больше людей, чем в сельской местности, и доля городского населения неуклонно увеличивается. Так, в 2018 г. в городах проживало 55 % мирового населения. В 1950 г. этот показатель был равен 30 % и, считается, что к 2050 г. 68 % населения мира будет городским [153, 154].

По данным Росстата [6], в нашей стране на городское население приходится 74,7 % россиян, а показатель урбанизации по Новосибирской области равен 79,2 % (рисунок 1.1), поэтому задача устойчивого развития российских городов не менее важная, чем устойчивое развитие отдельных регионов или иных административных образований [102].

Под *устойчивым развитием города* понимают «процесс, который ведет к разрешению городских проблем, улучшению условий и качества жизни горожан путем достижения сбалансированности социально-экономического и экологического развития за счет рационального использования городского ресурсного потенциала, включая географические и градостроительные особенности, потенциальные возможности населения, экономики, промышленности и инфраструктуры» [24].



Весьма значимую роль в развитии территорий играет транспортный фактор [3, 70, 95]. Процесс урбанизации, происходящий во всем мире, приводит к концентрации экономической деятельности и увеличению индивидуальных и грузовых перемещений в городах. Глобализация приводит к транспортировке товаров по всему миру и является еще одним фактором роста количества грузовых перевозок [97, 132]. Поэтому транспортная система города в рамках содействия его устойчивому развитию должна удовлетворять текущие потребности людей, улучшая уровень их жизни, не лишая при этом будущие поколения возможности удовлетворять их транспортные потребности. Такое качество называется *устойчивостью транспортной системы* [102].

Транспортные системы городов представляют собой «сложную структуру, включающую отдельные подсистемы внешнего транспорта (железнодорожного, морского, речного, автомобильного, воздушного), взаимодействующие с городским общественным и индивидуальным транспортом в организации массовых пассажирских и грузовых перевозок» [4]. Рассмотрим более подробно особенности городских грузовых перевозок наземными видами транспорта.

В нашей стране до 1990 г. основой государственного управления являлось планирование деятельности во многих отраслях экономики. Поэтому все перевозки грузов осуществлялись на основе централизованного управления в интересах обслуживаемых отраслей и производств [12, 42, 103].

Автотранспорт в городах выполнял завоз и вывоз грузов с железнодорожных станций, перевозки грузов народного потребления, а также доставку промышленных и продовольственных товаров населению. При этом получатель груза освобождался от функций доставки, и перевозка выполнялась либо грузоотправителем (сбытовой организацией) собственным подвижным составом (ПС), либо транспортной организацией [1]. Сооружения железнодорожного транспорта, в свою очередь, обслуживали градообразующие заводы и предприятия в промышленно-складских районах городов, а также

стройки [39, 105]. Обеспечение промышленных зон железнодорожными линиями необщего пользования было весьма значительным. Так, «на подъездных путях погружалось и разгружалось около 90 % всех грузов железных дорог страны» [1], при этом до 1990 г. длина путей необщего пользования (ПНОП) неуклонно увеличивалась (рисунок 1.2).

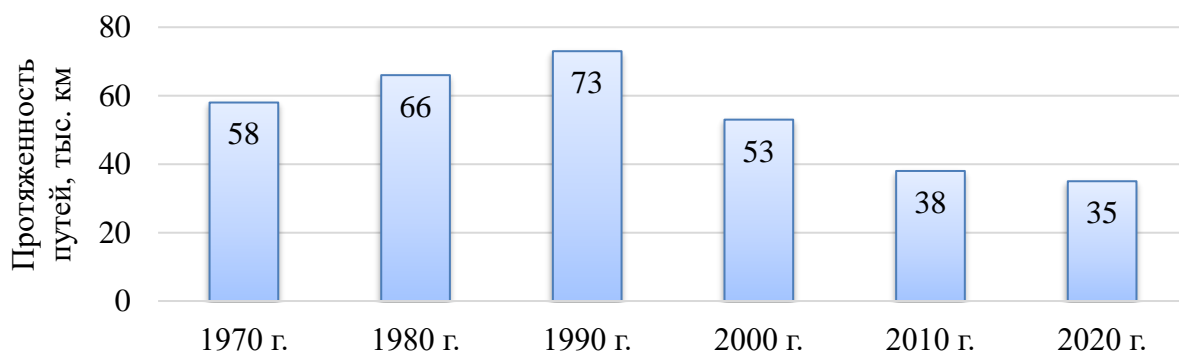


Рисунок 1.2 – Длина путей необщего пользования [89]

После 1990 г. смена ориентиров общественно-политического развития, переход на рыночные отношения и отмена планирования оказали значительное влияние на работу организаторов перевозок, главной целью которых стало извлечение прибыли [42].

Представленные на рисунках 1.3 и 1.4 показатели работы наземного транспорта по годам подтверждают взаимосвязь динамики, а также структуры изменения объемов производства с особенностями грузовых перевозок [12, 48] в стране в целом, и в городах в частности.

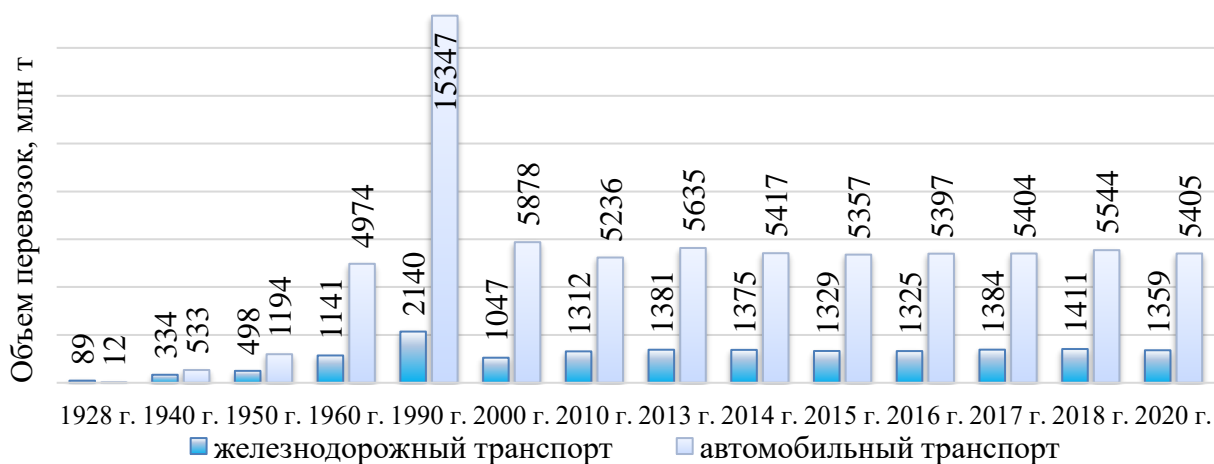


Рисунок 1.3 – Динамика объемов грузовых перевозок [89]

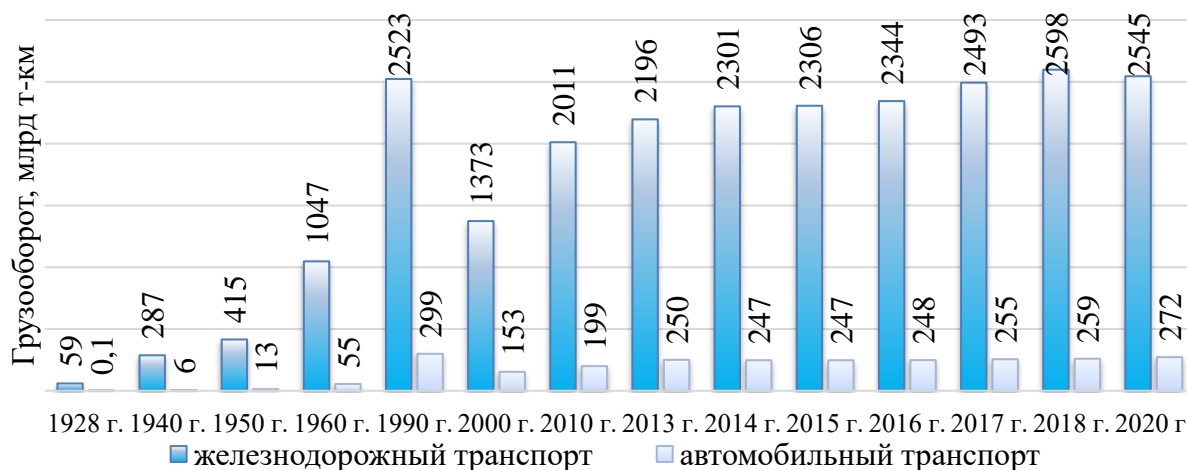


Рисунок 1.4 – Динамика грузооборота видов транспорта [89]

После 1990 г. советские градообразующие производства стали недостаточно рентабельными; часть предприятий либо прекратили работу, либо сузили деятельность, либо изменили род деятельности. Объемы перевозок грузов железнодорожным транспортом в 2000 г. упали более чем в 2 раза по отношению к 1990 г. (рисунок 1.3). Поэтому в промышленных зонах российских городов многие малоинтенсивные и неиспользуемые пути были демонтированы. В настоящее время в стране более 50 % протяженности ПНОП выведены из эксплуатации (рисунок 1.2).

Кризис 90-х годов внес глобальные изменения в систему автомобильных перевозок, главной чертой которой стало сокращение перевозочной деятельности специализированных автотранспортных предприятий, произошедшее по разным взаимосвязанным причинам.

Во-первых, приватизация, денационализация и акционирование привели к увеличению количества фирм и частных лиц, занимающихся транспортной деятельностью [12, 13, 23, 42].

Во-вторых, вследствие разрушения системы технического обслуживания и ремонта, невосполнимого списания изношенного ПС произошло увеличение среднего срока службы автомобилей. По данным аналитического агентства «Автостат» [88], средний возраст грузовых автомобилей в стране составляет 21,2 года, причем 64,7 % из автомобилей

имеют возраст старше 15 лет. Для столицы этот показатель равен 19,3 года, при этом в Москве доля ПС старше 15 лет составляет 60 % [46].

В-третьих, снижение объемов перевозок после 1990 г., разукрупнение автотранспортных предприятий и старение ПС привело к сокращению их парка ТС. По разным данным [13, 42], среднее количество грузовых машин у перевозчиков составляет 5 – 10 единиц, при этом в 75 – 80 % случаях такой автомобиль в городе выполняет всего один рейс в день [42, 40].

В результате посткризисного восстановления экономики после 2000 г. тенденции падения объемов перевозок, обозначенные на рисунках 1.3 и 1.4, плавно переходят в рост. В последние десятилетия структура рынка меняется в пользу автомобильных перевозок [100], в т.ч. во внешнем по отношению к городской черте (междугородном) сообщении. Об этом свидетельствует возрастание среднего расстояния автоперевозок в 2018 г. в 1,8 раза по отношению к 2000 г. (рисунок 1.5), а также увеличение расстояния помашинных отправок грузов до 500 км, при этом длина некоторых из них достигает около 4 – 5 тыс. км [2, 23].

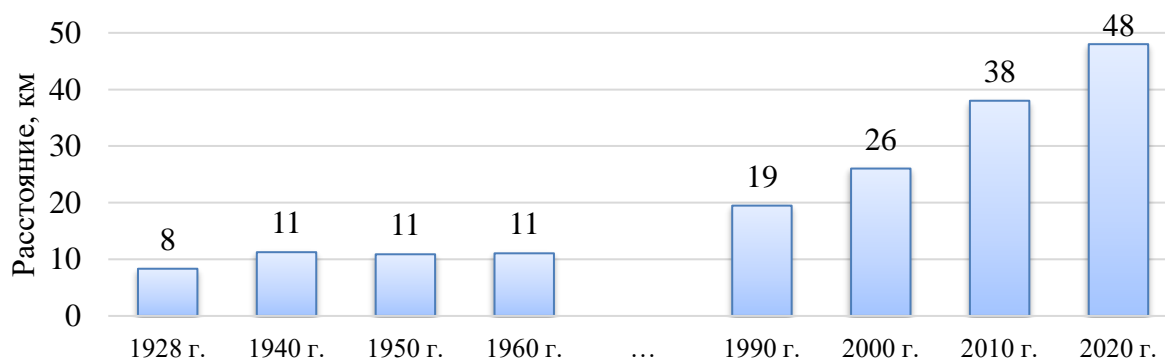


Рисунок 1.5 – Среднее расстояние перевозки грузов автотранспортом

В системе автоперевозок происходит переключение перевозочной деятельности на транспорт, использующийся для собственных нужд. Так, по разным данным [2, 48], 70 – 80 % объема грузов в России перевозится транспортными отделами торговых и (или) производственных корпораций.

Соответственно на долю коммерческих¹ автотранспортных перевозок приходится около 20 – 30 % общего объема и примерно 52 % грузооборота [2].

Отмеченная тенденция повышения доли ведомственных перевозок объясняется стремлением компаний улучшить процесс доставки [97], а также сократить затраты на транспортировку и хранение [23] за счет инсорсинга. Таким образом, заинтересованные в осуществлении и организации перевозок крупные компании одновременно с основной деятельностью выступают в роли логистических операторов и наряду со специализированными транспортно-логистическими предприятиями стимулируют развитие инфраструктуры (в т.ч. складской) в стране в целом, в городах и агломерациях в частности.

За прошедшие 10 лет в России общий объем складских площадей вырос с 10 млн м² до 29 млн м², т.е. в 2,9 раза (рисунок 1.6).

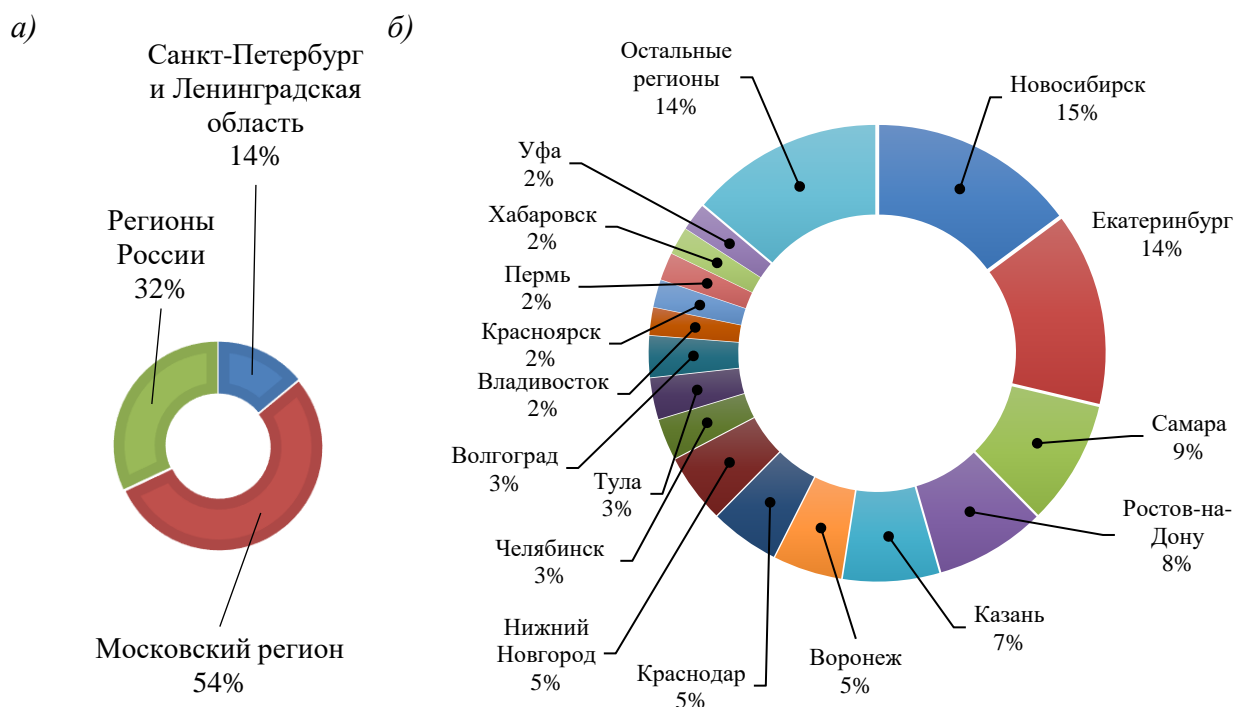


Рисунок 1.6 – Распределение объема складских площадей в (а) России и (б) в регионах без Московского региона и Ленинградской области, 2020 г. [90]

¹ Коммерческие перевозки осуществляются крупными (с автопарком свыше 100 автомобилей), средними и мелкими компаниями, а также индивидуальными предпринимателями и физическими лицами, выполняющими, как правило, разовые заказы.

Данные рисунка 1.6 показывают, что по состоянию на 2020 г. лидирующую позицию по площади складской инфраструктуры занимает Московская область (16055 тыс. м²), на Санкт-Петербург и Ленинградскую область приходится 4058 тыс. м², на другие регионы России – 9058 тыс. м² [107]. Около 51 % от введенных в эксплуатацию площадей строились под заказ конкретных клиентов, при этом 43 % из них были созданы силами самих клиентов под собственные нужды в формате распределительных центров [90].

Динамика, приведенная на рисунке 1.7, показывает неуклонный рост спроса на складскую инфраструктуру со стороны онлайн-торговли, а также стабильно высокий спрос со стороны розничной торговли, что свидетельствует о применении терминальной технологии перевозок при распределении товаров народного потребления (тарно-штучных грузов) [23, 47].

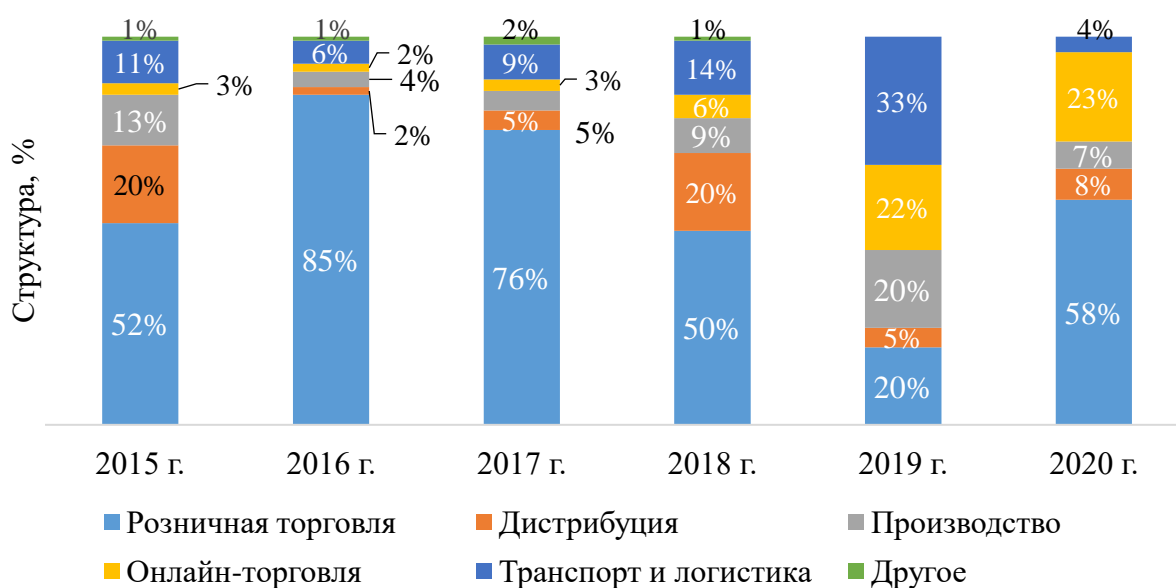


Рисунок 1.7 – Динамика распределения спроса на складские помещения по группам арендаторов и покупателей [90]

С другой стороны, по данным Росстата и МВД России [89], общий рост парка грузовых автомобилей (включая пикапы и легковые фургоны) достигается именно за счет ПС частных лиц, заинтересованных в расширении объемов и номенклатуры автотранспортных услуг (рисунок 1.8а).

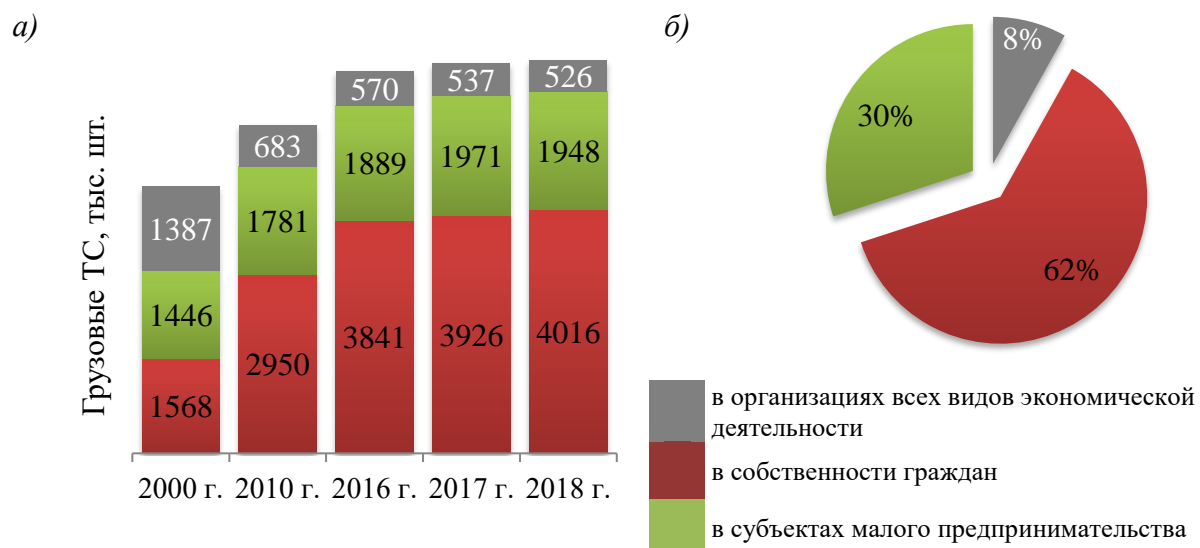


Рисунок 1.8 – Наличие (а) и структура собственности (б) грузовых автомобилей в России [89]

В малом бизнесе, в отличие от крупных компаний, распространен вариант самообслуживания и совмещения должностей владельца, водителя, грузчика в одном лице [37, 48]. Отмеченная на рисунке 1.8б динамика показывает, что в России почти 60 % парка грузовых автомобилей находится в личном пользовании физических лиц.

Рост количества грузовых автомобилей достигается за счет расширения парка ТС малой и средней грузоподъемности (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Структура парка грузовых автомобилей по категориям согласно ГОСТ 52051 – 2003 [2]

Категория	Примечания	Доля, %
N ₁	транспортные средства с технически допустимой максимальной массой не более 3,5 т	46,8
N ₂	транспортные средства с технически допустимой максимальной массой свыше 3,5 т, но не более 12 т	26,2
N ₃	транспортные средства с технически допустимой максимальной массой более 12 т	27,0

Рост количества «легкой» грузовой техники объясняется, прежде всего, стремлением потребителей транспортной продукции к сокращению транспортно-складских затрат путем уменьшения размера транспортной

партии [83, 84, 100]. Помимо стремления к сокращению издержек, распространение мелкопартионных перевозок обусловлено растущим спросом горожан на «быструю» доставку грузов, товаров, почты, интернет-заказов, продуктов и т.д. «до двери», связанную с развитием электронной коммерции и онлайн-торговли (рисунок 1.7).

В городах так называемая доставка «последней мили» осуществляется:

1) «самовывозом», когда получатель груза на собственном или арендованном грузовом или легковом автомобиле самостоятельно выполняет перевозку небольшого количества товаров для личных или коммерческих целей [5, 48];

2) силами грузоотправителей (собственными или арендованными ТС), что в условиях повышенной занятости высокоурбанизированного населения, развития интернет-технологий и пандемии COVID-19 получило стремительное распространение [77, 124].

Таким образом, описанные тенденции в совокупности приводят к увеличению числа грузопотоков и центров их генерации (поглощения), усложнению их структуры при одновременном уменьшении мощности каждой отдельно взятой струи грузопотока [5, 83], управление которыми в границах крупного города происходит сложнее, чем на региональном и национальном уровнях [28].

Специфика функционирования современных городских грузовых транспортных систем тесно связана не только с описанными выше преобразованиями и тенденциями, но и непосредственно с градостроительными особенностями территории, дорожно-транспортной инфраструктурой (транспортными сетями, зонами и узлами), состоянием окружающей среды, безопасностью на дорогах, удобством городов для жителей, обеспечением товарооборота и многими другими факторами [19, 20, 91]. Иными словами, движение городских грузопотоков должно обеспечивать не только эффективность логистической деятельности, но и эффективность

работы транспортной системы города с учетом влияния на городскую среду и жизнедеятельность горожан.

В связи с этим в диссертационной работе рассмотрены транспортная и логистическая сферы как единая «транспортно-логистическая система» города, объединяющая разные стороны, связанные с транспортным процессом: предприятия, оказывающие транспортно-логистические услуги (далее – перевозчики); потребители услуг (далее – клиенты); государственные органы, администрация; жители города.

1.2 Анализ транспортно-логистических проблем городов России

В ТЛС города условно можно выделить две подсистемы, обслуживающие внутригородские и внешние перевозки. Структурные элементы данных подсистем представлены не только ТС, но и путями сообщения с соответствующей инфраструктурой, средствами организации движения и сетями обслуживания (рисунок 1.9).

Если ТЛС преобразовывает транзитные, местные и городские грузопотоки и (или) пассажиропотоки в месте стыка разных внешних видов транспорта, то такая ТЛС называется транспортным узлом (ТУ). В литературе [27, 67] выделяют несколько разновидностей ТУ по различным классификационным признакам: числу видов внешнего транспорта, характеру эксплуатационной работы, экономико-географическому признаку, численности населения обслуживаемого города, расположению транспортных устройств, геометрической форме схемы узла, хозяйственному профилю города (основе экономической базы) и т.д.

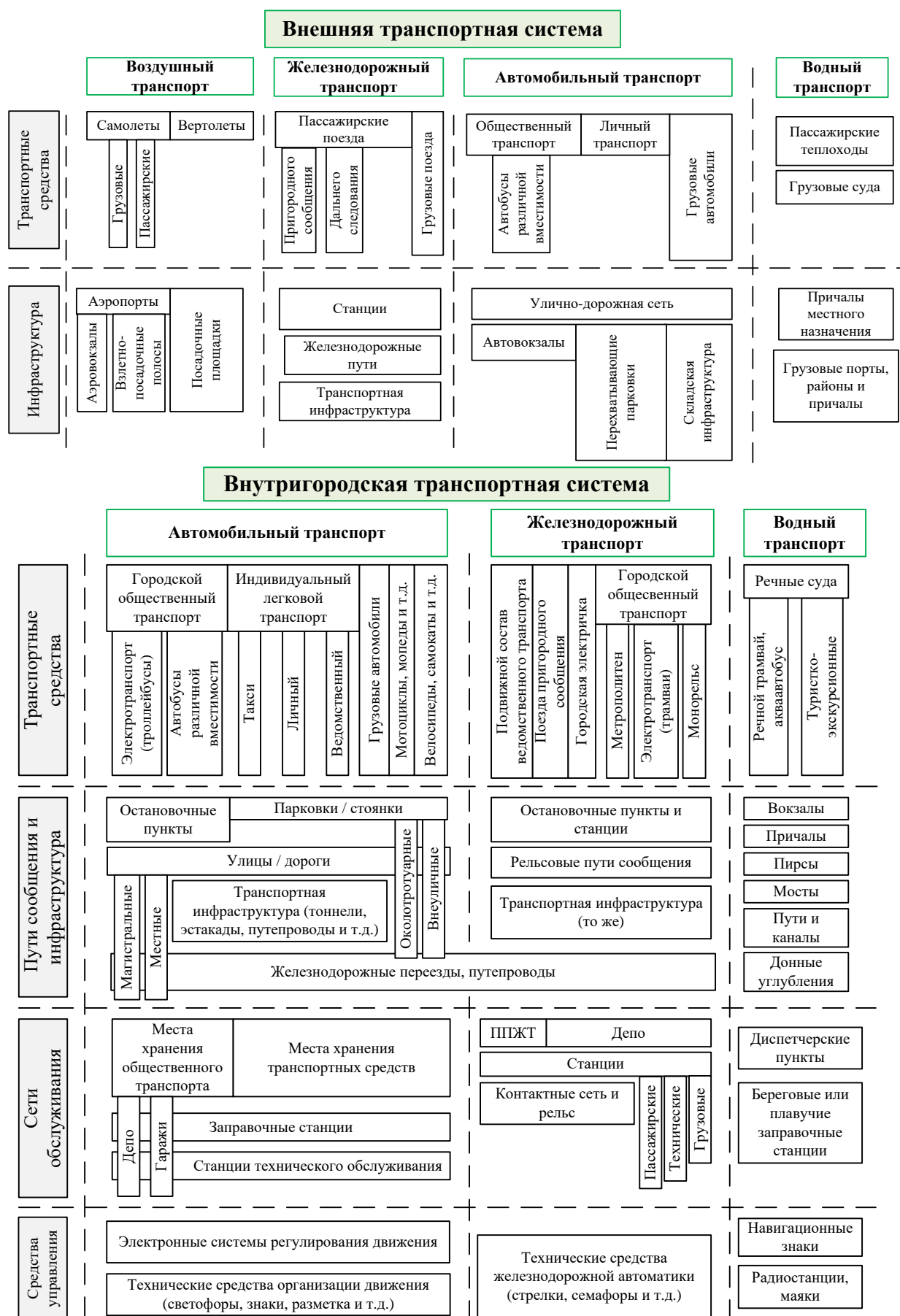


Рисунок 1.9 – Элементы ТЛС города [29, 33]

Различные схемы ТУ в каждом отдельном городе так или иначе оказывают влияние на организацию транспортного обслуживания [55, 145]. Однако ТЛС в нашей стране были подчинены общим закономерностям трансформации под влиянием внешних факторов, рассмотренных в подразделе 1.1, поэтому в настоящее время транспортно-логистические проблемы городов имеют одинаковую направленность, прежде всего, социальную и экологическую [56, 95].

Анализ зарубежных и отечественных научных исследований по повышению эффективности ТЛС позволяет выделить несколько изучаемых в настоящее время вопросов (рисунок 1.10а), значительная часть из которых [15, 17 – 20, 55, 77 – 81, 87, 93, 97, 104] посвящена работе грузового транспорта в городе (рисунок 1.10б).

Рассмотрим подробно некоторые из них.

1. *Окружающая среда.* Эксплуатация транспорта приводит к загрязняющему воздействию на окружающую среду, а также отрицательному влиянию на жизнедеятельность населения вследствие выброса вредных веществ:

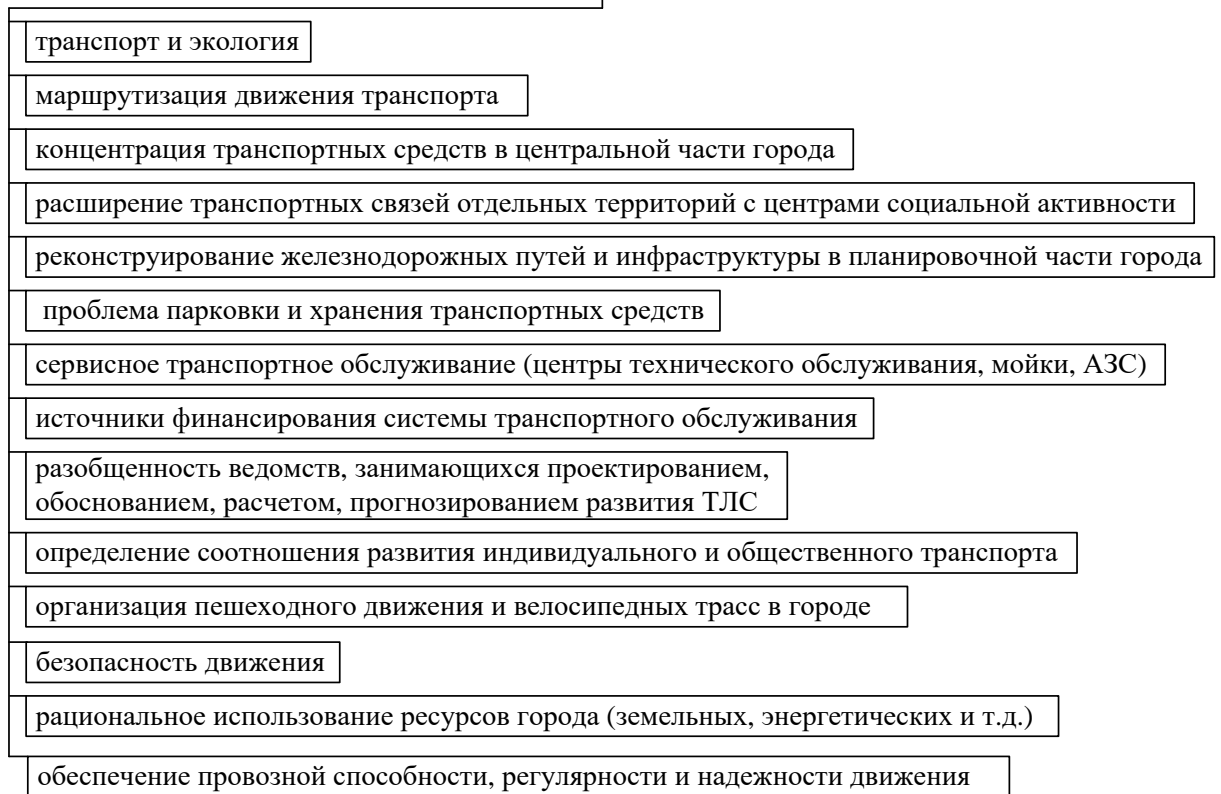
1) в результате сгорания топлива при работе двигателей: выхлопных газов CO , SO_2 , NO_x , C_nH_m (в т.ч. парниковых CO_2 , N_2O и CH_4), C (сажи) и металлов, их соединений [71, 75];

2) в результате износа узлов и агрегатов ТС: твердых частиц (например, элементов системы торможения).

Из всех сфер антропогенных выбросов парниковых газов в России на энергетику приходится 83 %, почти 20 % из которых составляет доля транспортного сектора [49, 71]. В структуре суммарных выбросов CO_2 в нашей стране по состоянию на 2018 г. (рисунок 1.11а) автомобильный транспорт оказался доминирующим среди железнодорожного, водного, воздушного и трубопроводного; в структуре объема потребления моторного топлива по состоянию на 2017 г. – аналогично (рисунок 1.11б).

а)

Общие проблемы ТЛС



б)

Частные проблемы грузоперевозок

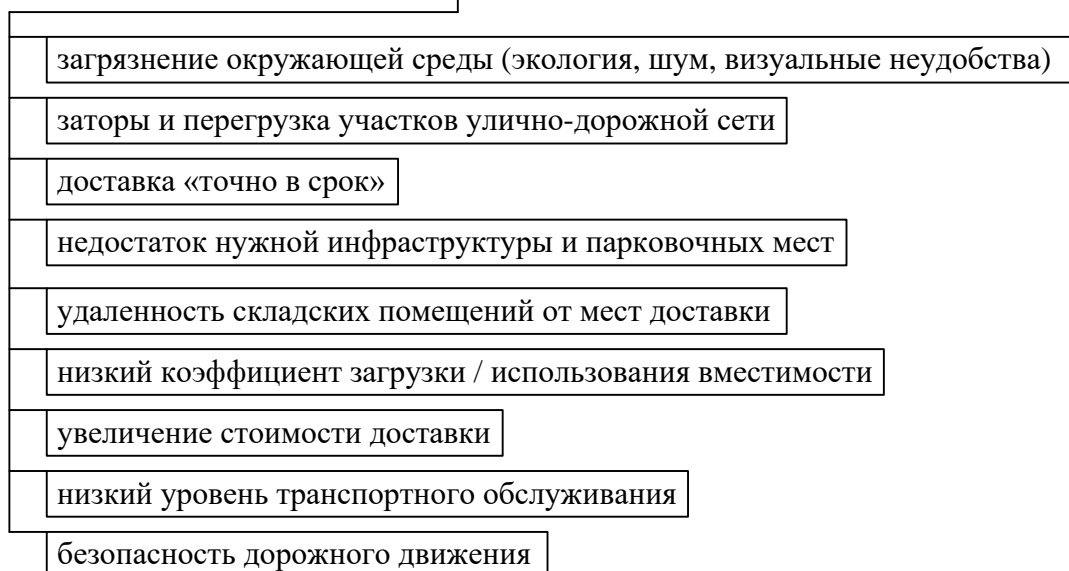


Рисунок 1.10 – Общие (а) и (б) относящиеся к грузоперевозкам проблемы, препятствующие улучшению функционирования ТЛС

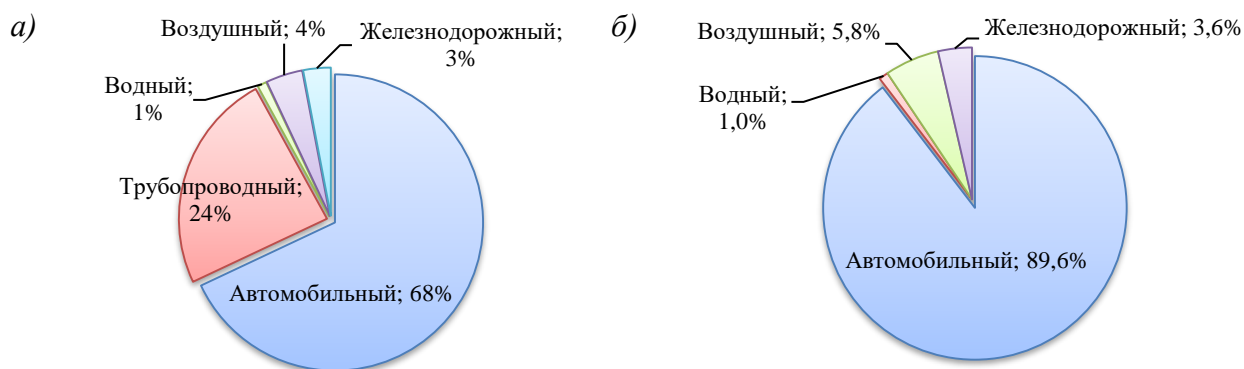


Рисунок 1.11 – Выбросы CO₂ (а) и объемы потребления топлива (б) по видам транспорта [71]

При этом данные, представленные в [49, 71], свидетельствуют о неуклонном росте объема выбросов CO₂ со стороны автомобильного сектора на протяжении последних 20 лет. Так, с 1990 по 1999 гг. произошло существенное сокращение эмиссий углекислого газа (на 40 %), однако с 2000 гг. наблюдается рост и уже в 2013 г. объемы выбросов CO₂ превысили на 7 % уровень 1990 г.

Известна связь между расходом топлива, скоростью движения и количеством выделяемых вредных веществ [50], при этом на крупнотоннажный ПС приходятся бóльшие «удельные пробеговые выбросы» (г/км) среди других групп ТС [43].

Важно отметить, что достаточно трудно определить соотношение выбросов по районам их генерации, т.е. выделить долю, приходящуюся на транспорт именно в муниципальной черте города. Однако в [50, 71] отмечают, что в крупных городах доля выбросов парниковых газов, связанных с эксплуатацией ТС, может составлять до 80 % от общего количества источников формирования. Вместе с тем транспорт является первопричиной не только химического загрязнения атмосферы, земли и воды [58, 59], но шумового и визуального [98].

2. *Заторы и перегрузка улично-дорожной сети (УДС). Доставка «точно в срок».* По мере развития городов темпы технических изменений на транспорте и в планировочной структуре городских поселений стали

расходиться [9, 19, 20, 75, 110, 111]. Это привело к превышению транспортного спроса над транспортным предложением, прежде всего в пассажирском сегменте [59]. Если количество совершаемых транспортных перемещений (число людей, объем или масса груза в конкретное место в единицу времени) не соответствует провозным способностям элементов транспортной системы города [102], то перегрузка УДС приводит к заторам, особенно в пиковые периоды.

По данным TomTom [148], в 2020 г. году Москва стала первым городом в мире по уровню загруженности УДС и величине задержек, а Новосибирск занял 9 место (оба города вошли в первую десятку рейтинга). Ситуация до пандемии COVID-19 была несколько иной (рисунок 1.12), однако мегаполисы России всегда занимали высокие позиции в общемировом «антирейтинге» городов (таблица 1.2).

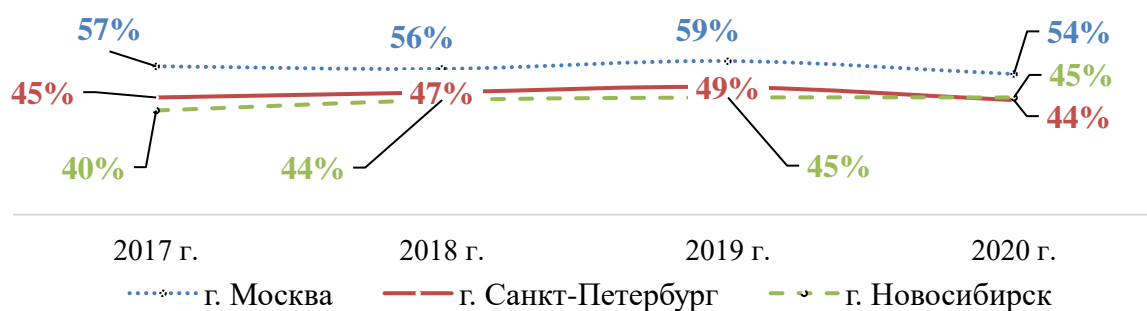


Рисунок 1.12 – Динамика уровня задержек на УДС, 2017 – 2020 гг.

Таблица 1.2 – Позиции городов в мировом рейтинге по уровню задержек

Города	Место в общемировом рейтинге по годам			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Москва	6	5	6	1
Санкт-Петербург	13	12	16	12
Новосибирск	23	16	23	9

Учеными-транспортниками доказано [9, 34, 62, 96, 97, 102, 110, 111], что уменьшить высокую загрузку улиц и дорог можно реконструктивными (планировочными) и организационными (регулятивными, ценовыми) решениями за счет:

- наращивания и развития необходимой инфраструктуры;
- увеличения частоты использования транспорта большой провозной способности путем: а) содействия (стимулирования, поощрения) его использованию; б) противодействия (антистимулирования, препятствования) использования транспорта малой провозной способности.

Важно отметить условный характер деления решений на группы, так как, например, развитие инфраструктуры в перспективе приобретает силу регулятивных мер по стимулированию использования того вида транспорта, инфраструктура которого развивается [9, 14, 19, 59, 61, 62, 139]. В частности, в границах города расширение дорог, строительство парковок и стоянок, развязок, эстакад и т.д. теоретически должно снизить нагрузку на УДС, повысить скорость транспортного потока, уменьшить задержки при доставке грузов и привести к росту мобильности горожан.

При этом потенциальные положительные эффекты от дополнительного строительства дорожно-транспортной инфраструктуры стимулируют пользователей все чаще совершать поездки на легковых и грузовых автомобилях (инженерные решения трансформируются в регулятивные меры). Это приводит к еще большему возрастанию задержек, загромождению городских территорий стоящими ТС, снижению безопасности дорожного движения, загрязнению окружающей среды из-за повышенного расхода топлива при диспропорциях в планировочной целостности города (парадокс Джевонса); городская среда становится «неудобной для жизни» [9, 58, 147]. По данным [34], в российских крупных городах потребная площадь инфраструктуры для автомобилей превышает в 4 раза среднюю жилую площадь, приходящуюся на одного жителя ($22 - 23 \text{ м}^2$), а фактическая площадь автодорожной инфраструктуры составляет более 90 – 95 % всех общественных пространств (улиц, дворов, площадей и т.д.).

Однако в границах агломерации, напротив, строительство инфраструктуры (обходных магистралей, объездных дорог и т.д.) для пропуска транзитных ТС приводит к исключению крупнотоннажных

автомобилей из городского трафика. По некоторым данным, доля транзита в городах России (малых, средних и крупных) может составлять от 10 до 50 %, при таком количестве предельная пропускная способность улиц и средняя скорость в транспортном потоке существенно снижается (таблица 1.3), а также ухудшается стабильность движения [39].

Таблица 1.3 – Показатели движения при разном составе потока транспорта [39]

Показатель движения	Доля легковых автомобилей в потоке, %			
	90	70	50	30
средняя скорость, км/ч	50	47	45	43
пропускная способность, авт./ч	3700	3390	3060	2840
	<u>5800</u>	<u>5400</u>	<u>4760</u>	<u>4400</u>

Примечания

Значение в числителе для 4-полосных магистралей, знаменателе – для 6-полосных

Проблема перегрузки УДС и заторов является причиной экономических убытков *перевозчиков* и их *клиентов* вследствие невозможности выполнить запланированную доставку в конкретный день, нарушения сроков доставки («точно в срок»), повышенного расхода топлива ТС в заторах и т.д. [101, 132].

3. *Недостаток парковок и стоянок* (сооружений для хранения и размещения ТС) имеет общую первопричину с проблемой заторов. Скопление автотранспорта и дефицит свободных мест связаны с нерациональным управлением парковочным пространством города, низкой частотой сменяемости ТС на парковках и доминирующим использованием автомобилей как средств мобильности. При этом увеличение числа или площадей стоянок и парковок приводит к стимулированию поездок на автотранспорте и к еще большему заполнению территорий города стоящими ТС [7, 9, 60].

Создание парковок вдоль улиц и дорог (так называемых околотротуарных парковок) не только отнимает дефицитные городские земли, но и существенно снижает пропускную способность УДС [7, 126]. Как показывает практика, в нашей стране припаркованные средства перемещения (в т.ч. грузовые) создают помехи или полностью блокируют движение, в т.ч.

на крайних правых полосах вследствие таких причин как массовый характер нарушений правил парковки из-за недостатков в их организации; отсутствия строго контролируемого режима паркирования; низких штрафов за нарушения правил парковки; соответствующей культуры поведения на дорогах и ряда других [7, 75].

Отдельной проблемой является отстой ПС перевозчиков на тротуарах, непосредственно на УДС при обслуживании клиентов и выполнении погрузо-выгрузочных работ; хранение грузового ПС частных лиц на городской УДС, во внутривортовой территории жилых кварталов и т.д. (рисунок 1.13)

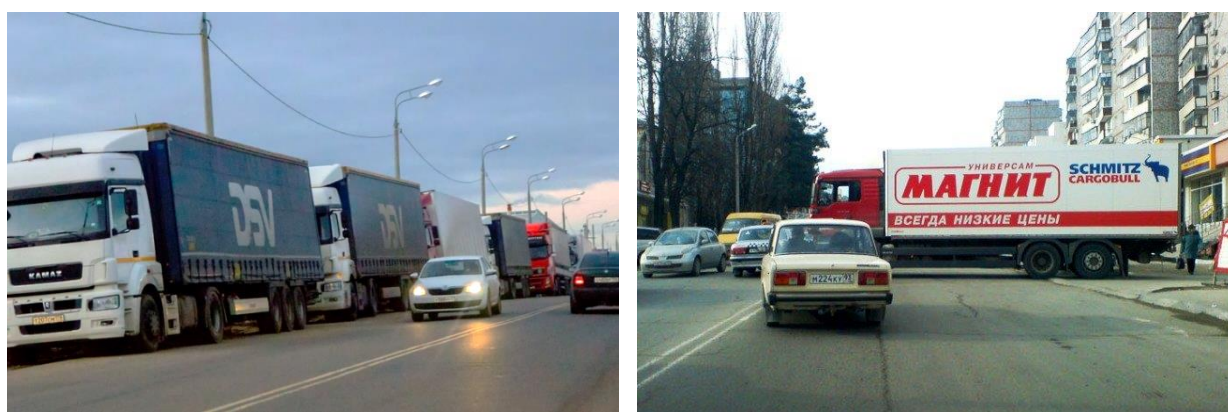


Рисунок 1.13 – Пример отстоя и парковки грузовых ТС на УДС

4. *Удаленность складских мест от мест доставки.* Изменения в системе грузоперевозок (подраздел 1.1) привели не только к поступательному развитию складской инфраструктуры, но и к ее распределению «вширь» [23]. При этом бывшие промышленные зоны, заброшенные районы и пространства не используются, не застраиваются заново, в то время как строительство ведется на неразработанных территориях, на свободных землях [110].

Описанная ситуация характерна для многих российских городов. Только на территории «старой» Москвы промзоны занимают около 18,8 тыс. га, т.е. более 17 % [85]. Это приводит к нарушению целостности городской структуры и удаленности складских мест от клиентов, увеличением среднего расстояния перевозки и пробега ТС («город длинных дорог»), сложностям маршрутизации

в условиях стохастического изменения дорожной обстановки и ряду вытекающих проблем.

Обобщая изложенное, важно отметить, что разрабатываемые мероприятия по разрешению совокупности проблем в сфере городских грузоперевозок должны давать оптимальный суммарный эффект, т.е. должен быть обеспечен «баланс интересов участников транспортного процесса» [15]. Сложность заключается в том, что по ряду проблем стороны имеют противоречивые позиции, поскольку они делят между собой городскую территорию [132].

Так, например, экологическая проблема сопряжена с социальной, поэтому ее разрешение становится первоочередной задачей для *администрации города и жителей*, однако для *клиентов и перевозчиков*, которые нацелены на коммерциализацию деятельности, задача уменьшения выбросов – скорее, вынужденная мера. Проблема заторов, имея циклический характер, порождает ряд цепных проблем социального, экологического и экономического характера, поэтому является особо актуальной не только для *жителей и государства*, но и для *клиентов и перевозчиков*, т.е. всех сторон транспортного процесса.

В таблице 1.4 приведены задачи и интересы каждой стороны, которые необходимо учитывать при организации грузовых перевозок в городах.

Таблица 1.4 – Характеристика сторон транспортного процесса

Сторона	Задачи [132, 144]
перевозчики (предприятия, оказывающие услуги)	1) эффективное управление автопарком: минимизация порожних рейсов, повышение коэффициента загрузки подвижного состава, уменьшение времени доставки и т.д.; 2) экономическое развитие компании: рост объема перевозок, дохода, рентабельности и т.д.
клиенты (потребители услуг)	эффективная доставка: максимизация надежности поставок, сроков доставки; минимизация издержек и затрат на доставку, запасов, несохранных перевозок

Продолжение таблицы 1.4

Сторона	Задачи [132, 144]
администрация города (государственные органы)	1) снижение негативного влияния грузового транспорта на состояние города: минимизация шума, выбросов в окружающую среду, заторов на дорогах, повышение безопасности, рационализация использования городских территорий, сохранение архитектурного облика города и т.д.; 2) социально-экономическое развитие: рост оборота розничной и оптовой торговли, объема отгруженных товаров собственного производства и т.д.
жители города (горожане)	1) снижение негативного влияния грузового транспорта на состояние города: минимизация шума, выбросов в окружающую среду, заторов на дорогах; повышение безопасности; рационализация использования городских территорий; сохранение архитектурного облика города и т.д.; 2) увеличение возможностей для работы, отдыха: развитость сферы услуг, рост мобильности горожан и т.д.

Анализ мероприятий по разрешению транспортно-логистических проблем современных городов произведен в следующем подразделе.

1.3 Анализ мероприятий по разрешению транспортно-логистических проблем

Современные проблемы городов России (рисунок 1.11а) во многом идентичны проблемам США и стран Западной Европы в 80-х годах [9, 34]. Для их преодоления за рубежом воплощались идеи разных урбанистических теорий [9], которые нашли отражение в стратегиях устойчивого развития отдельных городов. Содержание лучших мировых стратегий развитых городов и регионов (Мельбурн, Аделаида, Барселона, Ванкувер, Нью-Йорк, Юта, Уэльс и т.д.) включает как самостоятельные задачи по формированию системы «эффективных городских грузовых перевозок» [34], так и косвенные задачи, влияющие на перевозку грузов. В России тоже разрабатываются стратегии развития транспортных систем для крупных агломераций (Московской, Ленинградской, Новосибирской и т.д.), а также документы городского транспортно-пространственного планирования – программы

комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ), комплексные схемы организации дорожного движения (КСОДД).

В большинстве действующих ПКРТИ и КСОДД совершенствование системы перевозок рассматривается как общая задача управления дорожным движением. Основные предлагаемые мероприятия заключаются в разделении грузопотоков по направлениям и по времени за счет введения ограничений на движение по отдельным улицам и зонам города, выделении так называемых «грузовых каркасов»; установления запрещающих временных интервалов для следования грузовых автомобилей; создания площадок для отстоя, строительства обходов городов и т.д. – для исключения транзитных ТС [35, 75].

Стоит отметить, что с 2011 г. в столичном регионе ведутся попытки комплексного управления перевозочной деятельностью с помощью созданной Дирекции Московского транспортного узла с рабочими экспертными группами по координации транспортно-логистической деятельности, гармонизации пространственно-инфраструктурного развития, но прежде всего в региональном масштабе. В других городах пока не было реализовано каких-либо подобных проектов по городским грузоперевозкам из-за значительных организационных, финансовых трудностей, главенствующего приоритета в решении задач в области пассажирских перевозок и т.д. [118, 135].

Обобщая известные в настоящее время во всем мире меры, направленные на разрешение проблем в области доставки грузов в городах, можно выделить две группы (рисунок 1.14).

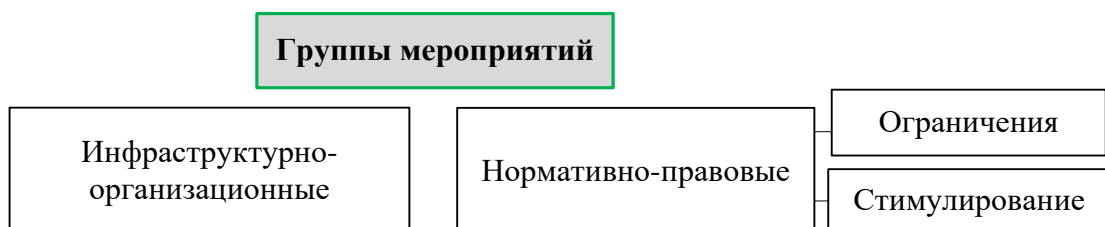


Рисунок 1.14 – Группы мероприятий по разрешению проблем грузовых перевозок

Инфраструктурно-организационные мероприятия подразумевают развитие необходимой инфраструктуры и (или) создание новых систем, технологий, предприятий на рынке транспортно-логистических услуг или отделов, ассоциаций, советов, рабочих групп для более эффективной (с точки зрения поставленной цели) доставки грузов.

Нормативно-правовые мероприятия подразумевают разработку регулятивных, ограничительных или стимулирующих мер при управлении грузовым дорожным движением с помощью нормативно-правовой политики и актов (в нашей стране – «Правила дорожного движения РФ», стандарты на технические средства организации движения, локальные нормативные акты, принятые в конкретных регионах страны и т.д.).

Согласно опубликованным работам [97, 109, 110, 113 – 124, 125 – 139, 140 – 147, 149 – 152], можно выделить пять основных принципов, на основе которых строится мировая практика управления процессами городских перевозок (рисунок 1.15).

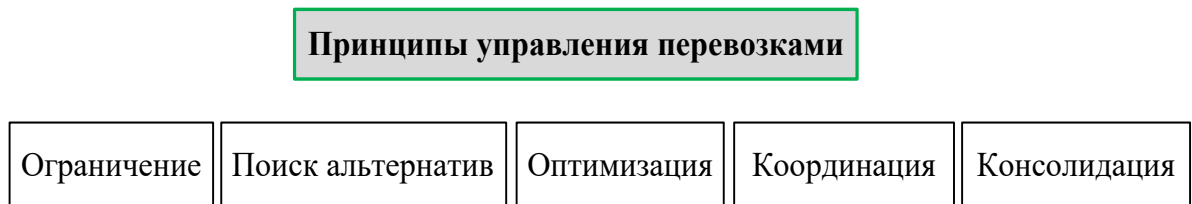


Рисунок 1.15 – Принципы управления грузовыми перевозками

Ограничительные меры включают:

- 1) введение интервалов времени, разрешающих или запрещающих движение отдельных категорий ТС (например, ночные поставки);
- 2) выделение улиц и дорог города, разрешающих или запрещающих проезд грузовым автомобилям (например, главная улица города без грузового движения);
- 3) установление платы за въезд в конкретную зону города или в определенное время;

4) введение ограничений по линейным размерам (длине, ширине, высоте) и другим параметрам (нагрузки на ось автомобиля, общему весу, типу двигателя и коэффициенту загрузки).

Принцип поиска альтернатив подразумевает:

1) использование более экологичного, так называемого «зеленого», транспорта (например, рельсовых систем транспорта: железнодорожного, трамвайного, – барж на реках и каналах и т.д.);

2) использование альтернативных способов доставки (велокурьеры, курьеры на самокатах и т.д.);

3) применение альтернативных источников энергии;

4) организацию смешанных перевозок (разными типами транспорта) внутри города и т.д.

Принцип оптимизации относится к работе предприятий и отделов и выражается в оптимизации транспортно-логистической деятельности отдельной компании с целью сокращения ее затрат (таблица 1.6, в работе подробнее не рассматривается).

Принципы координации и консолидации перевозок выражаются в сотрудничестве перевозчиков, клиентов и других сторон, что позволяет объединять (консолидировать) в одном ТС бóльшее количество грузов для выполнения совместной перевозки различным получателям и, как следствие, снижать потребность в грузовых поездках (сокращать общее количество поездок и суммарный пробег автомобилей).

1.4 Анализ исследований по управлению городскими грузовыми перевозками

Наиболее известные в нашей стране исследования в области городских транспортных систем представлены трудами ученых: М.Р. Якимова, Ю.В. Трофименко, М.Я. Блинкина, А.Э. Горева, В.В. Сильянова, С.В. Жанказиева, Г.И. Клинковштейна, С.А. Ваксмана, И.Н. Пугачева,

Н.А. Осинцева и других. Большое значение в российской транспортной науке имеют труды американского урбаниста, профессора В. Вучика.

Вопросы организации перевозок и транспортной логистики представлены в трудах ученых: В.И. Апатцева, Б.А. Левина, С.М. Резера, П.А. Козлова, В.М. Николашина, Ю.О. Пазойского, О.Н. Числова, М.И. Шмулевича, А.Н. Рахмангулова, Е.Д. Псеровской и других.

Вопросы формирования и размещения объектов логистической инфраструктуры исследовали Ю.М. Неруш, О.Д. Покровская, Т.П. Воскресенская, О.В. Москвичев, В.М. Сай, О.А. Копылова и другие.

Работы А.М. Гаджинского, В.А. Гудкова, Л.Б. Миротина, В.С. Лукинского, В.Д. Герами, И.В. Спирина, Е.Е. Витвицкого, Т.В. Маркеловой, Э.Р. Айтбагиной, К.С. Подшиваловой, В.В. Зотова и других посвящены логистическим аспектам функционирования транспортных систем: транспортному обслуживанию клиентов, мелкопартионной доставке товаров и грузов, системам распределения и товародвижения. По данной тематике также известны патенты на полезные модели [63, 64].

Представление о транспортных и логистических системах как о едином, неделимом объекте исследования раскрывается в достаточно новой для российской науки концепции – «городской логистике» («city logistic»); другие названия – «сити-логистика», «муниципальная логистика».

Отдельные работы Б.У. Сыздыкбаевой, Э.Р. Айтбагиной, О.А. Лебедевой, А.Ю. Тюрина, М.К. Роженко рассматривают понятие, цели и задачи данной концепции, подтверждают ее актуальность и высокую значимость, прежде всего, на основе анализа зарубежного опыта. Статьи Н.А. Осинцева и А.Н. Рахмангулова посвящены интеграции экологического фактора в городскую логистику, систематизации определений, целей, задач, методов «зеленой» логистики, изучению и анализу зарубежного опыта.

Научные статьи, посвященные городской логистике, условно можно сегментировать по тематике направлений исследований на четыре группы.

Первая группа научных статей [131, 137, 147] описывает разработанные методики для оценки негативного воздействия грузового трафика на городскую среду, а также инструменты для снижения этого влияния на примере: Сан-Паулу в Бразилии [147], городов Европы [131], Севильи в Испании [137] и т.д.

Вторая группа работ по городской логистике оценивает эффективность сотрудничества разных сторон транспортного процесса. Например, статья [113] посвящена маршрутизации ТС в условиях сотрудничества перевозчиков и муниципальных отделов управления движением с разной получаемой информацией: а) когда поступают сообщения о текущем состоянии загрузки УДС; б) когда дополнительно поступают сообщения о прогнозах. Информирование перевозчиков о текущей стратегии движения помогло повысить эффективность маршрутизации, сократив время в пути до 9 %, а добавление информационных прогнозов о будущей ситуации на дорогах – до 12 %.

Третья группа научных работ по городской логистике посвящена расширению области применения систем транспорта, отличных от автомобильных, а также оценке внешних улучшений отказа от автомобилей.

Так, например, авторы [121] предложили метод и доказали положительное влияние строительства «подземной транспортно-логистической системы для транспортировки контейнеров» на загрузку улиц (до 28 %) и сокращение выбросов в окружающую среду (до 40 %) на примере Шанхая.

Автор в работе [120] оценил целесообразность использования метрополитена для развоза грузов от отдаленных районов в центральную часть на примере Ньюкасл-апон-Тайн в Великобритании; в статье установлена связь предлагаемой технологии со снижением потребного количества грузовых поездок и экономического ущерба от ДТП.

Статья [127] посвящена условиям успешной реализации перевозок трамваем на примере города Антверпен в Бельгии. На основе сопоставления

затрат и выгод (частных и внешних) по трем вариантам: добавление грузового вагона к пассажирскому трамваю, специальный грузовой трамвай и перевозка в пассажирском вагоне (курьера с товаром), – установлено, что наибольшие преимущества достигаются при первом способе реализации проекта.

Коллектив авторов [150] разработал метод оценки использования городского пассажирского железнодорожного транспорта для грузовых перевозок на примере Пекина. Модели, учитывающие влияние внешних факторов на продвижение идеи, доказали, что проекты с более высокими уровнями финансирования и провозной способности позволят достичь наибольшего сокращения заторов, загрязнений и аварий на улицах и дорогах городов.

Автор статьи [142] проанализировал возможность перевозки городских грузов по железной дороге в Великобритании. С помощью программного обеспечения был сделан вывод, что использование по-новому малоинтенсивных железнодорожных линий позволяет разрешить не только проблему растущих объемов выбросов парниковых газов, но и повысить энергоэффективность за счет повышения производительности железнодорожного транспорта.

В работах [116, 125, 135, 140, 141, 145] всесторонне рассмотрены многовидовые, в т.ч. автомобильно-железнодорожные перевозки. Основные выводы и ключевые идеи работ состоят в следующем:

1) для описания городского контекста железнодорожных перевозок используется термин «легкорельсовая железная дорога» («Light Freight Railway»);

2) использование рельсового транспорта в определенных условиях положительно влияет на экологические, социальные и экономические аспекты транспортных систем;

3) система городских рельсовых перевозок как инновационное решение может стать реальной альтернативой автомобильному транспорту;

4) жизнеспособность идеи, прежде всего, определяется заинтересованностью ответственных лиц в продвижении новой концепции многовидовых городских перевозок.

Отдельные работы описывают инновационные решения и их положительное влияние на устойчивость ТЛС города с использованием: грузовых электромобилей и постаматов (устройств для автоматической выдачи товаров) [136]; электромобилей, велосипедов, общественного транспорта [115]; аэротакси [109]; внутреннего водного транспорта [36] и т.д.

Четвертый тип исследований по городской логистике [113, 117 – 119, 122, 124, 128, 130, 133, 134, 138, 143, 144, 149, 151] оценивает выгоды от сотрудничества и координации деятельности сторон транспортного процесса через технологию организации перевозок с городским центром-терминалом – консолидационным или распределительным. Систематизация научных исследований по данному направлению будет приведена ниже.

Выводы по разделу

По итогам выполненного анализа современного состояния транспортно-логистических систем крупных городов России и научных исследований по данной тематике можно сделать следующие основные выводы.

1. В результате кризиса 90-х гг. в России произошло сокращение перевозочной деятельности специализированных автотранспортных предприятий. После 2000 гг. структура грузовых перевозок изменилась в пользу автомобильного транспорта с переключением перевозочной деятельности на крупные торгово-производственные компании, которые самостоятельно организывают доставку грузов для собственных нужд.

2. Высокие темпы развития объектов транспортно-складской инфраструктуры, увеличение их количества и площадей, свидетельствуют о применении компаниями терминальной технологии перевозок тарно-штучных грузов. Рост парка грузовых автомобилей средней и малой грузоподъемности

в собственности организаций и граждан, в свою очередь, говорит об увеличении объемов мелкопартионных перевозок.

3. Преимущественное использование автотранспорта для обслуживания значительного числа грузопотоков, разнородной структуры и малой мощности, между большим набором получателей и отправителей обуславливает современные транспортно-логистические проблемы городов, которые имеют, прежде всего, социальную и экологическую направленность.

4. При растущем транспортном спросе для обеспечения устойчивого развития и функционирования транспортно-логистических систем имеет важное значение стратегия управления грузопотоками на основе концепции городской логистики. В работе описано содержание концепции, охарактеризованы методы городской логистики, сформулированы ее принципы.

5. Анализ трудов отечественных авторов по проблематике транспортно-логистических систем показал значительный вклад ученых в фундаментальные положения транспортной науки и только зарождающийся интерес к такому направлению, как городская логистика, научно-методического описания которой в должной мере ранее выполнено не было.

6. В работе систематизированы современные зарубежные научные исследования по городской логистике. Они содержат оценку негативного влияния грузового движения на городскую среду, разработку рекомендаций для снижения этого отрицательного воздействия и определение результативности предлагаемых мероприятий. Возможным способом разрешения транспортно-логистических проблем может стать технология организации грузовых перевозок с новым объектом инфраструктуры – городским центром-терминалом.

2 РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К СОЗДАНИЮ ГОРОДСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

2.1 Базовые теоретические положения о перевозках с городским распределительным центром

Для обозначения складских объектов, специализирующихся на сортировочной работе с грузами (грузопереработке), в отечественной практике распространено определение «сортировочный» или «распределительный» центр. Для обозначения узлов, связывающих коммуникации транспорта (пути сообщения) – «логистический центр»; кроме того, встречаются термины «логопарк», «логистическая деревня», «сухой порт», «транспортно-логистический комплекс» или «транспортно-логистический центр» и производные от них. Сравнение определений объектов логистической инфраструктуры представлены в исследованиях [84, 67 – 69], далее в нашем исследовании все такие объекты обобщенно называются «логистическими мощностями».

Как отмечалось ранее, в зарубежной литературе к логистическим мощностям относят еще и такую категорию как «городские терминалы» («City Terminals»), получившую свое наименование из-за особенностей расположения: в пригородной зоне крупных городов или вблизи «центральных деловых районов» («Central Business Districts»).

Концепция городских терминалов восходит к 1970-м годам. Большинство проектов такого типа было реализовано в Германии (в районах Аахен, Потсдам-Берлин, Бремен, Кельн, Эссен, Франкфурт, Фрайбург, Кассель, Нюрнберг, Регенсбург, Штутгарт и Ульм). Кроме того, центры развивались в Японии, Великобритании, Голландии, Италии, Нидерландах, Бельгии [97, 118].

В качестве названий городских терминалов за рубежом обычно используются обозначения «городские распределительные центры» («Urban Distribution Centres») или «городские центры консолидации» («Urban Consolidation Centres»). В литературе отечественных авторов для обозначения аналогичных объектов употребляются термины: городские центры консолидации, городские центры распределения, логистические товарораспределительные центры, городские терминалы и т.д. В нашей работе использована трактовка – «городской распределительный центр» (ГРЦ).

Классическая интерпретация *технологии с ГРЦ* в сравнении с прямыми (сквозными) перевозками [151] изображена на рисунке 2.1.

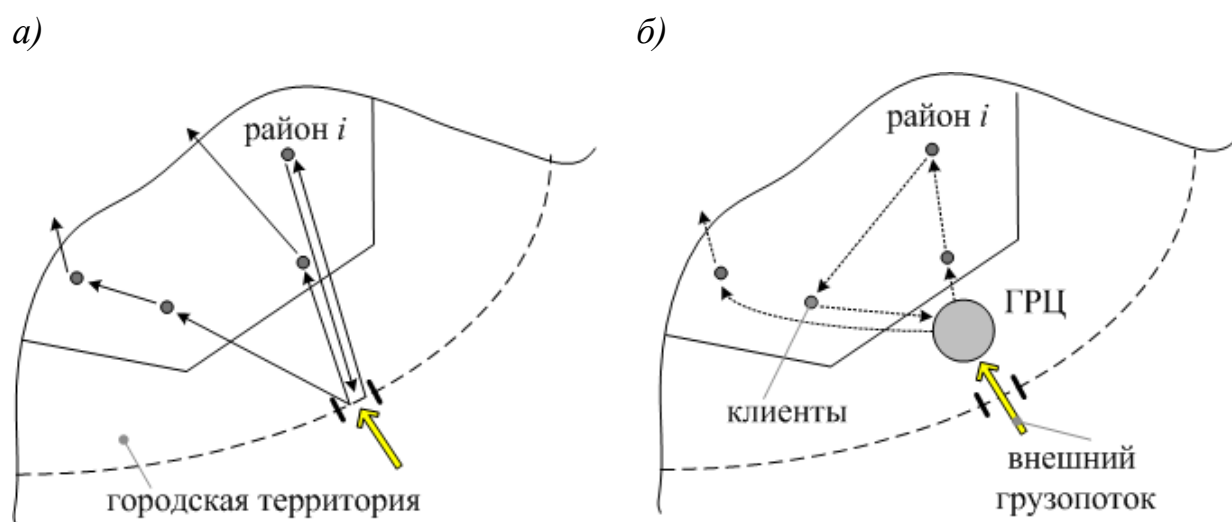


Рисунок 2.1 – Схемы прямой (а) и терминальной (б) технологии [151]

В случае *прямых (сквозных) перевозок* грузы прибывают непосредственно от грузоотправителей и доставляются либо одному получателю, либо нескольким получателям с разгрузкой в нескольких пунктах (рисунок 2.1а).

Классическая *терминальная* технология подразумевает перевозку грузов транспортом большой провозной способности до одноименных объектов – терминалов, где проводятся операции с грузом (терминальная обработка), и только затем – доставку клиентам [38, 47, 67]. Такую технологию используют большинство крупных организаций транспортно-

логистического и торгового характера деятельности при распределении грузопотоков внутри собственной сети объектов (подраздел 1.2).

Отличительные особенности *терминальной технологии с ГРЦ* (рисунок 2.1б) заключаются в появлении на рынке транспортно-логистических услуг *нового участника* – оператора ГРЦ, специализирующегося на организации доставки грузов в городах, и создании *нового инфраструктурного объекта* – ГРЦ.

Для описания специфических характеристик рассматриваемой технологии в диссертации введены следующие термины, которым определения (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Основные термины и их определения

Терминологическое обозначение	Определение
оператор ГРЦ	звено цепочки поставок, ключевое значение которого заключается в координации сторон транспортного процесса и консолидации (объединении) партий грузов с целью снижения общего объема движения грузовых автомобилей при организации перевозок в городе
городской распределительный центр (ГРЦ)	терминал (логистическая мощность) в пригородной зоне или в городской черте для терминальной обработки грузов перед доставкой клиентам ГРЦ
внешний грузопоток	грузы, рассматриваемые в процессе перемещения до городской черты (вне рассматриваемого района)
внутренний грузопоток	грузы, рассматриваемые в процессе перемещения до получателей в городской черте (внутри рассматриваемого района)
поставщик	внешнее по отношению к городской черте звено цепочки поставок (распределительный центр, оптовый склад или при их отсутствии грузоотправитель в другом городе), поставляющее грузы получателям, расположенным в городе
внешний транспорт	вид транспорта или тип подвижного состава, с помощью которого обслуживается внешний грузопоток
транспорт ГРЦ	вид транспорта или тип подвижного состава, с помощью которого оператор ГРЦ обслуживает внутренний грузопоток
клиент	грузоотправитель, грузополучатель или третье лицо – сторона договора с оператором ГРЦ или с перевозчиком на организацию грузовых перевозок и других услуг, связанных с ними
перевозчик	участник цепочки поставок, осуществляющий доставку грузов получателям
район	рассматриваемая часть, зона города (не является границами муниципального района)

Рассматриваемая технология применима к таким формам поставок, как товароснабжение и почтовые перевозки (рисунок 2.2), т.е. к товарам народного потребления, тарно-штучным грузам.



Рисунок 2.2 – Виды городских грузопотоков и формы поставок

Основной набор услуг оператора ГРЦ включает следующие операции (рисунок 2.3а): 1) прием и выгрузка грузов от поставщиков, т.е. обслуживание внешних (входящих) грузопотоков; 2) обработка грузов: сортировка и при необходимости – хранение; 3) погрузка на другой ПС и отправление, т.е. обслуживание внутренних грузопотоков [144].

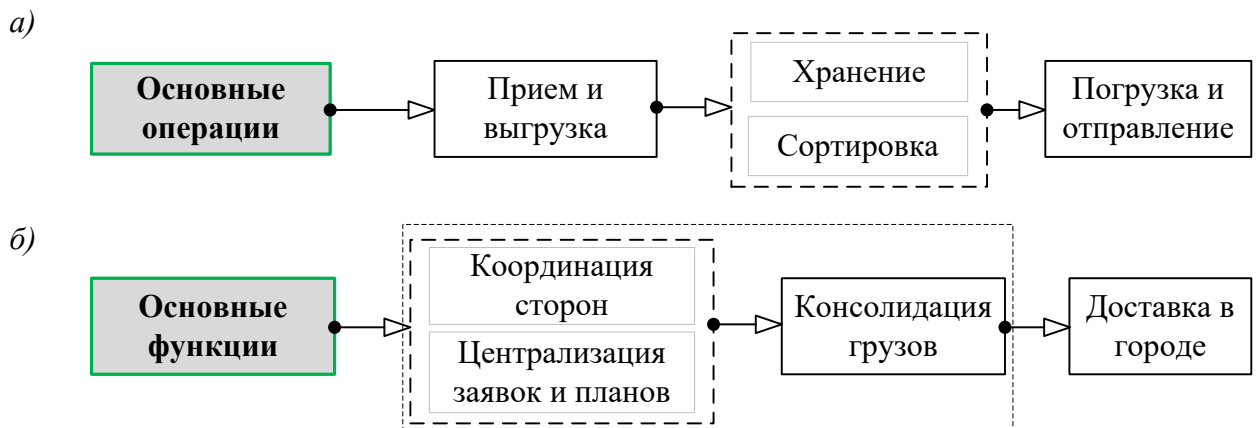


Рисунок 2.3 – Задачи (а) и функции (б) оператора ГРЦ

Отличительные функции рассматриваемого объекта выражаются в осуществлении (рисунок 2.3б): 1) координации деятельности разных сторон транспортного процесса; 2) централизации индивидуальных заявок и планов

поставок; 3) консолидации партий грузов; 4) совместных способов доставки грузов в городах.

Из этого следует вывод, что для рассматриваемой технологии необходимо обеспечить привлечение достаточного объема клиентских грузопотоков [134].

Выполненный анализ современных научных исследований позволил определить ряд факторов, влияющих на решения потенциальных клиентов использовать ГРЦ:

$$Y = (I; C; T; Z; W), \quad (2.1)$$

где I – положительные и отрицательные стимулы (субсидии, льготы, типы налогообложения и т.д.);

C – изменение денежных затрат, вызванное решением пользоваться ГРЦ;

T – изменение времени доставки, вызванное решением пользоваться ГРЦ;

Z – ограничения (см. подраздел 1.3, рисунок 1.15);

W – прочие факторы, влияющие на решения клиентов.

Эти основные положения являются базовой теоретической информацией. Для более подробного рассмотрения технологии в конкретных местных условиях необходимо исследовать такие аспекты, как:

1) выбор места размещения центра или их сети [114, 117, 119, 123 – 124, 130, 132, 134, 149];

2) определение технико-технологических параметров и условий эксплуатации объекта [118, 128, 129, 134, 149, 152];

3) выбор механизма обеспечения финансовой устойчивости функционирования объекта [129, 143];

4) оценку соответствия нормативно-правовому регулированию в сфере грузовых перевозок с обоснованием применения необходимых дополнительных мер [82, 130, 146].

2.2 Разработка методических рекомендаций выбора мест размещения городского распределительного центра

Известные методы решения задач месторасположения логистических мощностей имеют принципиальные отличия, преимущества и недостатки. Так, одни требуют применения совершенных алгоритмов и технологий моделирования, вторые не учитывают различные фактические ограничения, другие – не универсальные, хорошо описывают результаты частных случаев и т.д. [8, 16]. Их можно объединить в четыре основные группы, характеристика которых представлена в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Классификация методов по определению мест размещения логистических мощностей

Группа	Примеры, входящие в группу	Источник
аналитические методы	«центра тяжести» или гравитации	[10]
	пробной точки	
	поиска минимума транспортной работы	
методы оптимизации	линейное программирование (транспортная задача, задача коммивояжера и т.д.)	[106]
	динамическое программирование	
имитационное моделирование	anyLogic (работа с ГИС-картами)	Пакеты и программы
	anyLogistix	
экспертные методы	многокритериальная оптимизация (аналитическая иерархия)	[3]
	интегрированные оценки	[84]

В отечественной литературе вопрос размещения такого объекта как ГРЦ прежде подробно не рассматривался. В большинстве научных публикациях содержатся в основном рекомендации, сформулированные либо на основе зарубежного опыта, либо на методах размещения известных типов логистических мощностей (таблица 2.2).

В зарубежной научной литературе, напротив, в последние годы все чаще анализируются подходы по рациональному расположению ГРЦ. Типы исследований, посвященных данной тематике, сведены в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Основопологающие принципы по определению мест размещения ГРЦ

Основопологающий принцип, метод	Краткая характеристика	Пример статьи
минимум логистической ² стоимости	задача разрешается исходя из минимума затрат на создание, эксплуатацию и транспортировку с учетом величины внешних положительных эффектов (например, сокращения потерь времени в заторах, выбросов в окружающую среду и т.д.)	[119, 122]
многокритериальные оценки	задача разрешается исходя из соответствия расположения наилучшему варианту на основе экспертного оценивания совокупного влияния набора факторов	[114, 124, 130]
проблема маршрутизации-дислокации	задача разрешается исходя из соответствия расположения наилучшему варианту организации доставки «последней мили» на основе оценивания различных комбинаций «дислокация – маршрутизация – тип подвижного состава»	[132, 149]

В качестве примеров рассмотрим некоторые из исследований подробнее.

Согласно [122], выбор расположения ГРЦ оказывается определяющим фактором в целесообразности применения технологии как таковой. Расположение объекта обуславливает стоимость затрат на его создание и эксплуатацию (чем ближе к центру города, тем дороже), а также на величину транспортных расходов (чем ближе к клиентам, тем дешевле). Так как поведение на рынке у перевозчиков определяется целью минимизировать расходы, а у операторов ГРЦ – увеличить прибыль, то в [122] доказывается связь выбора мест размещения и решений участников транспортного процесса об использовании ГРЦ. Вывод исследования заключается в том, что ГРЦ следует создавать вблизи центральных деловых районов.

Работа [114] описывает применение многокритериальной оценки принятия решений о создании ГРЦ во внутренней части города, сопряженной с GIS-технологиями, что позволяет визуально по карте найти наиболее

² В работе термины «логистические», «совокупные» «суммарные», «общие» рассматриваются как синонимы.

пригодные для этого места. Исследование учитывает балльную оценку и удельный вес критериев (было проанализировано 11 показателей), относящихся к трем категориям: пространственно-территориальным, эксплуатационным и социальным. Рассчитанные количественные значения обобщенного показателя нанесены на цифровую карту местности в соответствии с разными цветовыми обозначениями. Из потенциально пригодных мест, найденных по карте, выделяется единственный вариант с помощью утоняющих расчетов: в работе [114] по критерию расстояния-времени. Вывод заключается в том, что выбор места размещения зависит от целевых установок принимающих решения лиц, важности для них факторов (политических, экономических, социальных, технологических, экологических и правовых), т.е. от цели, которую в первую очередь учитывают эксперты, участвующие в опросах.

Работа [149] посвящена оценке влияния «дислокации-маршрутизации» на улучшение экологической ситуации. На первом этапе в исследовании эволюционным методом (генетическим алгоритмом) определяется набор возможных вариантов размещения центров на основе перебора комбинаций закрепления клиентов за ГРЦ. Выбирается такой набор решений, который обеспечивает минимальное общее расстояние всех клиентов до центров. Для полученного набора решений на втором этапе назначается тип ПС и выполняется маршрутизация путем вычисления наименьшего общего пробега. Предложенный алгоритм применен к реальным условиям (к нескольким сценариям организации перевозок) и сделан вывод, что в первую очередь именно целевые установки администрации определяют, где располагать центр, какие типы транспортных средств использовать и какие маршруты прокладывать.

Несмотря на разнообразие предложенных подходов, все они имеют общие черты и ключевые идеи, учитывающие специфику ГРЦ по сравнению с другими типами логистических мощностей.

Во-первых, использование того или иного метода для нахождения оптимального месторасположения ГРЦ обычно связано с наличием доступных ресурсов у исследователей (баз данных, программных комплексов и т.д.). Отметим, что численные данные по городским грузовым перевозкам крайне трудно получить [153], так как система автомобильных грузоперевозок децентрализована, сведения частных компаний являются коммерческой тайной, в администрации городов отсутствует необходимая информация о системах распределения, а выполнение натурных исследований на УДС крайне трудоемкое и т.д. Поэтому многие работы выполнены в рамках научных проектов, исследовательских программ (грантов) с поддержкой транспортными сообществами, торгово-производственными компаниями и т.д. В этом случае применяется методика, позволяющая использовать доступные инструменты и материалы.

Во-вторых, при выборе места размещения ГРЦ не следует учитывать только транспортные критерии (пробег, транспортную работу, тарифы и т.д.). Задача расположения городской инфраструктуры более сложная, чем размещение логистических мощностей в региональных или национальных транспортных системах, так как городской транспортный проект воздействует на социальную сферу жизни общества. Следует признать, что совокупное влияние множества факторов (транспортных, технологических, экономических, социальных, правовых и т.д.) достаточно трудно оценить, при этом многие из них не поддаются формализации. В этом случае формируется достаточный набор критериев, которые нужно или возможно учесть. При том что критерии могут отличаться в каждом частном случае; зависят от целевых установок заинтересованных сторон и лиц, принимающих решения. Тогда применяется методика, позволяющая обрабатывать эти критерии.

В-третьих, проблему месторасположения ГРЦ следует рассматривать во взаимной связи с вопросом конкурентоспособности, стимулирования и повышения привлекательности такой технологии для разных сторон, так как расположение центра может повлиять на поведение и решение участников

транспортного процесса, а значит на целесообразность создания самого центра распределения. Расположение должно быть таким, чтобы ГРЦ потенциально мог обслуживать как можно больше клиентов, минимизируя негативные последствия эксплуатации грузовых автомобилей.

Таким образом, ключевым моментом в рассматриваемом вопросе является оценка условий, в которых будет функционировать ГРЦ, так как технико-технологические и структурно-планировочные параметры объекта определяют его месторасположение и наоборот. Задача сводится к получению единственного решения из всех возможных по установленным правилам выбора с учетом совокупности сведений о местных условиях: ограничений, возможностей и целевых установок заинтересованных сторон (рисунок 2.4).

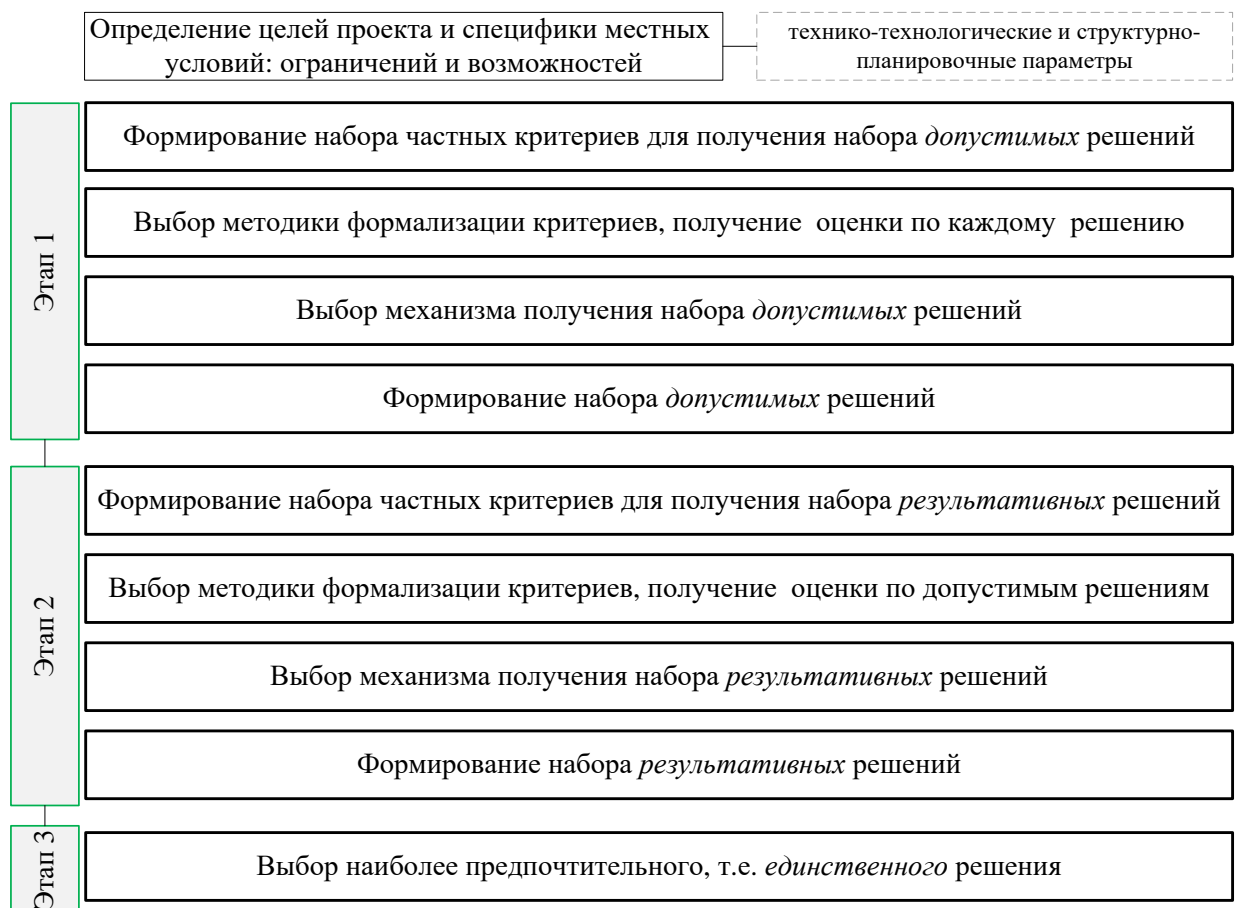


Рисунок 2.4 – Алгоритм определения месторасположения ГРЦ

Опишем поэтапно представленный выше алгоритм.

1. Необходимо определить наиболее важный целевой ориентир или набор целей, на достижение которых будет направлен проект при имеющихся возможностях и ограничениях, которые возможно и (или) невозможно устранить в реальных условиях. Это позволит сформировать параметры центра или их сети и стратегию развития.

Для определения целевых ориентиров, на достижение которых направлено создание ГРЦ, могут быть использованы сведения из таблицы 2.4. В ней обобщены по сферам влияния потенциальные положительные эффекты при рациональной организации работы ГРЦ. Всего представлено шесть сфер, отражающих улучшения для горожан, клиентов (получателей и отправителей грузов), государства, перевозчиков и операторов транспортно-логистических услуг.

2. На следующем этапе в соответствии с принятой ранее стратегией необходимо сформировать набор критериев, необходимых для учета и анализа при решении вопроса о размещении ГРЦ. Для этого шага может быть использована информация из таблицы 2.5.

В ней приведены пять групп критериев, характеризующих степень соответствия транспортно-логистической инфраструктуры, территории и окружающей среды, расположения потенциальных клиентов, особенностей нормативно-правового регулирования набору допустимых мест размещения ГРЦ.

3. Далее необходимо применить методику обработки критериев, получить их относительные, формализованные оценки по каждому рассматриваемому варианту размещения ГРЦ. Для этого могут использоваться известные подходы [3, 8, 45, 84, 112], поэтому в нашей работе данный вопрос подробно не рассмотрен.

Таблица 2.4 – Сферы улучшения и потенциальные положительные результаты организации терминальных перевозок [123, 138]

Сфера улучшения	Примеры положительных результатов
конкурентоспособность терминальных перевозок	1) повышение конкурентоспособности терминальных перевозок по сравнению с прямыми; 2) повышение конкурентоспособности прилегающей территории и зоны влияния ГРЦ на рынке; 3) использование информационно-коммуникационных, инновационных технологий и оборудования для модернизации сферы грузовых перевозок; 4) улучшение существующей логистической инфраструктуры и (или) развитие новой
уровень обслуживания («level of service»)	1) устранение задержек, увеличение скорости и коэффициента загрузки ТС за счет улучшения маршрутизации; 2) соблюдение сроков доставки и повышение надежности грузоперевозок; 3) введение дополнительных услуг; 4) мониторинг и доступность информации, «отслеживание» цепочек поставок; 5) повышение удовлетворенности клиентов; 6) повышение уровня доступности дополнительных услуг, взаимодействие терминала с дополнительными службами (например, железнодорожными перевозчиками); 7) снижение времени обработки и затрат на единицу груза; 8) улучшение доступности товаров на рынке с точки зрения затрат и времени
бизнес и маркетинг	1) повышение привлекательности страны, региона, города для открытия новых предприятий; 2) привлечение компаний, партнеров и потенциальных заинтересованных сторон; 3) улучшение синергетического эффекта между предприятиями и построение схем сотрудничества (например, государственно-частного партнерства) между заинтересованными сторонами; 4) усиление роли терминала (и прилегающих территорий) на рынке грузовых перевозок и транспортно-логистических услуг
пространственное и социально-экономическое развитие	1) снижение стоимости и экономия энергии и (или) топлива; 2) вклад в экономическое и территориальное единство прилегающей территории; 3) вклад в полицентрическое пространственное развитие; 4) оптимизация развития землепользования (смягчение последствий использования земель для логистики из перегруженных или экологически охраняемых территорий, сокращение необходимого пространства за счет концентрации логистической деятельности на определенных территориях и создание специальных логистических зон); 5) социально-экономическое развитие и снижение затрат на логистические операции
улучшение качества жизни	1) снижение загрязнения окружающей среды, шума и визуальных неудобств из-за грузовых перевозок, особенно вблизи городских территорий или охраняемых природных зон; 2) сдвиг доли рынка с автомобильного транспорта на более экологически чистый комбинированный транспорт с приоритетом железнодорожного; 3) продвижение вопросов мобильности и доступности; 4) снижение общей цены для потребителей за счет экономии от масштаба агрегированных грузов, консолидации и объединения партий (общая обработка и доставка)
организационно-институциональная структура системы грузовых перевозок	1) предоставление справедливого и равного доступа заинтересованным сторонам и потенциальным пользователям, клиентам; 2) соблюдение политики управления грузовыми перевозками; 3) построение организационной схемы в соответствии с законодательной базой и национальной, региональной, местной политикой и правилами городского грузового транспорта; 4) независимость терминала от транспортно-логистических компаний на рынке услуг, оказывающих влияние на решения в сфере грузоперевозок

Таблица 2.5 – Предлагаемые группы критериев для выбора допустимых мест размещения ГРЦ

Группа	Примеры критериев
геостратегическое расположение	1) расстояния до промышленных зон; 2) расстояние до логистической инфраструктуры (включая другие распределительные центры); 3) расстояния до транспортно-логистических компаний; 4) расстояния до торговых центров; 5) расстояния до сельскохозяйственных или агробизнесцентров; 6) плотность размещения потенциальных клиентов ГРЦ (плотность грузообразования)
пригодность транспорта и инфраструктуры	1) объем грузопотоков, которые могут быть потенциально обработаны ГРЦ; 2) тип примыкания к инфраструктуре ТЛС; 3) расстояния до инфраструктуры ТЛС; 4) техническая пригодность инфраструктуры (срочная, небольшая или незначительная потребность в строительстве, обслуживании или реконструкции); 5) наличие конструкций, инженерных сетей и оборудования (срочные, небольшие или незначительные потребности, необходимость покупки, обслуживания или демонтажа); 6) ограничение доступа (запретительные меры для грузовых ТС)
пригодность территории	1) тип местности; 2) возможность использования территории для целей логистики; 3) возможность перспективного развития ГРЦ; 4) необходимые дополнительные и вспомогательные мероприятия, их характеристики
окружающая среда	1) удаленность от экологически уязвимых территорий (охраняемых территорий, источников водоснабжения, национальных парков и курортов); 2) изменение уровня загрязнения воздуха с учетом выбросов парниковых газов и твердых частиц; 3) изменение уровня мешающего шума; 4) визуальное загрязняющее воздействие
организационно-институциональная структура и правовое регулирование	1) статус собственности объекта (государственная, частная или иная схема сотрудничества); 2) административная и управленческая структура (процесс принятия решений); 3) схема финансирования сотрудничества с заинтересованными сторонами; 4) уровень соответствия международной, национальной, региональной и местной транспортной политике; 5) ограничительная политика для эксплуатации грузовых ТС; 6) уровень осведомленности участников транспортного процесса о негативных факторах, связанных с грузовыми перевозками

4. С помощью выбранного механизма следует сформировать набор допустимых мест размещения, таким образом исключить «заведомо нереализуемые» варианты и снизить трудоемкость последующих расчетов.

5. Необходимо сформировать набор критериев для оценки полученных допустимых вариантов размещения ГРЦ в соответствии с принятой стратегией с учетом фактических ограничений в реальных условиях. Для расчета

ожидаемого результата (в т.ч. внутранспортного эффекта) могут использоваться сведения таблицы 2.6.

В ней приведены пять групп критериев, учитывающих по каждому допустимому варианту расходы (экономические), загрузку и степень использования инфраструктуры (транспортные), социальные и экологические результаты, конкурентоспособность (маркетинговые).

Таблица 2.6 – Предлагаемые группы критериев для определения ожидаемого результата

Группа	Примеры критериев
экономические	1) себестоимость и цена услуг; 2) затраты отправителей и получателей грузов; 3) расходы на потребление энергии и топлива; 4) расходы на управление; 5) расходы на фонд оплаты труда, в т.ч. отчисления; 6) расходы на хранение и погрузочно-разгрузочные работы; 7) амортизация инфраструктуры и оборудования; 8) расходы на обучение; 9) стоимость необходимых основных и вспомогательных мероприятий (в т.ч. капитальных вложений)
транспортные	1) задержки и изменение скорости движения; 2) пропускная способность инфраструктуры; 3) загрузка инфраструктуры; 4) изменение объема движения грузовых ТС; 5) перерабатывающая способность ГРЦ; 6) ожидаемый «коэффициент насыщения ГРЦ» (доля грузопотоков в общей структуре, которых ГРЦ сможет обслуживать)
социальные	1) изменения в законодательстве на национальном и региональном уровнях; 2) изменения в законодательстве на местном уровне; 3) качество / уровень жизни
маркетинговые	1) принятие заинтересованными сторонами; 2) процент заинтересованных сторон; 3) скорость принятия и продвижения идеи
экологические	1) концентрация вредных веществ: CO, SO _x , NO _x , летучих органических соединений, NH ₃ , PM ₁₀ , CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O; 2) уровень шума

6. На следующем этапе необходимо применить методику оценки учитываемых критериев. Как было отмечено ранее, для этого могут быть использованы известные подходы, представленные в литературе [3, 8, 45, 84, 112].

7. С помощью выбранного механизма следует сформировать набор результативных мест размещения, таким образом исключить варианты, которые не принесут планируемые улучшения.

8. В завершении – получить самый предпочтительный вариант, т.е. единственное решение.

Основой разработанных методических рекомендаций выбора мест размещения ГРЦ [81] послужили научные труды [113 – 123, 128 – 138, 140 – 147, 149 – 152].

Ниже представлены пояснения к описанному алгоритму (рисунок 2.4).

Пусть P_d – множество допустимых решений, P_o – множество результативных решений и P – оптимальное решение, т.е. единственное месторасположение, удовлетворяющее всем требованиям и ограничениям. Тогда последовательность выбора символически записывается в следующем виде: $P \subseteq P_o \subseteq P_d$.

Формирование наборов критериев и их значимость определяется удельным весом каждого i -го критерия β_i , причем $0 \leq \beta_i \leq 1$, $\sum_{i=1}^n \beta_i = 1$, $i = \overline{1, n}$, где n – общее число критериев. Если i -ый критерий не учитывается в частном случае в соответствии с принятой стратегией, то $\beta_i = 0$.

Так как критерии могут выражаться количественными значениями в разных метрических системах, качественными, релейными и т.д., то для совместного учета их необходимо представить в специальном виде.

Пусть μ_i – формализованное значение i -го критерия (относительное, балльное и т.д.). Тогда механизм определения набора допустимых или результативных решений (вариантов дислокации) обозначим как:

$$\underline{\mu}_i \leq \mu_i \leq \overline{\mu}_i, \quad (2.2)$$

$$F = f(\beta_i; \mu_i), \quad (2.3)$$

где $\underline{\mu}_i, \overline{\mu}_i$ – ограничения, накладываемые на критерии;

f – выбранная функция получения оценок;

F – оценка варианта дислокации, удовлетворяющего условию (2.2).

Механизм выбора единственного решения: $F \rightarrow \text{extremum}$, т.е. принимаемый вариант месторасположения оказывается оптимальным, если не существует более предпочтительного.

2.3 Обоснование предложений по совершенствованию перевозок в г. Новосибирске

В данном подразделе более детально рассмотрены проблемы перегрузки УДС и нарушения транспортно-территориальной целостности г. Новосибирска.

Как отмечалось выше, по данным [148], в 2020 году столица Сибири оказалась девятой в мире и второй в стране по «уровню задержек»: расчетный показатель составил 45 %. Это означает, что среднее время одной поездки в г. Новосибирске увеличивается почти в полтора раза (в 1,45 раз) по отношению к передвижению в свободной сети. Характеристики дорожного движения (таблица 2.7), полученные по результатам транспортного моделирования [75] в программе PTV Visum также свидетельствуют о «неудовлетворительных» условиях на дорогах города (таблица 2.8).

Таблица 2.7 – Параметры УДС Новосибирска по данным [75]

Наименование элемента УДС	Min скорость, км/ч	Пиковая интенсивность, авт./ч.	Пропускная способность, авт./ч.	Уровень загрузки, %
площадь Труда	5	2620	2300	114
пл. Инженера Будагова	3	7743	6900	112
ул. Большевистская	3	3407	3100	110
ул. Владимировская	5	2290	2100	109
пл. Энергетиков	5	4622	4400	105
ул. Восход	7	2349	2350	100
Октябрьский мост	7	4606	4750	97
Димитровский мост	10	4300	4500	96
ул. Фабричная	3	2135	2350	91
ул. Немировича-Данченко	5	2552	2800	91
ул. Ипподромская	10	3105	3600	86
ул. Нарымская	7	2970	3500	85
ул. Станционная	10	1932	2350	82
ул. Ватутина	7	1900	2350	81
пр. Энергетиков	10	3617	4500	80
пр. Карла Маркса	10	1750	2200	80
ул. Дуси Ковальчук	10	1741	2350	74
ул. Сибиряков-Гвардейцев	10	1726	2350	73
ул. Кирова	15	1968	3000	66
Красный Проспект	15	1923	3000	64
ул. Станиславского	15	2505	4000	63

Таблица 2.8 – Характеристика уровней удобства движения [94]

Уровень загрузки, %	Характеристика
70 – 90	сплошной поток автомобилей, движущихся с малыми скоростями, состояние потока – насыщенное, очень высокая эмоциональная нагрузка водителя при очень неудобной работе водителя, неэффективная работа дороги
90 – 100	поток движется с остановками, возникают заторы, состояние потока – плотно насыщенное, очень высокая эмоциональная нагрузка водителя при очень неудобной работе водителя, неэффективная работа дороги
> 100	полная остановка движения, заторы, состояние потока – сверхплотное, крайне высокая эмоциональная нагрузка водителя при крайне неудобной работе водителя, неэффективная работа дороги

При этом в общем объеме перемещений в часы пик отношение грузовых ТС к индивидуальным составило 19 % по пробегу и 16 % по количеству (таблица 2.9).

Таблица 2.9 – Суммарный объем передвижений в утренний час пик в Новосибирске [75]

Подсистемы транспорта	Пробег, км	Количество, ед.
индивидуальный транспорт	976 053	84 792
грузовой транспорт	191 214	5 518

В течение 2020 года на улицах г. Новосибирска с разрешенным грузовым движением (рисунок 2.5) с участием автора были проведены исследования по определению среднегодовой суточной интенсивности движения транспортного потока. Замеры проводились в соответствии с методикой [21, 22] с помощью видеофиксации в светлое время суток в рабочие дни (со вторника по четверг) с последующим подсчетом значений интенсивности каждой группы ТС визуальным методом по видеофайлам [99].



Рисунок 2.5 – Схема Новосибирского транспортного узла

Среднегодовая суточная интенсивность движения для каждой i -ой группы ТС $N_{CC(i)}$ определена по формуле из [21]:

$$N_{CC(i)} = \frac{1}{m} \sum_1^m N_i \cdot k_{СЧ} \cdot k_{СД} \cdot k_{СМ}, \quad (2.4)$$

где N_i – количество ТС в группе, ед.;

m – количество выполненных учетов интенсивности движения;

$k_{СЧ} \cdot k_{СД} \cdot k_{СМ}$ – коэффициенты часа, месяца и недели соответственно.

Среднегодовая суточная интенсивность движения каждой группы / категории ТС, приведенная к легковому автомобилю, найдена как:

$$N_{CC(i)}^{\cdot} = N_{CC(i)} \cdot k_i, \quad (2.5)$$

где k_i – коэффициент приведения i -ой группы ТС к легковому автомобилю.

Общая среднегодовая суточная интенсивность движения N_{CC} определялась по формуле:

$$N_{CC} = \sum_1^K N_{CC(i)}^{\cdot}, \quad (2.6)$$

где K – количество групп / категорий ТС.

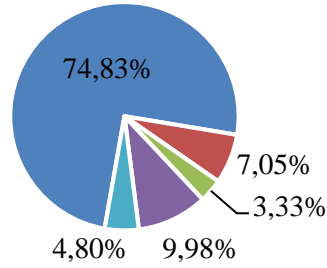
Результаты обследования перегонов улиц, обеспечивающих въезд и выезд с разных подходов к городской черте, приведены на рисунке 2.6; результаты распределения транспортного потока по составу в черте города для некоторых улиц – на рисунке 2.7.

Подробные результаты отражены в отчете «...по подсчету интенсивности транспортных и пешеходных потоков, на участках улиц и дорог г. Новосибирска, подлежащих паспортизации в 2020 году», выполненном совместно с кафедрой «Организация и безопасность движения» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

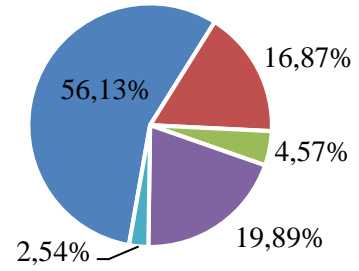
Диаграммы структуры транспортного потока показывают, что среднегодовая суточная доля грузовых ТС на подходах к городской черте составляет свыше 20,4 %. В городской черте – доля грузовых ТС неравномерна, значительно варьируется в зависимости от расположения улицы и ее категории, направления следования транзитных грузопотоков и составляет от 8,4 – 10,0 % до 39,7 % [99].

В приведенной структуре (рисунки 2.6, 2.7) двухосные ТС составили от 34,6 % до 74,0 % среди всех грузовых автомобилей, трех- и четырехосные – от 6,3 % до 18,1 % (рисунок 2.8), что подтверждает факт нагрузки на УДС не только транзитным транспортом, но и автомобилями, осуществляющими преимущественно внутригородскую доставку [99].

а)



б)



в)

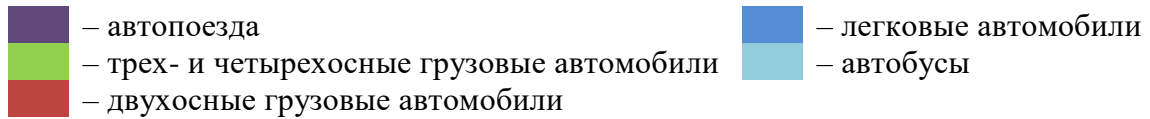
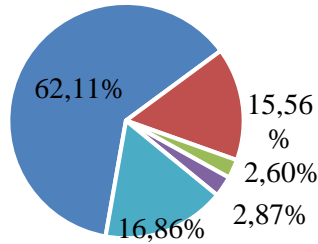
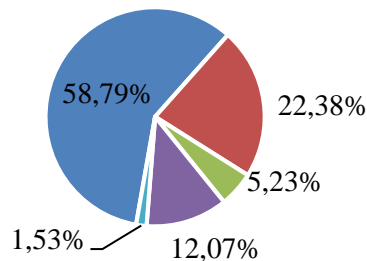
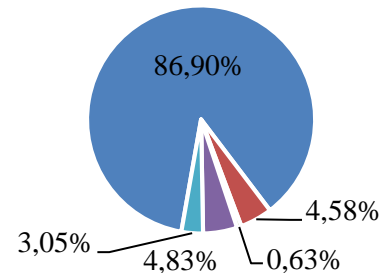


Рисунок 2.6 – Структура транспортного потока для улиц (а) Станционная, (б) Хилокская и (в) Б. Хмельницкого

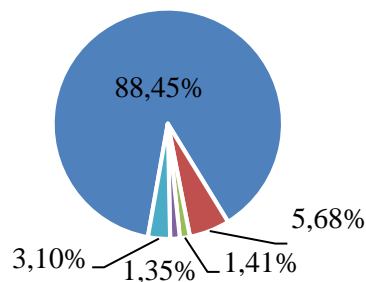
а)



б)



в)



г)

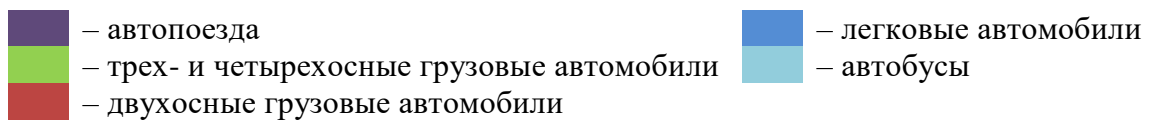
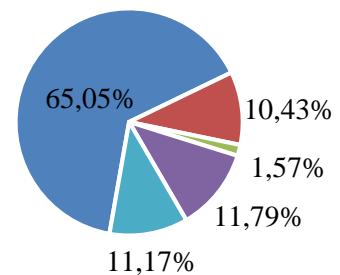


Рисунок 2.7 – Структура транспортного потока для улиц (а) Фабричная, (б) Плановая, (в) Танковая, (г) Д. Ковальчук

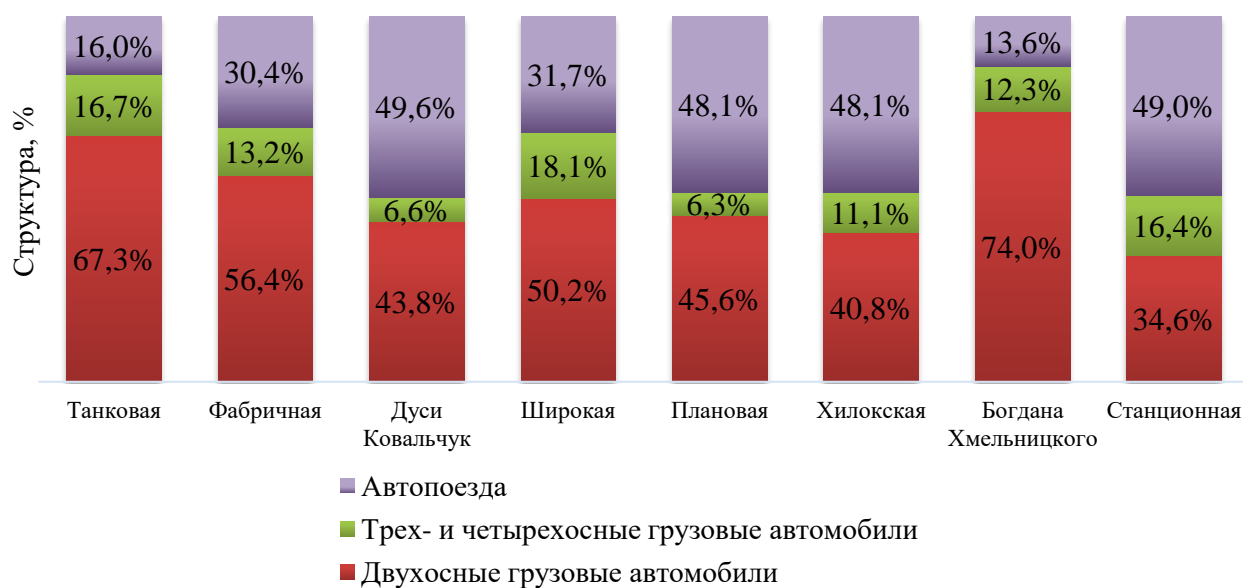


Рисунок 2.8 – Структура грузовых автомобилей в составе транспортного потока улиц г. Новосибирска, 2020 г.

При анализе полученных результатов, следует учитывать, что в категории «легковые автомобили» в соответствии с [21] были учтены фургоны и другие автомобили с прицепом. Поэтому реальная доля ТС, выполнявших грузовую работу, несколько выше приведенных чисел. При этом, ожидается, что суммарный спрос на перевозки грузов автомобильным транспортом будет расти и в 2030 году с учетом среднего соотношения различных типов ТС в потоке составит 27 238 легких, 2 224 средних и 389 тяжелых грузовых автомобилей (77,8 тыс. т/день) [35, 75].

Отмеченный факт повышенной загруженности транспортной системы грузовым движением обусловлен территориально-транспортными особенностями [41].

Во-первых, Новосибирский транспортный узел является местом концентрации и распределения грузопотоков не только для потребностей самого региона, но и для соседних регионов (Омской, Томской, Кемеровской областей; Алтайского края, частично Красноярского края и районов республики Казахстан).

Во-вторых, в 1980-2000 гг. из-за высоких темпов роста «точечной» и «стихийной» застройки без оптимизации территорий под транспортную работу зонирование промышленно-складских, жилых и общественных секторов стало носить несколько условный характер, поэтому основные зоны города тесно слились друг с другом и перемешались. На фоне растущей автомобилизации и построения города по квадратно-гнездовой схеме г. Новосибирск приобрел крайне сложную структуру с размытым зонированием города с элементами потери внутренней целостности [35, 75].

Описанные выше обстоятельства подтверждают необходимость совершенствования системы перевозок в г. Новосибирске, в т.ч. с возможностью реализации инфраструктурно-организационных мероприятий в сочетании с нормативно-правовыми (рассмотрены в подразделе 1.3).

Важно отметить, что во многих российских городах нововведения в системе перевозок часто оказываются труднореализуемыми и, если они не принесут ожидаемого результата, впоследствии вызовут протест со стороны участников транспортного процесса [62, 139], поэтому основным ограничивающим условием введения новой технологии является – лимит капитальных вложений. В данном случае с целью минимизации инвестиций в новые объекты инфраструктуры разрабатываемые мероприятия должны базироваться на использовании существующего потенциала ТЛС города.

Так, Новосибирский транспортный узел имеет развитую железнодорожную инфраструктуру, магистральные пути сообщения дублируют направления движения грузопотоков с западной, восточной и южной внешних зон. Территория города обладает сетью ПНОП, примыкающих к железнодорожным станциям узла (представлено на рисунке 2.5). Кроме того, промышленно-складские зоны и инфраструктура бывших предприятий промышленности находятся в городской черте вблизи с новыми пунктами зарождения и поглощения грузопотоков.

В существующей ситуации представляется возможным использовать в новом качестве данный потенциал территорий и инфраструктуры для целей

городской логистики и реализации технологии перевозок с ГРЦ, в т.ч. с возможностью перераспределения грузопотоков на альтернативные виды транспорта [120, 135, 140 – 142, 150].

Выводы по разделу

1. Рассмотрена технология терминальных перевозок с новым объектом инфраструктуры – городским распределительным центром. На основе выполненного анализа выделены четыре главные направления научных исследований по данной теме: выбор месторасположения центра или их сети; определение технико-технологических параметров и условий функционирования центра; выбор механизма обеспечения его финансовой устойчивости; оценка соответствия создания центра нормативно-правовому регулированию в сфере грузовых перевозок.

2. Разработаны базовые теоретические положения о перевозках с городским распределительным центром. Изложены понятийный аппарат и специфические черты функционирования, сформулированы отличия от других типов логистических мощностей, а также особенности задачи выбора его дислокации. Сделан вывод о взаимосвязи технико-технологических и структурно-планировочных параметров системы перевозок с городскими распределительными центрами.

3. Предложены методические рекомендации для определения месторасположения городского распределительного центра, которые позволяют получить решение по установленным механизмам выбора с учетом совокупности сведений о местных условиях. Новизна разработанных рекомендаций заключается в комплексном учете критериев, влияющих на рациональное размещение объекта и позволяющих оценить условия, в которых центр будет функционировать.

4. Обоснована необходимость совершенствования организации грузовых перевозок в г. Новосибирске, для этого проведено исследование

интенсивности движения и структуры транспортных потоков. Среднегодовая суточная доля грузовых автомобилей на подходах в городскую черту составила свыше 20,4 %, в городской черте – от 8,4 % до 39,7 %. В структуре грузовых транспортных средств наибольшую долю (от 34,6 % до 74,0 %) заняли двухосные автомобили, трех- и четырехосные – меньшую часть (от 6,3 % до 18,1 %).

5. Предложено использовать имеющуюся промышленно-складскую инфраструктуру бывших предприятий г. Новосибирска для создания распределительного центра или их сети, в т.ч. с дальнейшей перспективой перераспределения грузопотоков на линии железнодорожного транспорта.

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА НА ОРГАНИЗАЦИЮ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК

На стадии планирования транспортных проектов особенно важно с достаточной точностью оценивать потенциальные эффекты по методикам, иллюстрирующим наглядные закономерности влияния условий и параметров на результаты (например, в виде графиков или таблиц) [79].

Так как основные функции ГРЦ заключаются в координации и консолидации (рисунок 2.3), то необходимо установить характер влияния данных принципов на изменение объема движения грузовых ТС в рассматриваемом районе города, а именно:

- 1) количество грузовых автомобилей;
- 2) протяженность маршрутов их следования.

Ожидается, что снижение объема их движения улучшит экологическую ситуацию, изменит нагрузку на УДС, снизит помехи дорожному и пешеходному движению и т.д. [7, 60, 78, 79] за счет уменьшения:

- 1) заполнения пространства ТС в местах погрузки и выгрузки на УДС вдоль тротуаров или на них;
- 2) общего пробега грузовых ТС в рассматриваемом районе, зоне города.

3.1 Влияние создания городского распределительного центра на объем движения грузовых автомобилей

В основе такой оценки может лежать подход, предложенный R.M. Меррапамбат, L. Cheah и С. Суркубетис [134], который отличается высокой информативностью при достаточной простоте и позволяет строить графические зависимости, не требует трудоемкого сбора и анализа большого объема данных.

Подход основывается на идее, что каждый получатель выступает в роли «генератора», который вносит определенный «удельный вклад» в общий

объем грузового трафика. Тогда целью ГРЦ является сокращение «удельного вклада» и общего объема грузовых поездок в жилых и коммерческих (деловых) районах города при полном удовлетворении спроса без уменьшения необходимого количества поставок в анализируемом периоде.

Опишем физический смысл заложенного принципа на конкретном примере (рисунок 3.1). Пусть получателям s_1 и s_2 (пара получателей в одном здании) ТС в рамках дня привозят по одной партии товаров, тогда удельный вклад в общее количество доставок у каждого из них равен 1 (s_1 и s_2 генерируют по одной грузовой поездке, а вместе – две (рисунок 3.1а)). Если бы s_1 и s_2 скоординировали свою деятельность, то их мог бы обслужить один автомобиль за раз, тогда удельный вклад каждого снизился бы до 0,5 (в этом случае s_1 и s_2 генерируют «по половине» поездки, а вместе – одну (рисунок 3.1б)).

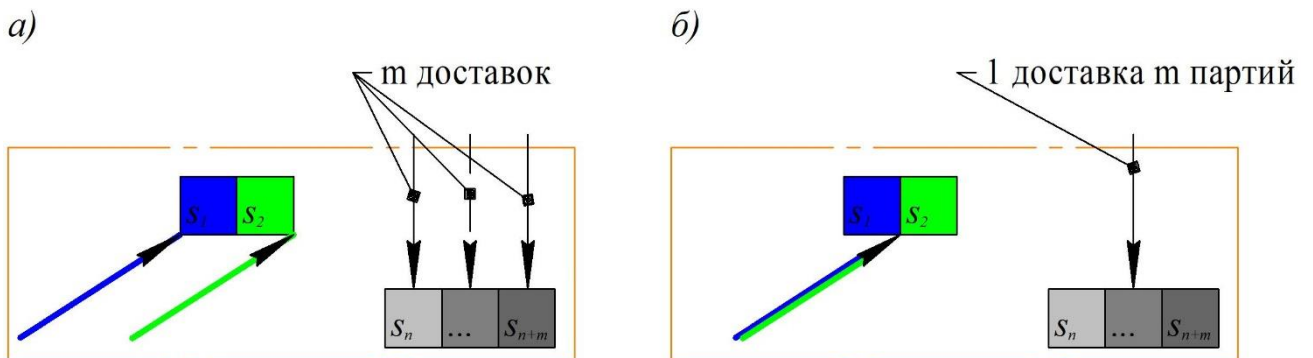


Рисунок 3.1 – Графическое представление эффекта от консолидации партий грузов: (а) до и (б) после объединения

Стоит акцентировать внимание на том, что описанный подход учитывает сокращение общего числа доставок именно в границах исследуемого района, т.е. в отдельной зоне или части города. При этом каждая грузовая поездка относится к тому району, в котором локализован пункт назначения [134], поэтому принципиальное отличие имеют две ситуации, связанные с расположением ГРЦ:

1) распределительный центр находится вне границ анализируемого района – учитываются только прямые груженные рейсы от ГРЦ до получателей (рисунок 3.1, 3.2б);

2) распределительный центр находится в границах анализируемого района – также учитываются обратные порожние рейсы от получателей до ГРЦ и внешние поставки до ГРЦ (рисунок 3.2в).

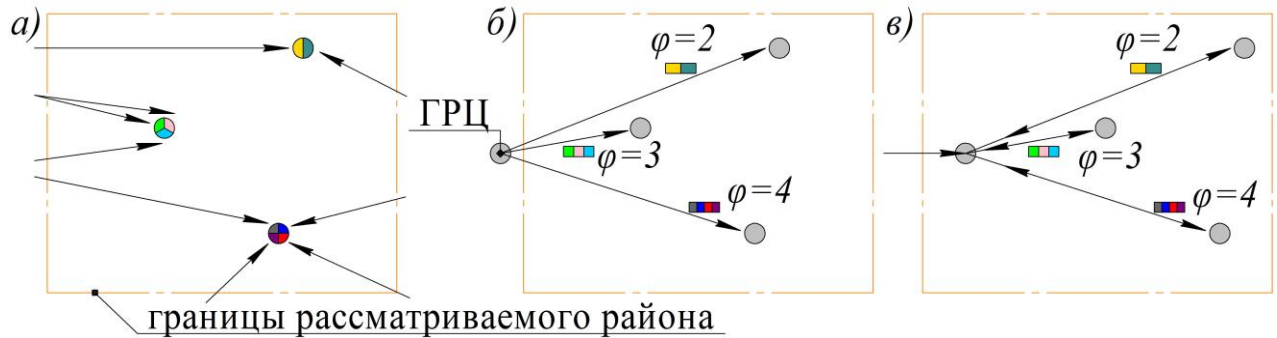


Рисунок 3.2 – Иллюстрация расчета общего числа доставок (а) до создания ГРЦ и после создания ГРЦ (б) вне или (в) внутри рассматриваемого района:

φ – уровень консолидации

Обратные рейсы от клиентов соответствуют ранее выполненным прямым, поэтому вклад ГРЦ в общее количество обратных поездок можно определить эквивалентно прямым (рисунок 3.3а).

Порядок учета внешних поставок опишем на следующем примере (рисунок 3.3б). Пусть до введения терминальной технологии с ГРЦ получателей s_2 и s_3 обслуживал один перевозчик, выполняя две разные доставки, теперь перевозчику можно выполнить лишь одну доставку до ГРЦ, объединив товары для s_2 и s_3 в грузовом автомобиле, при этом сам ГРЦ для внешнего транспорта выступает в роли «фиктивных клиентов» \tilde{s}_2 и \tilde{s}_3 [106], соответствующих реальным s_2 и s_3 .

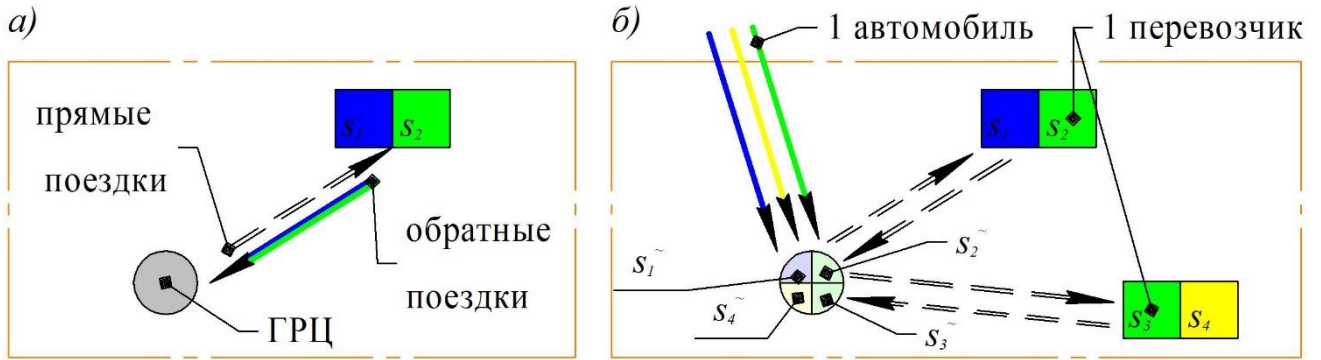


Рисунок 3.3 – Иллюстрация учета (а) обратных и (б) внешних поездок, заканчивающихся на ГРЦ

Термин «доставка» означает поездку грузового автомобиля, ограниченную только двумя точками, начальной (пунктом отправления) и конечной (пунктом назначения). Поездка от склада с несколькими промежуточными пунктами назначения (от двух и более) до возвращения на склад обозначается термином «маршрут». Так, например, один маршрут «склад – получатель 1 – ... – получатель h – склад» включает в себя $(h + 1)$ доставку.

Пусть ГРЦ расположен вне рассматриваемого района (рисунок 3.2б), тогда показатель целесообразности его создания R_1 определяется по формуле [134]:

$$R_1 = \frac{\hat{T}_m}{T_m} \leq 1, R_1 \rightarrow \min, \quad (3.1)$$

где \hat{T}_m – суммарное количество доставок после введения ГРЦ, ед.;

T_m – суммарное количество доставок до введения ГРЦ, ед.

Если ГРЦ расположен внутри границ рассматриваемого района (рисунок 3.2в), то показатель целесообразности R_2 определяется по формуле [134]:

$$R_2 = \frac{\hat{T}_m + \hat{T}_u}{T_m} \leq 1, R_2 \rightarrow \min, \quad (3.2)$$

где \hat{T}_u – суммарное количество доставок в ГРЦ (возвратные порожние рейсы и доставки внешнего транспорта), ед.

Если $R > 1$, то создание и использование ГРЦ увеличит количество доставок и, следовательно, скопление ТС в пунктах разгрузки, трафик на УДС,

выбросы в окружающую среду и т.д. При $R < 1$ результат окажется положительным.

3.2 Оценка влияния городского распределительного центра на количество грузовых автомобилей

3.2.1 Методика оценки целесообразности создания центра при автомобильных перевозках

Рассмотрим случай, характерный для территорий города с высокой долей торговой активности (рисунок 3.2а), где в одном пункте разгрузки (в одном здании, например, в торговом центре) находится несколько потребителей (клиентов, грузополучателей, торговых точек). Для этого в таблице 3.1 описаны допущения рассматриваемого примера.

Таблица 3.1 – Допущения модели доставки товаров

Допущение	Содержание
по особенностям использования ГРЦ	если получатели принимают решение об использовании ГРЦ, то все предназначенные для них доставки будут направляться через ГРЦ
	во всех пунктах назначения принимается одинаковый процент (доля, уровень) получателей, которые будут использовать ГРЦ, т.е. вероятность использования ГРЦ не зависит от атрибутов грузополучателей, в т.ч. транспортных характеристик грузов
по графику поставок	при использовании ГРЦ требуемое количество поставок клиенту не меняется в рамках одного дня, т.е. выбранная технология перевозки грузов никак не влияет на периодичность поступления товаров, а определяется требованиями клиента (например, 1 или 3 раза в день и т.д.)
по формированию маршрутов	грузовые автомобили ГРЦ посещают только один пункт назначения за одну поездку; таким образом, автомобили в ГРЦ загружаются грузами, предназначенными только для одного пункта назначения, за раз выгружаются и возвращаются в ГРЦ перед следующей доставкой, т.е. работают по маятниковым маршрутам с обратным порожним пробегом

Спрос каждого клиента на товары и, соответственно, требуемое количество поставок определяется выбранной им моделью управления запасами. Каждому грузополучателю рассматриваемого района должны

доставить d_s партий товаров в течение дня, при этом D_s – набор поставок получателю s :

$$D_s = (1, 2, 3, \dots, i, \dots, d_s). \quad (3.3)$$

Удельный (эффективный) вклад получателя s в общее количество доставок в рассматриваемом районе может быть определен по выражению:

$$t_s = \sum_{i \in D_s} \frac{1}{k_{i,s}}, \quad (3.4)$$

где $k_{i,s}$ – это количество получателей в одном пункте назначения, поставки которым объединены с получателем s в рамках i -ой доставки.

Т.е. $k_{i,s} = 1$, если в одном грузовом автомобиле в пункт назначения доставляются грузы только одного клиента и $k_{i,s} > 1$, если получатели, находящиеся в одном здании, объединили партии грузов еще до создания ГРЦ путем координации своей деятельности (договорились) или их обслуживает один перевозчик.

Количество доставок всем получателям S рассматриваемого района определяется по формуле:

$$T_m = \sum_{s \in S} \sum_{i \in D_s} \frac{1}{k_{i,s}}. \quad (3.5)$$

Предположим, что рассматриваемые получатели товаров – одинакового типа с одинаковыми значениями $k_{i,s}$ и d_s , тогда формула (3.5) с учетом упрощений примет вид выражения:

$$T_m = |S| \cdot \frac{d_s}{k}, \quad (3.6)$$

где k – это среднее количество получателей в одном пункте назначения, поставки которым объединяются в рамках одной доставки.

Удельный (эффективный) вклад получателя s_1 , использующего ГРЦ, в общее количество поездок:

$$\hat{t}_{s1} = \frac{d_{s1}}{\varphi}, \quad (3.7)$$

где d_{s_l} – суточное количество поставок получателю s_l (по условиям остается неизменным, т.е. $d_{s_l} = d_s$);

φ – уровень консолидации (level of consolidation).

Уровень (степень) консолидации – показатель, равный среднему количеству партий грузов разных получателей, объединенных ГРЦ в ТС в рамках одной поездки. Например, $\varphi = 2$, если один грузовой автомобиль ГРЦ доставляет груз двух клиентов с выгрузкой в одном пункте.

Удельный вклад получателя s_0 , не использующего ГРЦ, в общее количество поездок:

$$\hat{t}_{s_0} = \sum_{i \in D_{s_0}} \frac{1}{1 + (1 - \alpha)(k_{i,s} - 1)}, \quad (3.8)$$

где α – уровень участия (level of participation).

Уровень (доля, процент) участия – это показатель, равный доле от общего количества всех получателей S , поставки которым будут осуществляться через ГРЦ. Например, $\alpha = 0,6$, если 60 % получателей будут использовать ГРЦ, а 40 % откажутся.

Тогда с учетом вышеизложенных допущений количество доставок после создания ГРЦ можно найти как:

$$\hat{T}_m = \alpha \cdot |S| \cdot \frac{d_s}{\varphi} + (1 - \alpha) \cdot |S| \cdot \frac{d_s}{1 + (1 - \alpha)(k - 1)}. \quad (3.9)$$

После преобразования формулы (3.1) с учетом выражений (3.6) и (3.9) показатель целесообразности равен:

$$R_1 = \frac{\hat{T}_m}{T_m} = \alpha \cdot \frac{k}{\varphi} + (1 - \alpha) \cdot \frac{k}{1 + (1 - \alpha)(k - 1)}. \quad (3.10)$$

Для расчета R_2 необходимо также оценить удельный (эффективный) вклад «фиктивного получателя» \tilde{s}_1 в общее количество поездок, заканчивающихся на ГРЦ, по выражению:

$$\hat{t}_{\tilde{s}_1} = \sum_{i \in D_{s_1}} \frac{1}{1 + \alpha(h_{i,s_1} - 1)} + \frac{d_{s_1}}{\varphi}, \quad (3.11)$$

где h_{i,s_l} – это количество получателей в рассматриваемой области, поставки которым объединены с получателем s_l в рамках i -ой поездки.

Это означает, что при:

- $h_{i,s_l} = 1$ грузовой автомобиль за одну поездку доставляет груз только одного s_l потребителя;
- $h_{i,s_l} > 1$ грузовой автомобиль за одну поездку доставляет до ГРЦ груз нескольких потребителей, которых ранее (до создания ГРЦ) обслуживал в рамках одного маршрута с h промежуточными пунктами назначения.

Тогда количество доставок, заканчивающихся на ГРЦ, можно найти как:

$$\hat{T}_u = \alpha \cdot |S| \cdot \left(\frac{d_s}{1 + \alpha(h - 1)} + \frac{d_s}{\varphi} \right), \quad (3.12)$$

где h – это среднее количество получателей в рассматриваемой области, поставки которым объединяются в рамках одного маршрута.

После преобразования формулы (3.2) с учетом выражений (3.6), (3.9) и (3.12) показатель целесообразности равен:

$$R_2 = \alpha \cdot \left(\frac{2k}{\varphi} + \frac{k}{1 + \alpha(h - 1)} \right) + (1 - \alpha) \cdot \frac{k}{1 + (1 - \alpha)(k - 1)}. \quad (3.13)$$

Проиллюстрируем на рисунке 3.4 физический смысл некоторых переменных, использованных в выражениях (3.11) – (3.13).

Если до ведения ГРЦ грузовой автомобиль в рамках i -ой доставки обслуживал двух клиентов, находящихся в одном пункте, то $k_{i,s} = 2$ (рисунок 3.4а). Если до ведения ГРЦ грузовое ТС обслуживало в рамках i -ого маршрута три промежуточных пункта (рисунок 3.4а), тогда $h_{i,s} = 3$.

По разным данным [40, 42], в нашей стране в 75 – 80 % случаев грузовой автомобиль автотранспортного предприятия выполняет в городе всего один рейс в день. При этом больше трети всех рейсов осуществляется по маятниковым маршрутам [42]. Поэтому для $k = 1$ построен график зависимости $R_l = f(\alpha, \varphi)$ (формула (3.1)), представленный на рисунке 3.5. Проекция построенной фигуры на плоскости показаны на рисунке 3.6.

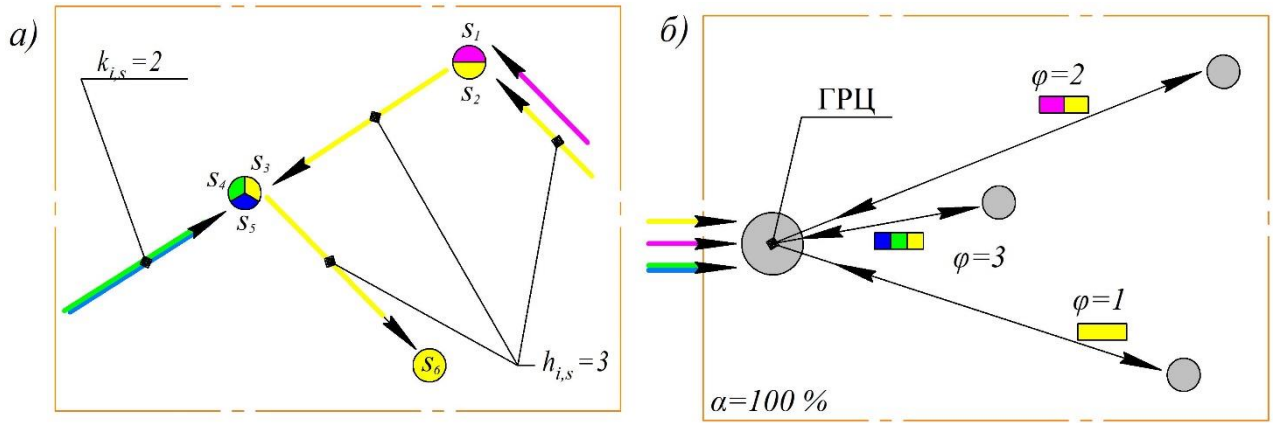


Рисунок 3.4 – Графическое представление описанного подхода (а) до и (б) после создания ГРЦ

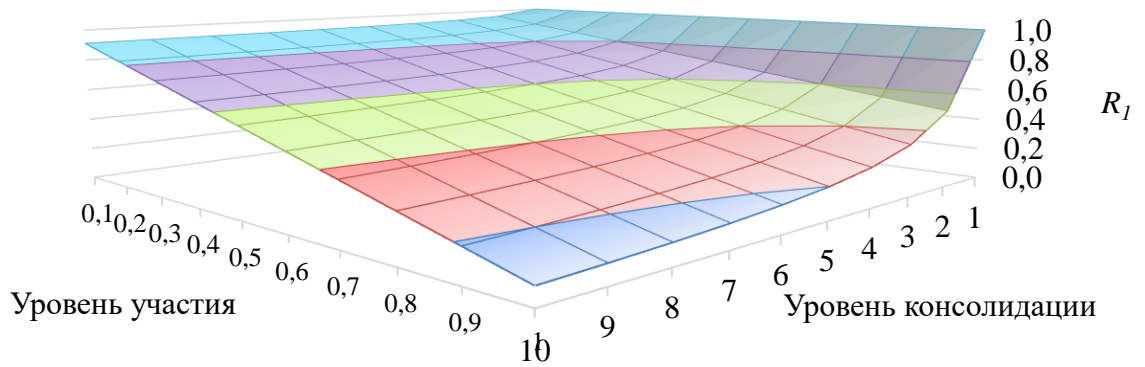


Рисунок 3.5 – Влияние ГРЦ на общее количество доставок

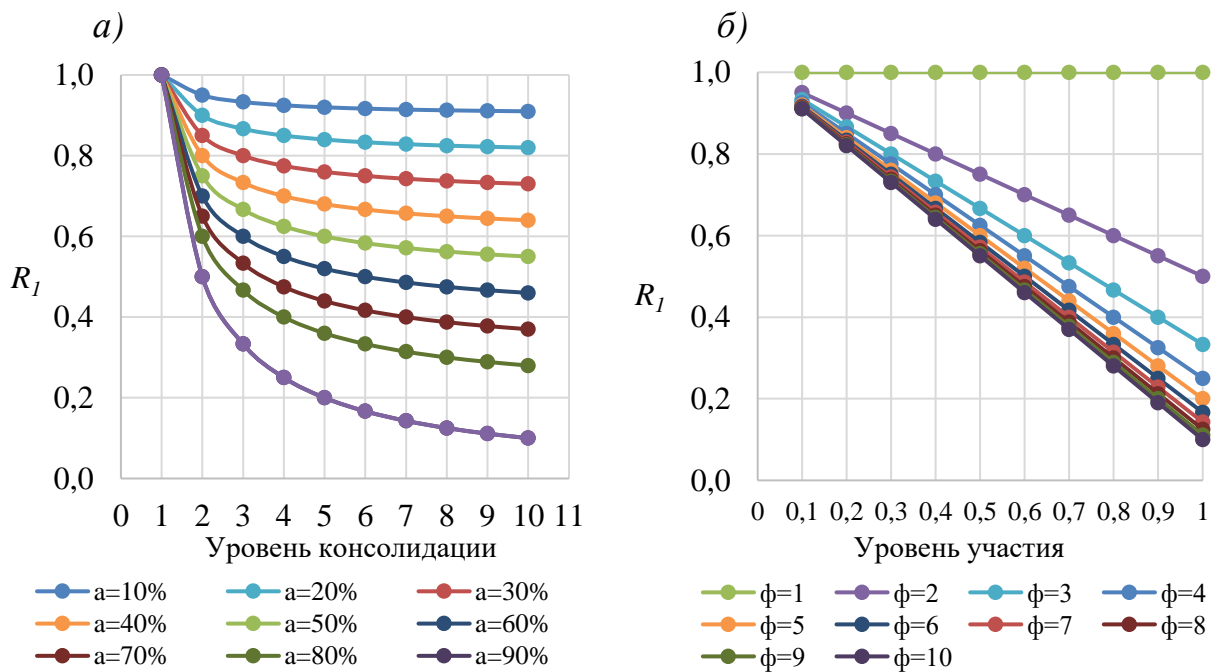


Рисунок 3.6 – Сокращение общего количества доставок при изменении (а) φ и (б) α

Полученные материалы иллюстрируют положительное воздействие ГРЦ на систему внутригородских грузовых перевозок.

С ростом α (доли грузополучателей, которые будут использовать ГРЦ) наблюдается снижение общего количества доставок. При этом значение φ (количество консолидированных партий) не оказывает существенного положительного влияния при низкой доле вовлеченных в новую технологию получателей. Например, при $\alpha = 10\%$ консолидация даже 6–10 партий грузов снизит общее количество доставок не более чем на 10%. С дальнейшим ростом α возрастает и степень влияния φ на общий результат. Так, при $\alpha = 70\%$ консолидация всего двух партий грузов снизит общее количество поездок на 35%. Однако при высоких значениях уровня консолидации φ наблюдается убывающая выгода от технологии. Например, при любом α увеличение φ от 6 до 10 даст результат не выше 10%.

Графики показывают, что рациональность перевозок с ГРЦ может достигаться за счет привлечения как можно большего числа грузополучателей и за счет консолидации относительно небольшого числа партий грузов в одном автомобиле. Это позволит использовать небольшие грузовые автомобили для внутригородских перевозок. Например, при $\varphi = 2$ количество доставок в рассматриваемом районе может быть снижено на 40%, если 80% клиентов заключат договор с оператором ГРЦ.

Выполнение расчетных экспериментов при $k \geq 2$ позволило найти такие значения α и φ , при которых центр вызовет ухудшения. Такое возможно, если несколько получателей уже обслуживаются совместно одним перевозчиком (условие $k \geq 2$); при этом когда один из них заключит договор с ГРЦ, их доставки, напротив, «деконсолидируются».

Для рассмотрения ситуации, когда центр расположен в городской черте (рисунки 3.2в, 3.3) расчет критерия $R_2 = f(\alpha, \varphi)$ по формуле (3.2) при разных k и h , представленный в таблицах В.1 – В.6 Приложения В, позволяет сделать следующие выводы.

Во-первых, если каждое грузовое ТС обслуживает лишь одного клиента и доставляет товары только в один пункт назначения, т.е. $h = k = 1$, то после создания ГРЦ увеличится концентрация логистической деятельности в рассматриваемом районе. Иными словами, если до введения ГРЦ в исследуемом районе были аккумулярованы автомобили, обслуживающие клиентов, то теперь в нем будут сконцентрированы еще и ТС, обслуживающие внешние грузопотоки, а также выполняющие обратные порожние рейсы.

Описанная тенденция распространяется на все случаи, когда $h = k$. Таким образом, если клиенты в одном пункте доставки (например, несколько получателей в одном торговом центре) уже обслуживаются одним ТС перевозчика, т.е. $k > 1$ (рисунки 3.2а и 3.4а), то предлагаемый проект не целесообразен и не вызовет улучшений.

Т.е. $R_2 = f(\alpha, \varphi) \geq 1$ при $h = k \in N^*$ – натуральное число.

Во-вторых, если перевозчик (одна машина) обслуживает более одного пункта назначения в рассматриваемом районе, но в каждом промежуточном пункте – лишь одного клиента, т.е. $h > k$, $k = 1$, тогда при определенных α и φ может быть достигнут положительный эффект за счет таких перевозчиков, которые совершают несколько доставок в h пунктов назначения, а впоследствии смогут доставить h партий грузов лишь до ГРЦ за раз (рисунок 3.4).

Пример расчета критерия по формуле (3.13) при $k = 1$ и $h = 3$ представлен в таблице 3.2. Расчеты показывают, что для достижения условия $R_2 < 1$ (зеленая зона в таблице 3.2), потребуется консолидировать не менее 4 партий при минимальном вовлечении в новую технологию от 20 – 50 % всех получателей, что на начальных этапах оказывается крайне затруднительным. Это объясняет необходимость государственной, муниципальной и (или) частной поддержки проекта, о которой упоминают в исследованиях [129, 143].

Таблица 3.2 – Значения $R_2 = f(\alpha, \varphi)$ при $k = 1$ и $h = 3$

Уровень участия α , доля	Уровень консолидации φ , число партий									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,10	1,18	1,08	1,05	1,03	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,00
0,20	1,34	1,14	1,08	1,04	1,02	1,01	1,00	0,99	0,99	0,98
0,30	1,49	1,19	1,09	1,04	1,01	0,99	0,97	0,96	0,95	0,95
0,40	1,62	1,22	1,09	1,02	0,98	0,96	0,94	0,92	0,91	0,90
0,50	1,75	1,25	1,08	1,00	0,95	0,92	0,89	0,88	0,86	0,85
0,60	1,87	1,27	1,07	0,97	0,91	0,87	0,84	0,82	0,81	0,79
0,70	1,99	1,29	1,06	0,94	0,87	0,83	0,79	0,77	0,75	0,73
0,80	2,11	1,31	1,04	0,91	0,83	0,77	0,74	0,71	0,69	0,67
0,90	2,22	1,32	1,02	0,87	0,78	0,72	0,68	0,65	0,62	0,60
1,00	2,33	1,33	1,00	0,83	0,73	0,67	0,62	0,58	0,56	0,53

В-третьих, последующие расчеты продемонстрировали положительное влияние увеличения h на критерий R_2 . Этот факт позволяет выдвинуть гипотезу о том, что внешние поставки до (от) ГРЦ целесообразно обслуживать грузовым транспортом большой грузоподъемности (грузовместимости) и провозной способности. Однако использование крупнотоннажных автомобилей противоречит принципам городской логистики, поэтому предлагается рассмотреть возможность использования железнодорожного транспорта как альтернативы автоперевозкам.

3.2.2 Адаптация методики оценки целесообразности создания центра при автомобильно-железнодорожных перевозках

Для оценки влияния ГРЦ с участием разных видов транспорта на количество грузовых автомобилей необходимо изменить методику расчета R_2 -критерия, описанную выше³ [17].

При внешних поставках грузов альтернативным (железнодорожным) транспортом расчет \hat{T}_u должен производиться по выражению:

$$\hat{T}_u = \alpha \cdot |S| \cdot \frac{d_s}{\varphi}. \quad (3.14)$$

³ Речь идет о распределительном центре, расположенном в городской черте.

Расчет количества, скопления ТС у грузополучателей выполняется аналогично. Тогда для автомобильно-железнодорожных перевозок с ГРЦ расчет R_3 -критерия можно выполнить следующим образом:

$$\begin{aligned}
 R_3 &= \frac{\alpha \cdot |S| \cdot \frac{d_s}{\varphi} + (1 - \alpha) \cdot |S| \cdot \frac{d_s}{1 + (1 - \alpha)(k - 1)} + \alpha \cdot |S| \cdot \frac{d_s}{\varphi}}{|S| \cdot \frac{d_s}{k}} = \\
 &= \frac{2\alpha \cdot |S| \cdot \frac{d_s}{\varphi} + (1 - \alpha) \cdot |S| \cdot \frac{d_s}{1 + (1 - \alpha)(k - 1)}}{|S| \cdot \frac{d_s}{k}} = \\
 &= 2\alpha \frac{k}{\varphi} + (1 - \alpha) \frac{k}{1 + (1 - \alpha)(k - 1)}.
 \end{aligned} \tag{3.15}$$

В формуле (3.15) константа «2» означает, что одной прямой доставке соответствует один обратный порожний рейс ТС, т.е. маршруты ГРЦ – маятниковые. В случае работы по кольцевым развозочным маршрутам константа может корректироваться и принимать значения из диапазона (1; 2). Описанный сценарий изображен на рисунке 3.7.

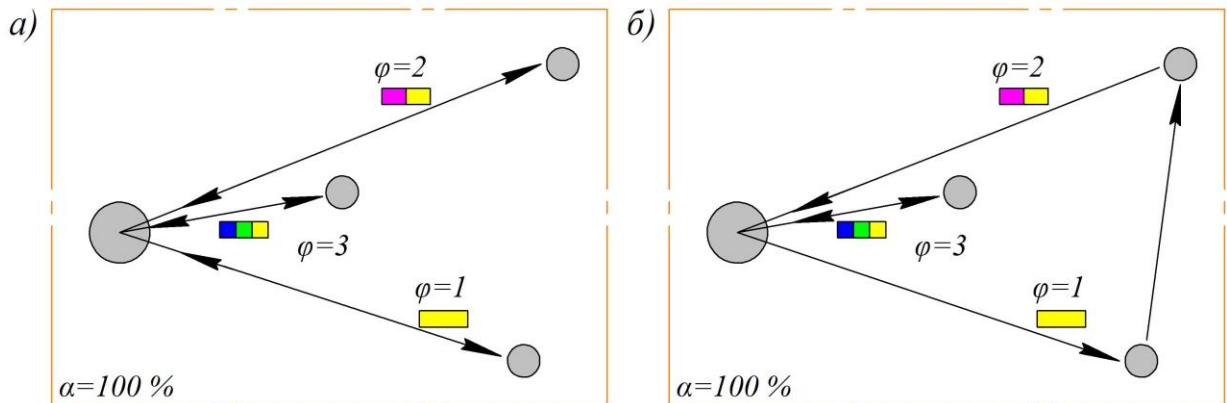
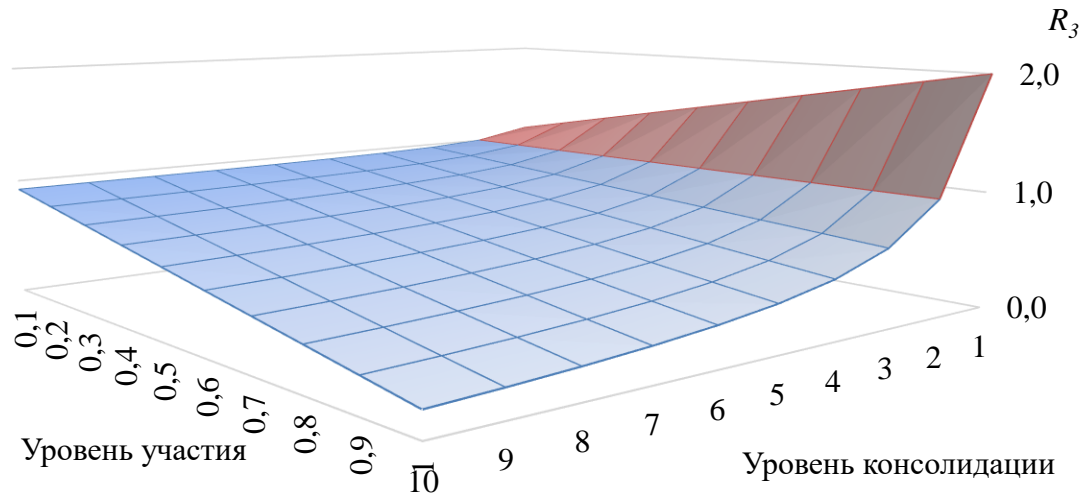


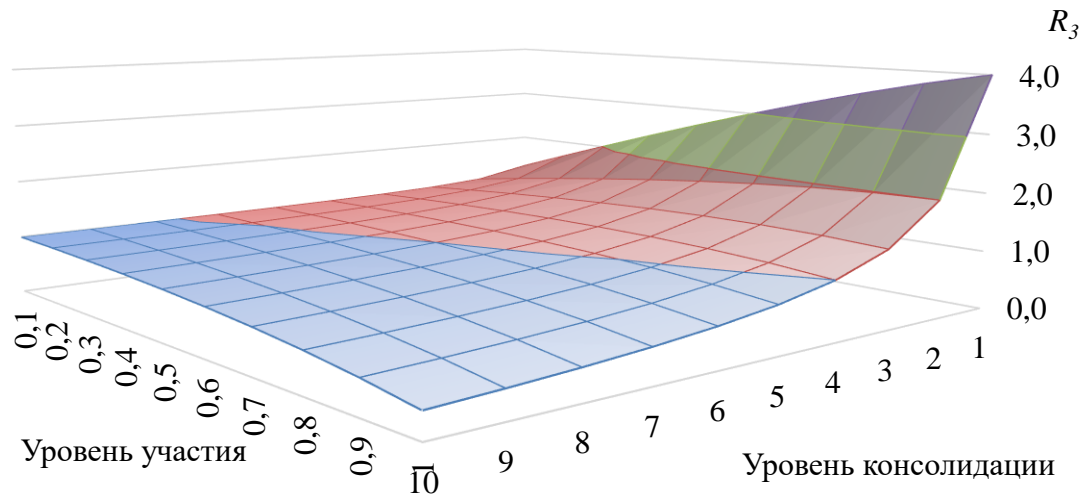
Рисунок 3.7 – Графическое представление описанного подхода в ситуации (а) с маятниковыми и (б) развозочными маршрутами

Полученный графический результат расчета критерия R_3 по формуле (3.15) при разных k изображен на рисунке 3.8. Проекция поверхностей $R_3 = f(\alpha, \varphi)$ приведены на рисунке 3.9.

а)



б)



в)

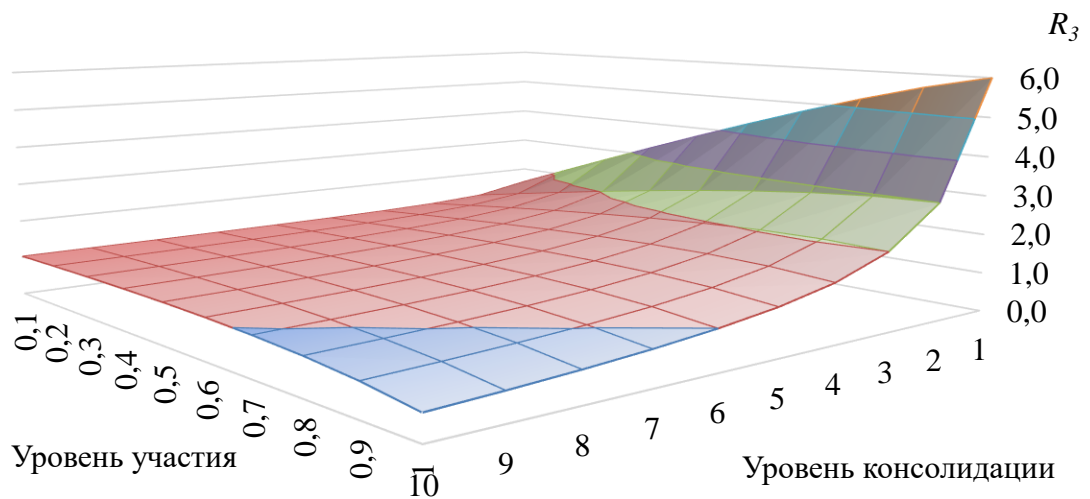


Рисунок 3.8 – Изменение $R_3 = f(\alpha, \varphi)$ при (а) $k = 1$, (б) $k = 2$ и (в) $k = 3$

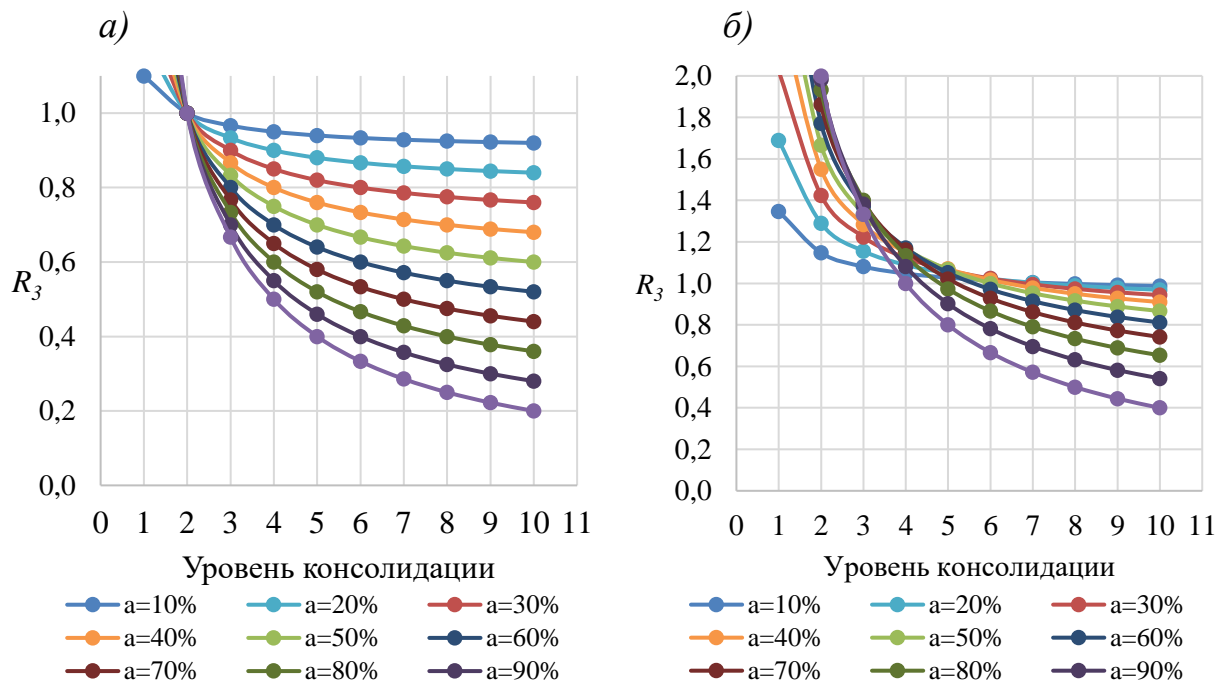


Рисунок 3.9 – Влияние уровня консолидации φ на R_3 при разных уровнях участия α при (а) $k = 1$ и (б) $k = 2$

Представленные графики демонстрируют, что при $k > 1$ (рисунок 3.9б) ГРЦ не способен кардинально улучшить ситуацию по описанной ранее причине, но при $k = 1$ (рисунок 3.9а) у проекта появляется положительный результат. По рисунку видно, что выгода от технологии достигается при объединении свыше двух партий грузов (с маятниковыми маршрутами) при любом уровне участия клиентов.

Подводя итог, можно сделать вывод, что при расположении ГРЦ внутри границ города, невозможно исключить «притяжение» автомобильных ТС к центру консолидации. В связи с этим важной чертой наличия ГРЦ является его одновременное «полярное» (положительное и отрицательное) влияние на количество ТС в городе [57], кроме случаев создания ГРЦ с переходом на более устойчивый транспорт.

Проведенные расчеты позволили сформулировать ключевой принцип: если положительный результат от консолидации грузов при доставке «последней мили» превышает отрицательный результат концентрации грузовых ТС в окрестности ГРЦ, тогда проект целесообразен в таком районе,

где получатели и отправители не координируют свою транспортно-логистическую деятельность иным путем.

3.3 Оценка влияния городского распределительного центра на общий пробег грузовых автомобилей

Рассмотренный подход имеет ряд особенностей, требующих совершенствования.

Во-первых, представленная модель фактически учитывает снижение концентрации грузовых ТС в местах их генерации и тяготения, а не только уменьшение абсолютного количества поездок для обслуживания получателей. Именно поэтому потенциальная результативность ГРЦ, создаваемого внутри исследуемого района, оказывается ниже того, который вводится вне этого района, хотя в обоих случаях реальное число поездок, совершаемое автотранспортом для удовлетворения клиентского спроса, одинаковое, однако в первом случае учитываются прямые, обратные и внешние рейсы, а во втором – только прямые рейсы.

Во-вторых, в ряде случаев для более точной оценки функционирования ГРЦ необходимо рассматривать не сокращение доставок, а изменение такого показателя, который более корректно описывает эффективность центра распределения в аспекте поставленной задачи исследования. Критерием оптимизации может быть время работы на маршруте, время передвижения, расстояние перевозок или протяженность маршрутов и другие [103].

В связи с вышесказанным оценим изменение суммарного пробега грузовых автомобилей R' при создании ГРЦ (аналогично формулам (3.1) и (3.2)). Тогда предлагаемая технология вызовет улучшение ситуации при $R' < 1$.

Необходимо подчеркнуть, что в России 70 – 80 % объема грузов перевозится транспортными отделами торговых и промышленных корпораций [2]. Производственно-торговые сети применяют консолидацию партий грузов (собственных товаров) по коммерческому признаку, а не по

территориальному, т. е. между получателями одной сетевой компании без ГРЦ. Поэтому в городах более половины всех рейсов осуществляется по кольцевым сборочным или развозочным маршрутам [40]. Другими словами, транспортные отделы коммерческих сетей могут объединять $h_{i,s}$ партий грузов собственных торговых точек в одном ТС в рамках i -го кольцевого маршрута.

Предположим, что консолидация грузов может дать лучший результат при объединении φ партий грузов разных получателей вместо объединения товаров h получателей одной торговой сети. Таким образом, создание ГРЦ рационально и целесообразно, если его функционирование приведет к сокращению общего пробега грузовых ТС или суммарной протяженности маршрутов перевозки в рассматриваемом районе. Это возможно за счет наиболее выгодного (близкого) расположения разных грузополучателей по сравнению с объектами одной сети, удаленными друг от друга на большие расстояния [66].

На рисунке 3.10 схематично изображен описанный сценарий.

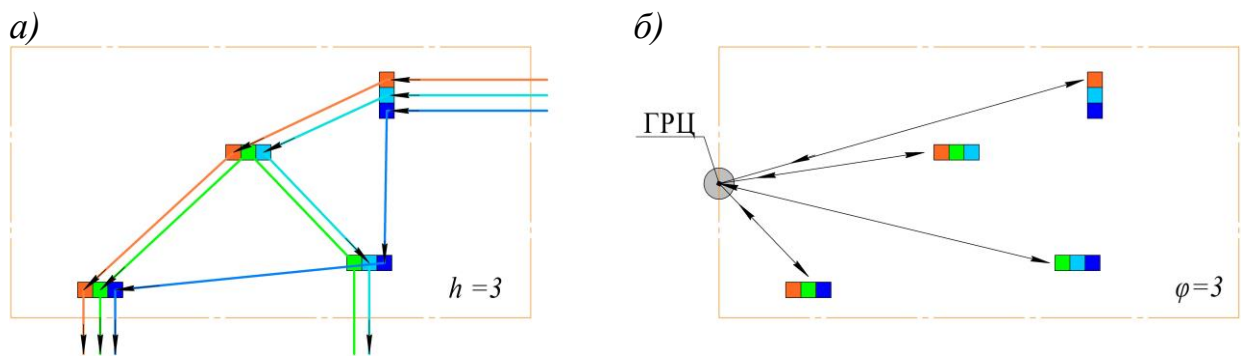


Рисунок 3.10 – Иллюстрация сценария с (а) кольцевыми и (б) маятниковыми маршрутами

Удельный (эффективный) вклад получателя s в общее количество маршрутов может быть определен как:

$$t_s = \sum_{i \in D_s} \frac{1}{h_{i,s}}. \quad (3.16)$$

В данном случае $h_{i,s}$ означает количество получателей одной торговой сети, поставки которым объединены с получателем s этой же торговой сети в

рамках i -ого маршрута. Т.е. $h_{i,s} = 1$, если в одном грузовом автомобиле перевозятся товары одного получателя, и $h_{i,s} > 1$ для нескольких пунктов доставки.

Общее количество маршрутов в рассматриваемом районе:

$$T_s = \sum_{s \in S} \sum_{i \in D_s} \frac{1}{h_{i,s}}. \quad (3.17)$$

Общая протяженность T_s маршрутов:

$$C_m = \sum_{s \in S} \sum_{i \in D_s} \frac{L_{i,s}}{h_{i,s}}. \quad (3.18)$$

где $L_{i,s}$ – протяженность i -го кольцевого маршрута, который получатель s «делит» с $h_{i,s}$ другими получателями одной торговой сети, км.

Общая протяженность маршрутов после введения ГРЦ:

$$\hat{C}_m = \sum_{s \in S_\alpha} \sum_{i \in D_s} \frac{L_{i,s}}{\varphi_{i,s}} + \sum_{s \in S_{\bar{\alpha}}} \sum_{i \in D_s} \frac{L_{i,s}}{h_{i,s}}, \quad (3.19)$$

где S_α и $S_{\bar{\alpha}}$ – набор клиентов ГРЦ и получателей, отказавшихся от услуг ГРЦ, соответственно; при этом $S = S_\alpha \cup S_{\bar{\alpha}}$.

С учетом вышесказанного предложен новый критерий и сформулировано условие целесообразности (рациональности) создания ГРЦ:

$$R' = \frac{\hat{C}_m}{C_m} = \frac{\sum_{s \in S_\alpha} \sum_{i \in D_s} \frac{L_{i,s}}{\varphi_{i,s}} + \sum_{s \in S_{\bar{\alpha}}} \sum_{i \in D_s} \frac{L_{i,s}}{h_{i,s}}}{\sum_{s \in S} \sum_{i \in D_s} \frac{L_{i,s}}{h_{i,s}}} \leq 1, R' \rightarrow \min. \quad (3.20)$$

Введя допущения, аналогичные формуле (3.5), после преобразований формул (3.18) и (3.19) получены выражения:

$$C_m = |S| \cdot \frac{d_s}{h} \cdot L, \quad (3.21)$$

где h – это среднее количество получателей товаров одной торговой сети, поставки которым объединяются одним маршрутом, ед.;

L – средняя протяженность маршрута в рассматриваемом районе, км [149];

$$\hat{C}_m = \alpha \cdot |S| \cdot \frac{d_s}{\varphi} \cdot \hat{L}_\alpha + (1 - \alpha) \cdot |S| \cdot \frac{d_s}{h} \cdot \hat{L}_{1-\alpha}. \quad (3.22)$$

где \hat{L}_α – средняя протяженность маршрута от ГРЦ до клиентов ГРЦ, км;
 $\hat{L}_{1-\alpha}$ – средняя протяженность кольцевого маршрута в рассматриваемом районе, км.

После преобразования формул (3.1) или (3.20) с учетом выражений (3.21) и (3.22) найдем R^* как:

$$R^* = \frac{\hat{C}_m}{C_m} = \alpha \cdot \frac{h}{\varphi} \cdot \frac{\hat{L}_\alpha}{L} + (1 - \alpha) \cdot \frac{\hat{L}_{1-\alpha}}{L}. \quad (3.23)$$

Таким образом, результативность технологии зависит не только от изменения общего числа доставок в каждое торговое здание, но и от вариации суммарной протяженности маршрутов доставки всех ТС.

Важно отметить, что среднее расстояние перевозок – параметр, который в реальной ситуации зависит от ряда обстоятельств: месторасположения грузополучателей, размещения ГРЦ, «правильности» построения маршрутов, выбора ПС, текущей ситуации на дорогах и т.д. [66], т.е. от качества организации доставки (рисунок 2.3). Тогда $\frac{\hat{L}_\alpha}{L}$ и $\frac{\hat{L}_{1-\alpha}}{L}$ в разных случаях могут варьироваться.

Пусть средняя протяженность маршрутов при обслуживании предприятий, не использующих ГРЦ, не превысит аналогичный показатель до введения терминальной технологии, т.е. $\frac{\hat{L}_{1-\alpha}}{L} \leq 1$.

Определим допустимые диапазоны изменения средних пробегов, при которых $R^* < 1$. Рассмотрим два сценария – оптимистичный и пессимистичный (таблица 3.3). Пусть до введения ГРЦ грузовой автомобиль в среднем за маршрут обслуживает $h = 3$ пункта выгрузки.

Таблица 3.3 – Параметры возможных сценариев

Сценарий	Уровень участия	Уровень консолидации
оптимистичный	$\alpha = 0,7$	$\varphi = 4$
пессимистичный	$\alpha = 0,2$	$\varphi = 3$

Полученные с помощью выражения (3.21) значения R' показаны на рисунке 3.11.

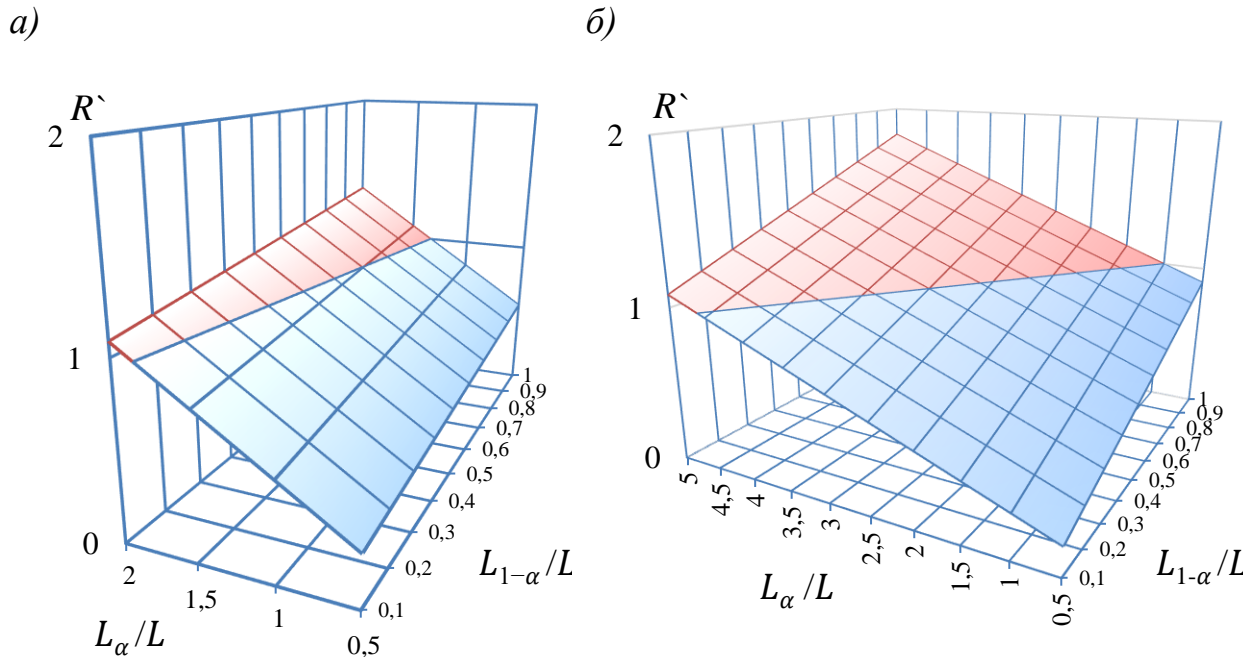


Рисунок 3.11 – Сравнение (а) оптимистичного и (б) пессимистичного вариантов

Сравнение рисунков показывает, что при увеличении α особо важным становится маршрутизация автомобилей ГРЦ и расположение ГРЦ. Так как если после введения ГРЦ соотношение средних пробегов «до» и «после» вырастет в 1,5 – 2 раза, то улучшений не будет (рисунок 3.11а). При высоком значении α изменение среднего пробега автомобилей торговых сетей не оказывает существенного влияния на суммарный критерий эффективности. Однако при низком α результаты будут зависеть только от торгово-производственных компаний (рисунок 3.12б), не мотивированных на улучшении городской жизни.

Для систематизации и удобства выполнения вариантов оценок и построения графических зависимостей реализована программа для ЭВМ с помощью пакета MS Excel и Visual Basic for Applications (VBA). Работа программы позволяет автоматизировать и ускорить расчет R -критериев по

предложенным в данном разделе математическим выражениям. Исходные данные вносятся в окна ввода значений, вызываемые со стартовой страницы программы при нажатии кнопок. Для пользователя разработана справка с дополнительными пояснениями к используемым в модели формулам.

Отметим, что тестирование приложения показало его работоспособность путем сопоставления полученных результатов с произведенными вручную расчетами. Программа для ЭВМ «Городской распределительный центр – 1.0» прошла процедуру государственной регистрации, получено свидетельство ФИПС № 2021680202 от 08.12.2021 (Приложение Б).

3.4 Оценка влияния городского распределительного центра на общий пробег грузовых автомобилей с помощью моделирования

В аналитических расчетных примерах использовались теоретически возможные значения параметров и не учитывались ограничения. Так, например, для нахождения критического φ его значение варьировалось от 1 до 10. Однако на практике необходимо учитывать ограничения по грузоподъемности ТС и характеристики перевозимых грузов. Также, например, α варьировалось в заданном диапазоне с шагом 10 % или 0,1; однако плотность размещения получателей и их взаимное расположение относительно друг друга может не обеспечивать такой уровень участия.

В связи с этим целесообразно изучить влияние ГРЦ на организацию грузовых перевозок на реальных данных. Цель – установить связь между координацией клиентов, консолидацией партий грузов и изменением объема передвижения грузовых ТС в конкретных условиях с учетом ограничений: для существующих клиентов, на заданной УДС и т.д. Это означает, что необходимо определить, как функционирование ГРЦ оказывает влияние на изменение общего пробега всех ТС в рассматриваемом районе города (формула 3.19). Влияние внешних или случайных факторов: загрузка УДС,

предпочтения водителя, происшествия на дорогах, ДТП и т.д., – не учитываются.

Задача организации перевозок оператором ГРЦ представлена как задача развоза мелкопартионных грузов с центрального склада, в итоге которой необходимо найти такие упорядоченные множества пунктов, связанных между собой, которые формируют маршруты, а доставка грузов по ним ведет к достижению оптимального значения целевой функции [5, 42, 66] – в нашем случае, пробега. Целесообразность ГРЦ оценивается по условию, представленному выражением (3.20).

Расчет минимального значения пробега возможно посредством использования точных методов (метод «ветвей и границ», целочисленного линейного и динамического программирования), которые предполагают перебор вариантов; а также приближенных методов (локальной оптимизации, случайного поиска и эвристических) которые основываются на материалах опыта прошлых решений [66, 106].

В диссертационной работе с помощью программного обеспечения по моделированию, позволяющего решать логистические задачи, были проведены транспортные оптимизационные (ТО) эксперименты и проанализированы возможные сценарии изменения пробега ТС при создании ГРЦ на примере районов г. Новосибирска. Для этой цели использовался функционал перебора вариантов и получения набора маршрутов, определяющего минимальные затраты (эквивалентно минимуму суммарного пробега).

Для формализации процесса доставки в модель введены следующие параметры, определяющие набор исходных данных (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Параметры и настройки выполнения ТО экспериментов

Настраиваемая группа параметров	Примечания
клиенты (Customers)	с помощью OpenStreetMap автоматически подгружается ГИС-карта, на которой создаются объекты с использованием компьютерной мыши, а также корректируются атрибуты их отображения (дизайн иконки, исключение (Exclude) из эксперимента и включение (Include) в него)
распределительные центры (DCs)	
спрос (Demand)	задаются атрибуты спроса каждого клиента: тип спроса на каждый вид продукции и параметры спроса
пути (Paths)	задаются допустимые комбинации связей (путей) между объектами; для каждого пути выбирается способ (Cost calculation) и формула (Cost Calculation Parameters) расчета стоимости доставки, параметры ТС (Vehicle type), способ определения расстояний (кратчайшее или фактическое – OpenStreetMap) и некоторые другие
период (Period)	задаются даты начала и конца периода моделирования, т.е. его продолжительность
продукция (Products)	задаются наименования требуемой продукции и единицы измерения ее объема (кг, м ³ , шт. и т.д.)
транспортные средства (Vehicle Types)	задаются атрибуты используемых ТС: вместимость (Capacity), единицы измерения вместимости (Capacity Unit), скорость движения и т.д.
группы (Groups)	позволяет объединять объекты в группы и применять настройки не к отдельному объекту, а к целой группе для снижения трудоемкости работы в программе
расположение (Location)	содержит записи координат расположения созданных объектов и позволяет их корректировать ручным исправлением записей координат (широты и долготы)
оптимизационный эксперимент (ТО Experiment)	содержит уточняющие настройки эксперимента: основной – максимальное количество пунктов на маршруте; эксперимент не учитывает ограничения по вместимости, т.е. не учитывает группу настроек «Транспортные средства» (Vehicle Types)
то же с ограничениями (Capacitated TO Experiment)	содержит уточняющие настройки эксперимента: основные – минимальный коэффициент использования грузоподъемности для назначения прямого маршрута (Direct Shipment); временные окна (Time Windows) для возможности доставки

Важно отметить, что некоторые требуемые исходные данные по существу либо являются частной коммерческой тайной, либо могут быть получены только в результате натурных наблюдений, что представляет собой сложную трудоемкую задачу, поэтому ряд исходных данных варьировался в разных сценариях [149].

Далее представлено описание стандартных этапов создания сценариев (Scenario) в соответствии с таблицей 3.4, их последующей корректировки, а также проведения ТО экспериментов.

Клиенты (Customers). С помощью данных о размещении торговых

объектов, полученных из открытых источников – электронных справочников 2ГИС, Яндекс.Карты и других, на ГИС-карте OpenStreetMap, были размещены реальные грузополучатели четырех торговых сетей (рисунок 3.12а). Объекты *customers* (синяя иконка на рисунке 3.12б) размещались строго в соответствии с фактическими адресами местонахождения объекта.

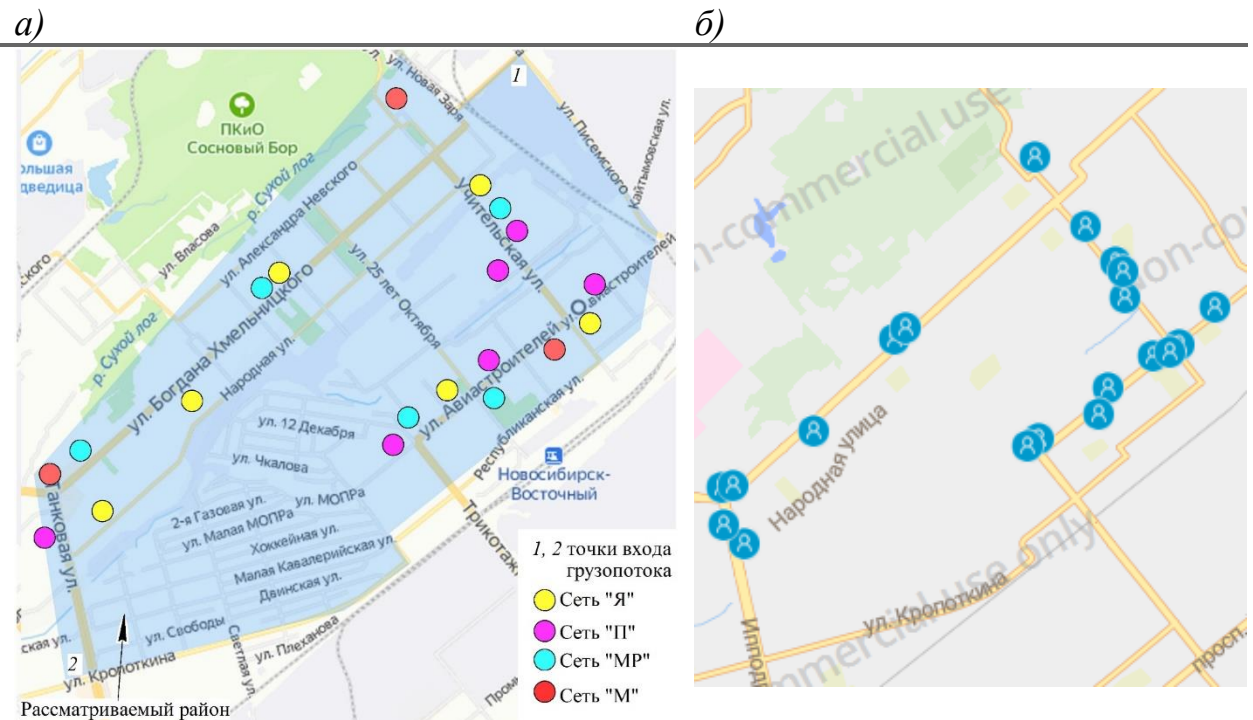


Рисунок 3.12 – Моделируемая область: (а) схематическое изображение и (б) фрагмент программы

В работе наименования сетевых компаний обозначены как «Я», «П», «МР» и «М» (рисунок 3.12а), а идентификационный номер конкретного получателя – добавлением порядкового числительного. Например, «М 1», «М 2» и «М 3» – три получателя одной торговой сети.

Распределительные центры (DCs). Возможные варианты расположения логистических мощностей, из которых осуществляются поставки товаров, оказывают влияние на построение маршрутов: на улицы и дороги, по которым выполняется ввоз товаров в рассматриваемый район, а также развоз внутри него. В работе рассмотрены ситуации до и после создания ГРЦ, для чего были

смоделированы четыре сценария с разным количеством и расположением объектов:

– *сценарий 1*: использование всеми клиентами ГРЦ ($\alpha = 100 \%$), при этом все клиенты могут обслуживаться координированно и любые партии грузов могут быть доставлены совместно;

– *сценарий 2*: использование всеми клиентами ГРЦ с ограничениями на координированное обслуживание, т.е. не все партии грузов могут быть доставлены совместно;

– *сценарий 3*: частичное использование ГРЦ ($\alpha < 100 \%$);

– *сценарий 4*: до создания ГРЦ.

В сценариях с использованием ГРЦ принято, что объект расположен в промышленно-складской зоне на ПНОП, примыкающих к железнодорожной станции Новосибирск-Западный. Такое расположение центра обеспечит ввод грузопотоков в рассматриваемую зону из точки № 1, отмеченной на рисунке 3.12а. Объект в модели назван одноименно – «ГРЦ».

Для разработки сценариев без ГРЦ были проанализированы официальные данные из открытых интернет-источников и определены настоящие места дислокации снабжающих распределительных центров (собственных). С учетом возможных направлений следования грузопотоков и особенностей УДС г. Новосибирска в модели приняты возможные точки въезда ТС в моделируемый район. В качестве них использовались: для сети «М» – точка № 1 и для остальных – № 2 (рисунок 3.12а). Объекты в модели названы одноименно – «Центр 1» и «Центр 2».

Таким образом, размещение объектов *распределительные центры (DCs)* выполнено в соответствии с выбором места отсчета пробега ТС при осуществлении доставки. Т.е. *распределительные центры (DCs)* в модели является фиктивными, это связано с тем, что протяженность маршрутов доставки и пробег ТС до точек входа в моделируемую зону не учитывается.

Пути (Paths). Заданные параметры в конкретном сценарии определяют возможные комбинации передвижения только между теми объектами

(клиентами), которых возможно обслуживать координированно и чьи грузы можно консолидировать.

Так, *сценарий 2* отличается от *сценария 1* тем, что в первом случае маршруты должны связывать только определенный набор получателей. Такое возможно, если, например, доставка осуществляется по мере прибытия внешних грузов в ГРЦ без ожидания и накопления до фиксированного времени отправления. Кроме того, ограничения на координированное обслуживание могут обуславливаться невозможностью перевозить в одном ТС грузы из-за особенностей их свойств, а также разными режимами работы, т.е. «непересекающимися» временными интервалами (Time Windows) из-за невозможности совместно доставить товары конкретным клиентам.

С помощью иллюстрации, приведенной на рисунке 3.13, показан поясняющий пример, когда координированно обслуживаются лишь некоторые клиенты. На рисунке 3.13а приведена ситуация, когда клиенты s_1 , s_4 , s_5 и s_6 обслуживаются совместно. Во втором случае (на рисунке 3.13б) – поставки всем клиентам скоординированы, т.е. $s_1 - s_6$ могут обслуживаться совместно.

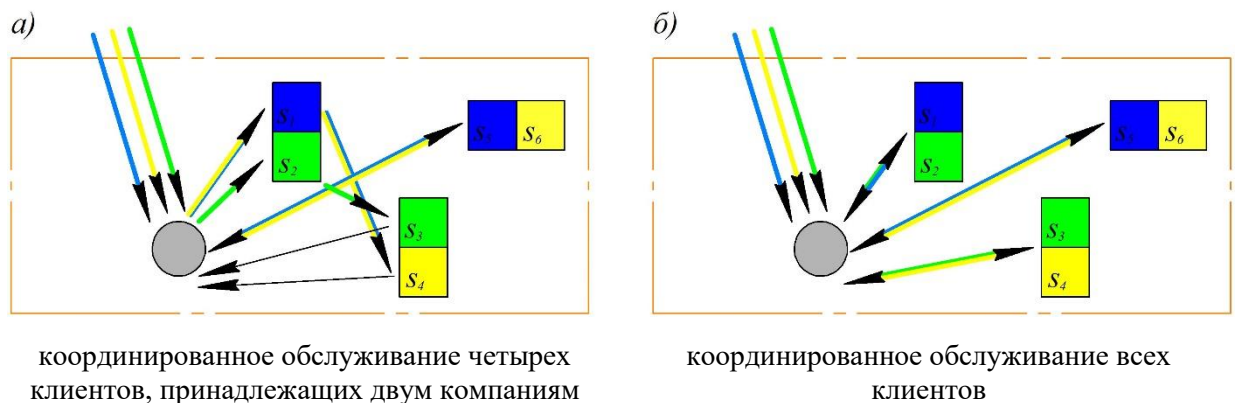


Рисунок 3.13 – Графическое сравнение (а) *сценария 1* и (б) *сценария 2*

Таким образом, для каждого сценария выполнены настройки в группе параметров *Пути (Paths)* следующим образом:

- *сценарий 1*: разрешены комбинации связей между всеми объектами;
- *сценарий 2*: разрешены комбинации связей только между клиентами

внутри одной торговой сети и ГРЦ;

– *сценарий 4*: разрешены комбинации между получателями одной торговой сети и снабжающими их центрами;

– *сценарий 3*: разрешены составные связи: частично из *сценария 1* – для клиентов ГРЦ и частично из *сценария 4* – для остальных.

Для всех *Путей (Paths)* расстояния между объектами определяются по фактически пройденной траектории (с ГИС-карты); тип исчисления затрат – покилометровый (*Distance-based*).

Продукция (Products). В качестве наименования доставляемой продукции задан универсальный тип – укрупненная грузовая единица, которая формируется из разного набора товарного перечня. Таким образом, в модели в качестве объекта *Продукция (Products)* рассматривается не позиция из номенклатурного списка поставляемых товаров, а тарно-штучные грузы без описания отличительных свойств каждого товара.

На основе натуральных наблюдений за снабжением торговых объектов установлено, что в качестве грузовой единицы в модели целесообразно рассматривать транспортный пакет, сформированный на плоском основании (поддоне), размером 1200 мм × 800 мм, высотой около 1600 – 2000 мм. Количественная единица измерения грузовых единиц – штуки. Характеристика грузовых единиц представлена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Характеристики укрупненных грузовых единиц [76]

Характеристика	Пример грузов
1,1 – 1,6 м ³ /т	строительные материалы и промышленное сырье
2,1 – 2,7 м ³ /т	различные комплектующие и потребительские товары, в т.ч. продовольственные нескоропортящиеся
3,8 м ³ /т	товары народного потребления, экспресс-отправки

Транспортные средства (Vehicle Types). Наиболее распространенными типами автомобильного ПС в пределах городской территории являются грузовые ТС, грузоподъемностью 5 т и 10 т [99]. Кроме того, известны отдельные случаи использования автопоездов, состоящих их двух прицепных

частей, эквивалентных 10-тонным «сцепкам». На основе натуральных наблюдений в модели был выбран грузовой автомобиль, грузоподъемностью 10 т, вместимостью до 20 укрупненных грузовых единиц (транспортных пакетов, пакетов-мест).

Спрос (Demand). Определяет характер спроса клиентов на разную *Продукцию (Products)*, однако не определяет параметры его удовлетворения. Это означает, что по умолчанию функционал модели подразумевает, что клиентский спрос формируется и заказы на поставку «копятся» согласно настроенному типу, который удовлетворяется еженедельно, т.е. раз в 7 дней за «один набор маршрутов развоза» (*Shipment*).

В модели выбран тип спроса – периодический (*Periodic demand*), который описывается количеством требуемой продукции (*Quantity*) и интервалом заказа (*Order interval*). Требуемое количество продукции (в моделируемом случае – грузов) варьировалось (таблица 3.6), а интервал заказа был принят равным 7 дням. Недельный интервал заказа – необходимая настройка, чтобы один заказ клиентов был удовлетворен за раз.

Таблица 3.6 – Параметры спроса в ТО эксперименте с ограничениями (Capacitated TO Experiment)

Исходные данные	Спрос 1				Спрос 2				Спрос 3			
	«Я»	«П»	«МР»	«М»	«Я»	«П»	«МР»	«М»	«Я»	«П»	«МР»	«М»
сеть												
количество, шт.	13	7	7	7	13	6	3	4	13	6	6	6
использование вместимости ТС, %	60	35	35	35	65	30	15	20	65	30	30	30

Спрос 1 описывает ситуацию, когда среди клиентов встречаются получатели с доминирующими объемами поставок (товары для них занимают более $\frac{1}{2}$ вместимости ТС), а максимально возможный уровень консолидации равен $\varphi = 2$. *Спрос 2 и 3* характеризуют ситуацию, когда возможно объединять по 2 или 3 партии грузов, однако отличия заключаются в том, с какими именно клиентами это допустимо по условиям ограничения вместимости ТС.

Период (Period). С учетом вышесказанного период моделирования задан одной неделей.

Разработанный алгоритм создания и выполнения оптимизационных экспериментов описан в виде блок-схемы, представленной на рисунке 3.14.

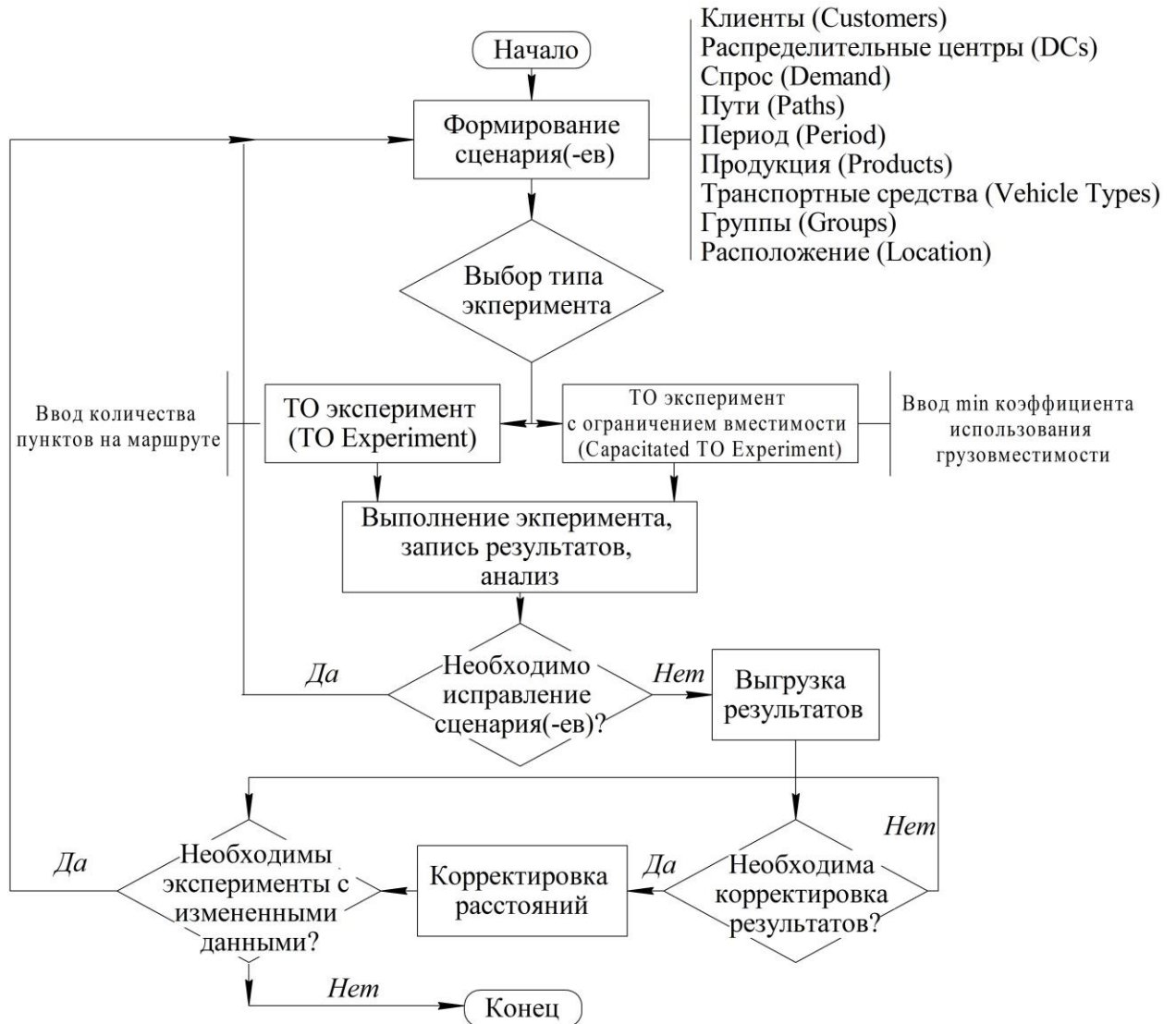


Рисунок 3.14 – Алгоритм создания и выполнения ТО экспериментов

Рассмотрим подробно введенные допущения и не учитываемые факторы, требующие исправления сценариев и корректировки результатов (расстояний).

Во-первых, в модели не идентифицированы места парковки грузовых ТС при разгрузке. Модель определяет точку подъезда к зданию, исходя из отображаемых проездов на карте, при этом реальная разгрузка

осуществляется как с проезжей части, так и с тротуара, без подъезда ко двору дома, здания, строения. Данной погрешностью в учете расстояний перевозки пренебрегаем.

Во-вторых, алгоритм не учитывает фактическую организацию дорожного движения, из-за чего допускает формирование таких маршрутов, которые не могут быть реализованы на практике. Описанной погрешностью пренебрегать нецелесообразно, поэтому в данном случае необходима проверка наличия таких маршрутов и корректировка их протяженности в ручном режиме. В качестве поясняющего примера на рисунке 3.15а показана корректировка протяженности маршрута, сформированного в результате моделирования, с 8,8 км до 10,0 км.

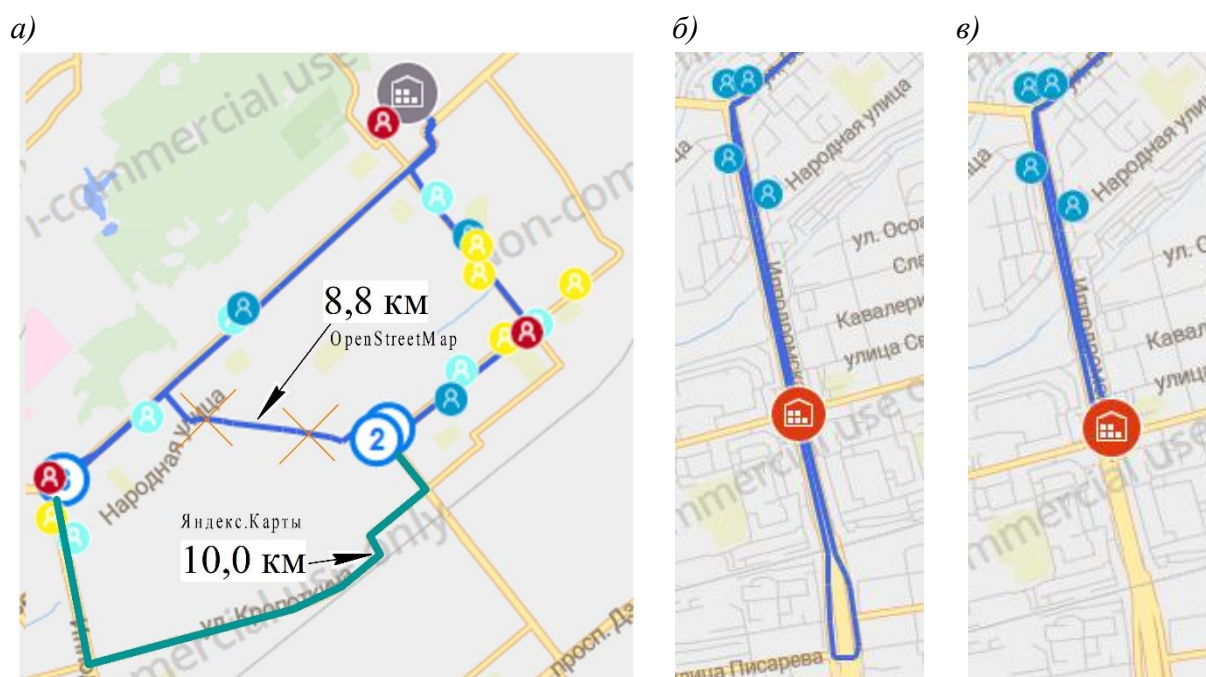


Рисунок 3.15 – Случаи уточнения полученных результатов: (а) корректировка расстояний, (б) до и (в) после корректировки сценария

В-третьих, работа программы по умолчанию идентифицирует объекты *Распределительные центры (DCs)* как склады и обеспечивает «замкнутость» маршрутов именно на них. В связи с чем возникает дополнительный пробег ТС вне границ рассматриваемой области, который не нужно учитывать.

Описанной погрешностью пренебрегать нецелесообразно, поэтому необходима корректировка сценария: расположение объектов *DCs*. В качестве поясняющего примера на рисунке 3.1б показана дополнительная траектория движения (разворот), которую необходимо исключить (рисунок 3.15в).

Результаты моделирования приведены в таблицах Г.1 – Г.4 Приложения Г, анализ которых позволил сделать следующие выводы.

Во-первых, выполненный ТО эксперимент (ТО Experiment) позволил установить, что с ростом уровня консолидации, который обеспечивался увеличением от 2 до 4 совместно перевозимых партий грузов любых клиентов, снижается общий пробег грузовых ТС (рисунок 3.16).

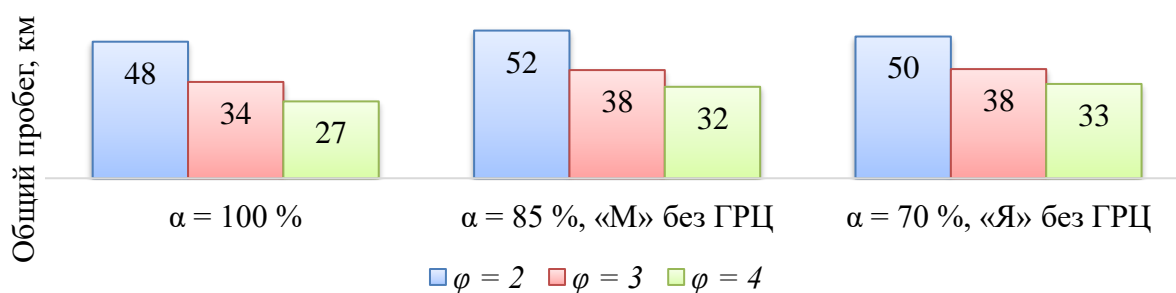


Рисунок 3.16 – Результаты ТО эксперимента при изменении φ и α

Во-вторых, результаты выполнения ТО эксперимента с ограничениями (Capacitated TO Experiment), представленные на рисунке 3.17, позволили сделать следующий вывод. При попеременном изменении торговой сети, которая могла бы отказаться от услуг оператора ГРЦ, были получены разные значения пробега ТС. При одном и том же спросе на товары при одинаковом уровне участия (14 из 20) в зависимости от расположения конкретных клиентов, использующих технологию, и их характеристик (объемы спроса на продукцию, грузопместимость ТС и т.д.) зависел конечный результат. В рассматриваемом случае при уровне участия $\alpha = 70\%$ без оператора ГРЦ могут работать либо сеть «Я», либо сеть «П», при этом результативность ГРЦ в первом случае выше на 12 – 16 %.

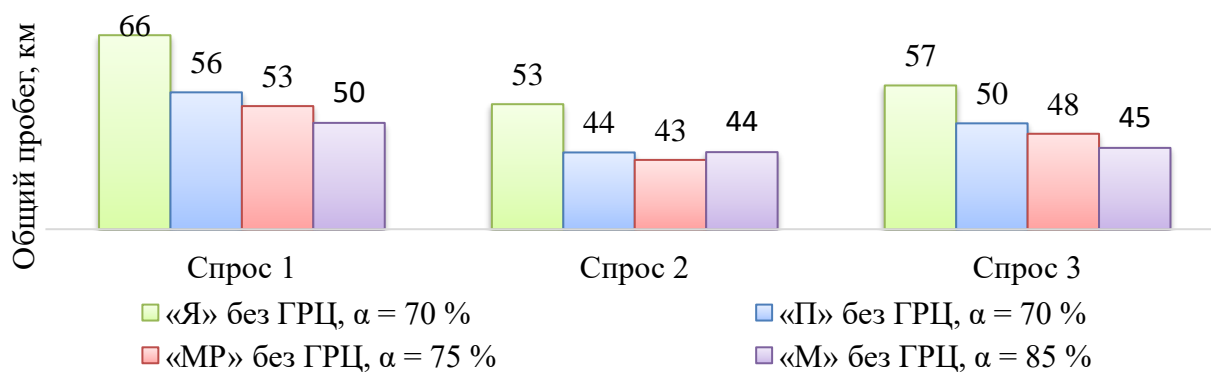


Рисунок 3.17 – Общий пробег ТС при изменении получателей, не использующих ГРЦ

В-третьих, согласно представленным в таблице 3.7 результатам ТО эксперимента с ограничениями (Capacitated TO Experiment), при любых потребных объемах заказа общий пробег ТС оказывался минимальным в случае координированного обслуживания получателей оператором ГРЦ. Общий пробег ТС в *сценарии 1* составил 37, 45 и 47 км, а критерий R^* принял минимальные значения по сравнению с другими сценариями.

Таблица 3.7 – Результаты ТО эксперимента с ограничениями (Capacitated TO Experiment)

Параметры	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4
спрос 1	47 км, $R^* = 0,57$	66 км, $R^* = 0,80$	66 км, $R^* = 0,80$	82 км
спрос 2	45 км, $R^* = 0,63$	62 км, $R^* = 0,86$	57 км, $R^* = 0,79$	72 км
спрос 3	37 км, $R^* = 0,54$	59 км, $R^* = 0,87$	53 км, $R^* = 0,78$	68 км

Если оператор ГРЦ не сможет по каким-либо причинам скоординировать обслуживание всех клиентов (*сценарий 2*), тогда пробег грузовых ТС увеличится на 40, 37 и 59 % относительно *сценария 1*. Т.е. при невозможности координации и консолидации партий грузов всех получателей ГРЦ снижает результативность.

В ситуации инсорсинга транспортно-логической деятельности, самостоятельного обслуживания собственных сетевых объектов (*сценарий 4*), протяженность маршрутов доставки оказалась максимальной (68, 72 и 82 км) несмотря на то, что была осуществлена консолидация внутри торговой сети по

коммерческому принципу. Сравнение результатов моделирования *сценария 4* со *сценарием 1* позволяет сделать вывод, что ГРЦ для города приносит лучший результат, чем собственные распределительные центры компаний.

При высоком уровне участия $\alpha = 70\%$ (*сценарий 3*) пробег ТС оказался сопоставимым с результатами *сценария 2*. Т.е. возможны ситуации, когда в технологию вовлечено большинство клиентов, а общий пробег сокращается незначительно. При этом чем больше уровень консолидации, тем лучше результат. Так, в моделируемом примере при *спросе 1* необходимо выполнить 13 поездок с общим пробегом 66 км ($\varphi = 1,5$); при *спросе 2* требуется совершить 11 поездок, протяженностью 57 км ($\varphi = 1,8$); при *спросе 3* – 10 поездок, общей протяженностью 53 км ($\varphi = 2$).

Выводы по разделу

В данном разделе отражены закономерности влияния реализации принципов координации и консолидации через создание распределительного центра на изменение объема движения грузовых автомобилей, на основании которых можно сделать следующие выводы.

1. С помощью математической модели установлено, что создание центра позволит сократить потребное число доставок и, соответственно, общее количество грузовых автомобилей в местах их притяжения, если ранее поставки разных получателей совместно не обслуживались, т.е. не были скоординированы общим перевозчиком.

Расположение распределительного центра за пределами рассматриваемого района позволяет достичь положительного результата при любых уровнях консолидации и участия (при любом количестве объединяемых партий грузов и доли клиентов, принявших новую технологию). Расположение центра распределения в границах района обуславливает притяжение грузовых автомобилей, осуществляющих доставку грузов из внешней зоны и возвращающихся порожних автомобилей от

клиентов, т.е. увеличивает скопление грузовых транспортных средств.

2. При создании распределительного центра в городской черте предложено применять альтернативные решения для обслуживания грузопотоков, в частности осуществлять развоз грузов по железнодорожной инфраструктуре, что позволит уменьшить использование автомобилей. Для случая автомобильно-железнодорожных перевозок в математическую модель были введены дополнительные условия, и она была адаптирована под ситуацию взаимодействия двух видов транспорта.

3. На основе представленных в данном разделе формул была разработана программа для ЭВМ «Городской распределительный центр – 1.0», которая прошла процедуру государственной регистрации. Получено свидетельство ФИПС № 2021680202 от 08.12.2021 г. (Приложение Б).

4. Предложена оптимизационная модель оценки влияния городского распределительного центра на общий пробег грузовых автомобилей. Разработан алгоритм создания и выполнения оптимизационных экспериментов в специальном программном обеспечении. Предложено условие результативности и целесообразности создания центра. Выполнена апробация модели и алгоритма на примере г. Новосибирска с учетом реальных данных, а также достигнуто максимальное сокращение общего пробега автомобилей при координированном обслуживании всех получателей рассматриваемого района оператором городского распределительного центра.

5. Установлено, что консолидация грузов нескольких торговых сетей позволяет достичь большего сокращения пробега за счет наиболее близкого расположения разных грузополучателей по сравнению с объектами одной торговой сети, удаленными друг от друга на протяженные расстояния. Также на результат оказывают влияние характер и объемы спроса на грузы, особенности их физико-химических свойств, ограничения по грузоместимости транспорта и установленные режимы работы клиентов.

4 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИДОВ ТРАНСПОРТА

4.1 Условия целесообразности терминальной технологии перевозок с городскими распределительными центрами

Выводы и результаты 2 – 3 разделов диссертационной работы позволили выдвинуть приложение о совершенствовании технологии доставки грузов за счет обеспечения взаимодействия автомобильного и железнодорожного видов транспорта [18]. Поэтому далее в работе подробно рассмотрены *автомобильно-железнодорожные ГРЦ*.

На рисунке 4.1 изображены примеры с двумя (для простоты понимания) такими центрами и даны пояснения к ним на основе общих положений «морфологии терминальных сетей» [68].

Схема на рисунке 4.1а показывает конфигурацию, когда внешний грузопоток (от точек входа в городскую черту до ГРЦ) обслуживается автотранспортом, взаимодействие между ГРЦ обеспечивается железнодорожным транспортом, доставка «последней мили» – грузовыми автомобилями. Схема на рисунке 4.1б отличается тем, что «внешние грузы» и грузы между центрами развозятся железнодорожным транспортом, а автотранспортом – лишь на «последней миле». Рисунки 4.1в и 4.1г – те же схемы, но реализованные в сочетании с введением дополнительных ограничительных мер: запрещением движения по отдельным направлениям УДС.

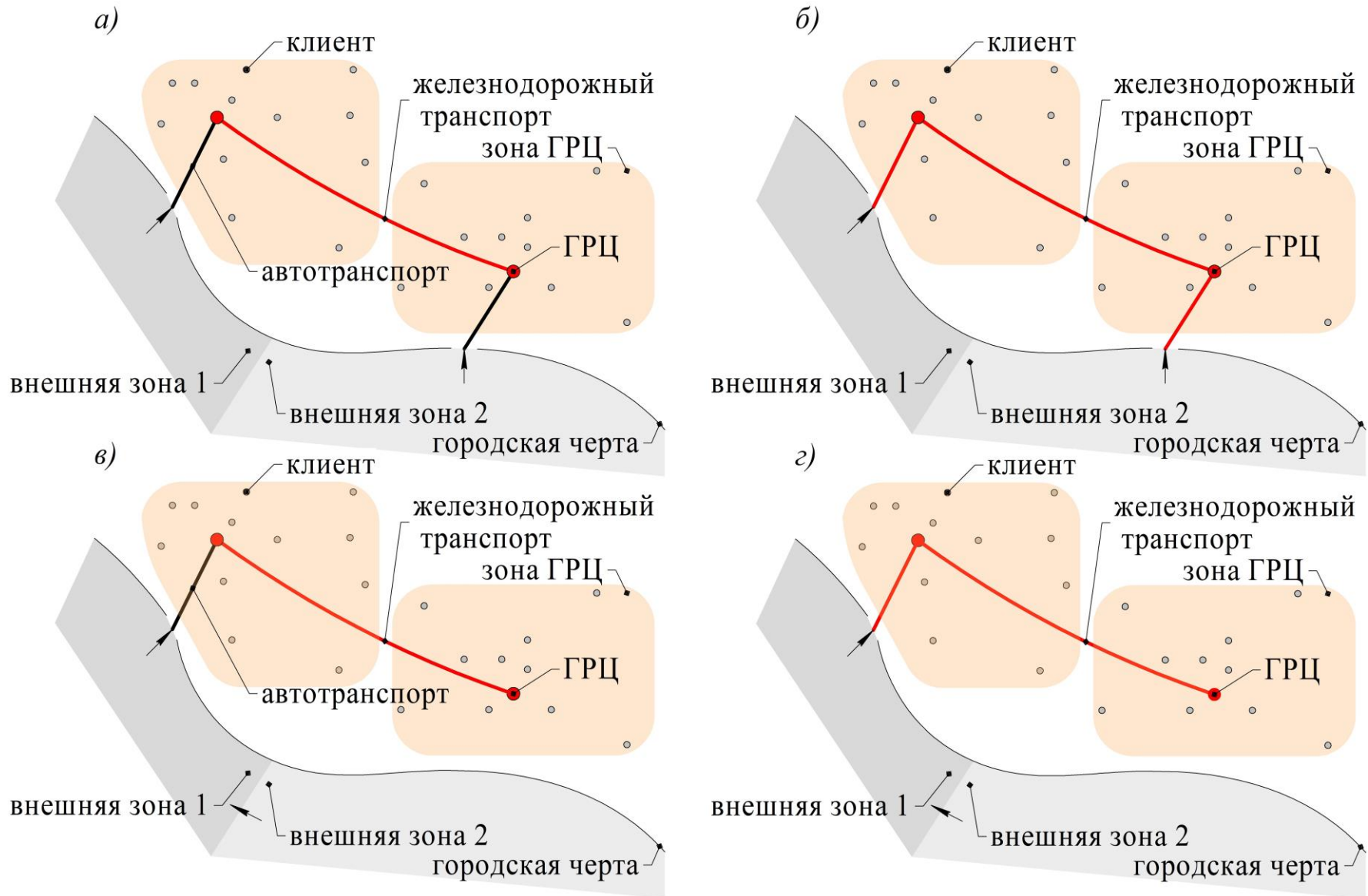


Рисунок 4.1 – Примеры схем терминальной технологии с двумя центрами распределения

Необходимо подчеркнуть, что на практике схемы могут иметь более сложную структуру, например, при количестве ГРЦ более двух и комбинированном обслуживании одних и тех же (рисунок 4.2а) и разных (рисунок 4.2б) транспортных связей [67 – 69].

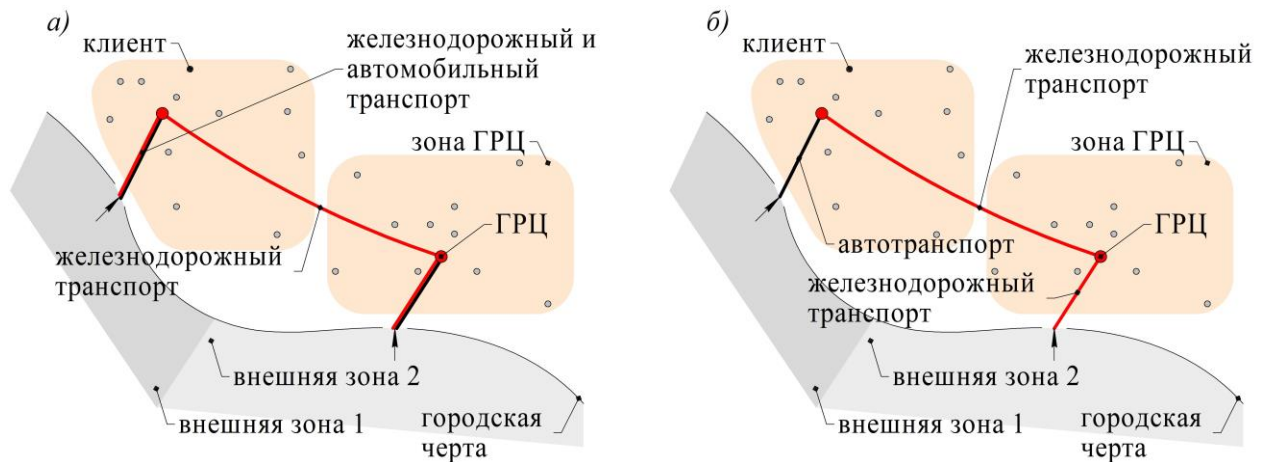


Рисунок 4.2 – Комбинированная схема для (а) одних и (б) разных транспортных связей

Положения теории логистики и научные исследования [10, 40, 38] при сравнении технико-технологических и структурно-планировочных параметров систем распределения оценивают совокупные приведенные затраты, включающие: 1) капитальные вложения (инвестиции); 2) эксплуатационные затраты: а) затраты на грузопереработку, эксплуатацию центров, управление системой; б) транспортные затраты; 3) стоимость грузовой массы, вовлеченной в процесс доставки: а) при хранении; б) при транспортировке; 4) убытки грузов [25].

При рассмотрении терминальных перевозок в рамках концепции городской логистики условием их целесообразности является обязательное достижение положительных внутранспортных эффектов, а также минимизация денежных затрат клиентов на доставку грузов:

$$E_3 > 0, \quad (4.1)$$

$$S_{\Sigma}^a - S_{\Sigma}^T \rightarrow \min, \quad (4.2)$$

где E_3 – оценка внутранспортного эффекта⁴ от применения новой технологии; S_Σ^a и S_Σ^T – суммарные денежные затраты клиентов при автомобильной (до создания ГРЦ) и терминальной (после создания ГРЦ) доставках соответственно, руб.

Теоретически возможны три случая соотношения затрат и результатов от применения терминальной технологии с ГРЦ. Для анализа целесообразности ее введения рассмотрим характерные примеры.

Случай 1. Если затраты доставки грузов после создания ГРЦ сократятся, а также будут достигнуты планируемые внутранспортные улучшения (таблица 2.6), тогда применение технологии целесообразно. Условие может быть записано в виде неравенств:

$$S_\Sigma^a - S_\Sigma^T = \Delta S_\Sigma > 0, \quad (4.3)$$

$$E_3 \pm \Delta M_3 > 0, \quad (4.4)$$

ΔS_Σ – разница затрат, руб.;

ΔM_3 – изменение стоимости грузовой массы [25, 86], руб.:

$$\Delta M_3 = M_3^a - M_3^T, \quad (4.5)$$

где M_3^a и M_3^T – стоимость грузовой массы, вовлеченной в процесс доставки, до и после создания ГРЦ соответственно, руб.

Случай 2. Если суммарные затраты после создания ГРЦ превысят положительные результаты, тогда анализируемый сценарий в заданных условиях нецелесообразен:

$$\Delta S_\Sigma < 0, \quad (4.6)$$

$$|\Delta S_\Sigma| > E_3 \pm \Delta M_3. \quad (4.7)$$

В описанном случае необходимо определить критические параметры (например, объемы поставки, уровни участия, количество центров и их расположение и т.д.), при которых условие (4.7) не выполняется [144]; и оценить возможность корректировки технико-технологических и структурно-планировочных параметров технологии. Если критические условия будут

⁴ При возможности формализации в денежном эквиваленте – оценка в руб.

найденны и осуществимы, тогда технология целесообразна при найденных условиях [25]; если критические условия не будут найдены или будут неосуществимы, то технология нецелесообразна.

Случай 3. Если значение затрат после создания ГРЦ превысит аналогичное значение прежнего варианта доставки $\Delta S_{\Sigma} < 0$, то применение технологии целесообразно только при:

$$|\Delta S_{\Sigma}| < E_3 \pm \Delta M_3. \quad (4.8)$$

В таком случае у разных сторон возникают внутранспортные эффекты (положительные и отрицательные), тогда может потребоваться разработка механизма обеспечения финансовой устойчивости проекта, а именно: распределение дополнительных затрат между выгодоприобретателями; компенсация возникших дополнительных затрат, меры государственной поддержки.

Тогда допустимый размер компенсаций может быть найден:

$$D_k = (E_3 \pm \Delta M_3) - |\Delta S_{\Sigma}|. \quad (4.9)$$

В случае использования железнодорожного транспорта возникающие связи и отношения между сторонами транспортного процесса будет иметь структуру, схема которой представлена на рисунке 4.3.

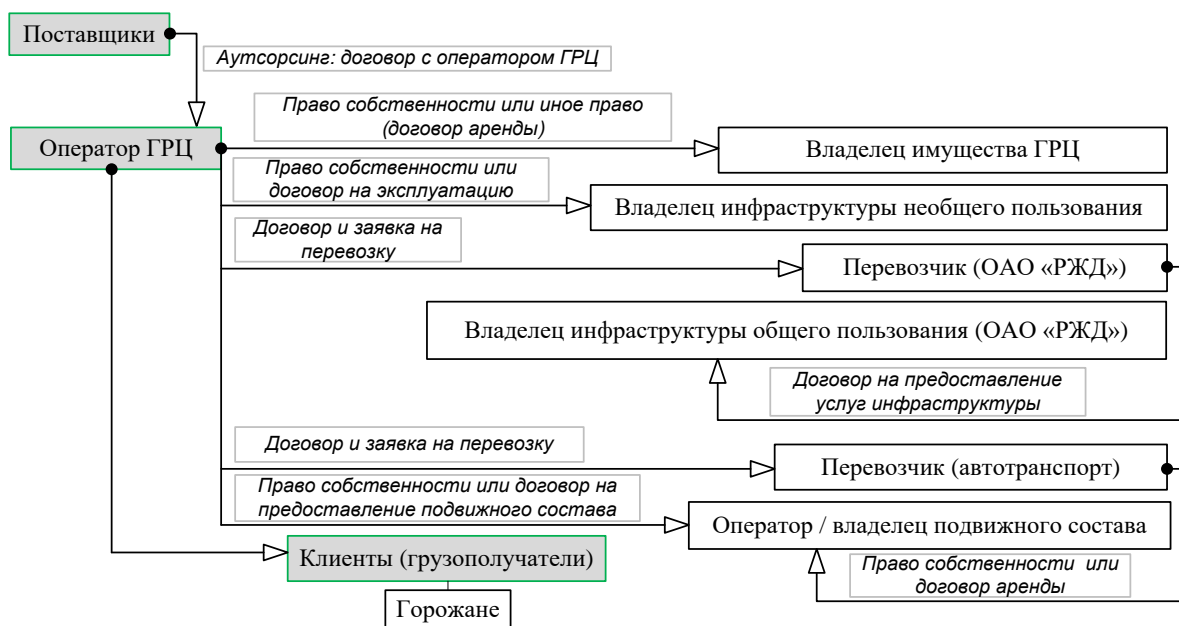


Рисунок 4.3 – Схема связей между сторонами транспортных отношений

Денежные затраты клиентов (расходы) после создания ГРЦ будут определяться каждым новым этапом продвижения и переработки грузопотока, а также изменением процессов внешней и внутренней доставки:

$$S_{\Sigma}^T = \pm C_a^{ex} + C_o, \quad (4.10)$$

где $\pm C_a^{ex}$ – затраты продвижения грузопотоков до ГРЦ, руб.;

C_o – затраты оператора ГРЦ, руб.:

$$C_o = C_r^{in} + C_a^{in} + C_c, \quad (4.11)$$

C_r^{in} – затраты продвижения грузопотоков железнодорожным транспортом, руб.;

C_a^{in} – затраты продвижения грузопотоков автомобильным транспортом (от ГРЦ до клиентов), руб.;

C_c – затраты терминальной обработки и эксплуатации ГРЦ, руб.:

$$C_c = C_{ch} + C_{st} + C_{so} + C_{rs} + c_{add}, \quad (4.12)$$

C_{ch} – затраты на погрузо-разгрузочные работы, руб.;

C_{st} – затраты на хранение грузов, руб.;

C_{so} – затраты на сортировку грузов, руб.;

C_{rs} – дополнительные затраты на продвижение грузопотоков, руб.;

c_{add} – затраты на обеспечение функционирования ГРЦ, руб.

Пояснения к слагаемым формул (4.9) – (4.11) представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Описание составляющих расходов клиентов

Группа затрат	Примечания
затраты внешней доставки $\pm C_a^{ex}$	изменяются из-за возможности доставлять грузы до ГРЦ в ТС большой вместимости, а также из-за расстояния перевозки или общего пробега
затраты оператора ГРЦ C_o	
C_r^{in}	возникают в результате оплаты услуг перевозчика железнодорожного транспорта
$\pm C_a^{in}$	изменяются главным образом из-за расстояния перевозки или общего пробега
затраты терминальной обработки и эксплуатации ГРЦ C_c	зависят от технико-технологических и структурно-планировочных параметров ГРЦ
C_{ch}	возникают при погрузке, выгрузке и перегрузке

Продолжение таблицы 4.1

Группа затрат	Примечания
C_{st}	возникают при хранении грузов в ГРЦ
C_{so}	возникают при сортировке грузов
C_{rs}	возникают дополнительно к затратам на продвижение грузопотоков вследствие особенностей выбранной технологии
C_{add}	затраты на эксплуатацию ГРЦ

Дальнейшая конкретизация составляющих формул (4.1) – (4.12) зависит от выбранных параметров технологии организации перевозок с автомобильно-железнодорожными ГРЦ в соответствии с местными условиями крупного города.

4.2 Формализованное описание распределения грузопотоков в системе перевозок с городскими распределительными центрами

Рассмотрим общий случай реализации исследуемой технологии в условиях взаимодействия автомобильного и железнодорожного видов транспорта (рисунок 4.4). Грузы, доставляемые внешним транспортом до ГРЦ, могут быть как заранее сформированными в виде укрупненных грузовых единиц (транспортных пакетов, грузовых мест), содержащих необходимые товарные позиции для конкретного получателя s (рисунок 4.4а), так и поставляться «общим номенклатурным перечнем» тарно-штучных грузов, требующих дальнейшей переработки (рисунок 4.4б).

В первом случае оператор ГРЦ обеспечивает прием, выгрузку и сортировку, отправление части прибывших грузовых единиц в другой ГРЦ, при необходимости – хранение, а также организацию доставки «последней мили». Во втором случае – кроме перечисленных задач оператор дополнительно выполняет формирование грузовых единиц и индивидуальных партий для доставки каждому клиенту.

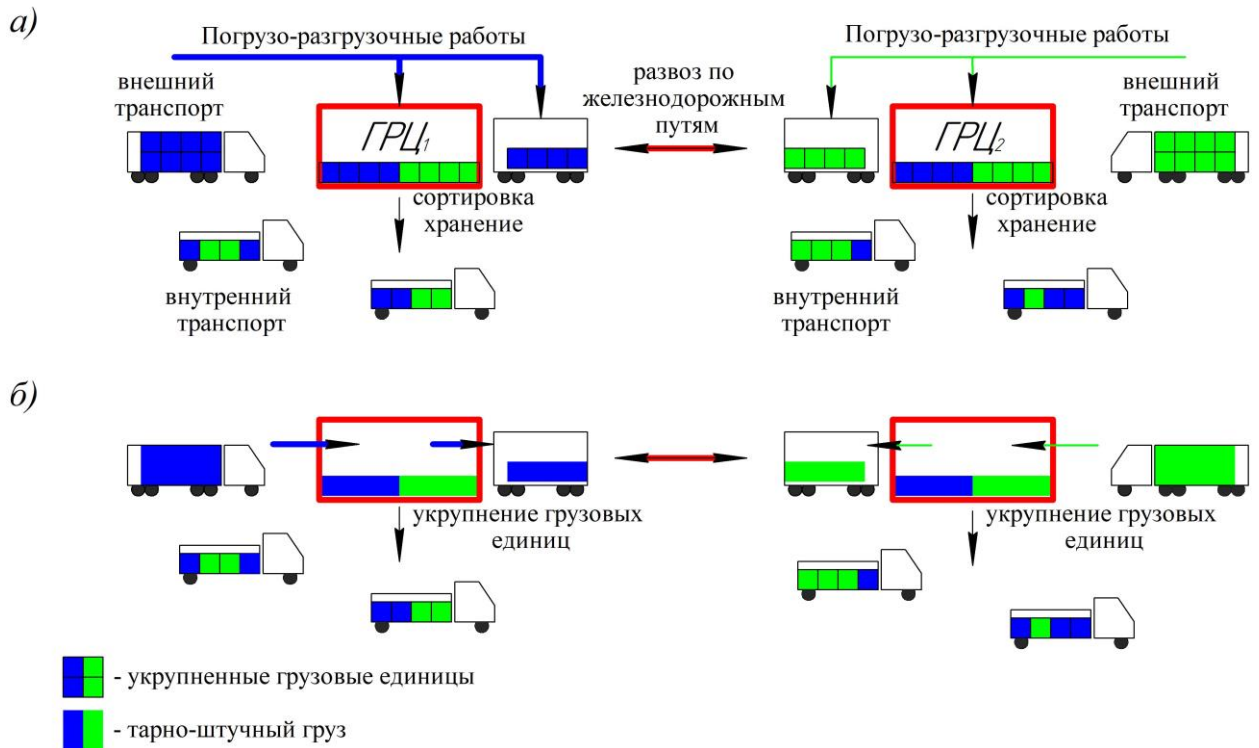


Рисунок 4.4 – Обобщенная схема переработки (а) укрупненных грузовых единиц и (б) тарно-штучных грузов

«Закрепление» клиентов за каждым j -ым центром и определение зон обслуживания можно произвести с помощью критерия «транспортной доступности» [149] по формуле:

$$P_{sj} = \frac{R/r_{sj}}{\sum_{j=1}^J R/r_{sj}}, \quad (4.13)$$

где r_{sj} – расстояние между s клиентом и j центром, км;

R – сумма расстояний между s клиентом и всеми ГРЦ, км;

J – количество ГРЦ, ед.

Объем доставки в каждом j -ом районе обслуживания будет определяться суммарным спросом клиентов на товары:

$$q_j = \sum_{i \in D} q_j^i, \quad (4.14)$$

где q_j^i – объединенная партия грузов от j -го ГРЦ в i -ом маршруте для $\varphi_{i,s}$ клиентов;

D – набор маршрутов развоза в рассматриваемом районе (задача развозки рассмотрена в подразделе 3.4).

Консолидированная партия q_j^i включает в себя грузовые единицы, которые могут быть совместно перевезены в одном ТС (подраздел 3.4). Объемно-массовые и количественные характеристики q_j^i ограничены предельными конструктивными параметрами используемого парка ТС:

$$q_j^i \leq q_{max}^i. \quad (4.15)$$

Все прибывшие внешние грузы в j -ый ГРЦ могут быть адресованы зоне обслуживания, закрепленной за данным центром, или любой другой из $(J - 1)$. Тогда струи внешних грузопотоков от каждого ГРЦ разделяются по назначениям следующим образом:

$$\begin{aligned} Q_j^{ex} &= Q_{j,j}^{in} + Q_{j,j+1}^{in} + \dots + Q_{j,J}^{in}, \\ Q_{j+1}^{ex} &= Q_{j+1,j}^{in} + Q_{j+1,j+1}^{in} + \dots + Q_{j+1,J}^{in}, \\ &\dots \\ Q_J^{ex} &= Q_{J,j}^{in} + Q_{J,j+1}^{in} + \dots + Q_{J,J}^{in}, \end{aligned} \quad (4.16)$$

где $Q_j^{ex}, Q_{j+1}^{ex}, \dots, Q_J^{ex}$ – объем внешних грузопотоков, прибывающих в j -ый ГРЦ; $Q_{j,j}^{in}, Q_{j+1,j+1}^{in}, \dots, Q_{j,J}^{in}$ – доля внешних грузопотоков, прибывающих в j -ый ГРЦ для j -ой зоны;

$Q_{j,j+1}^{in}, \dots, Q_{j,J}^{in}$ – объем грузопотоков из j -ого ГРЦ для $(J - 1)$ других назначений.

Грузы из j -ого ГРЦ в другие $(J - 1)$ ГРЦ могут развозиться автомобильным или железнодорожным транспортом:

$$\begin{aligned} Q_{j,j+1}^{in} &= Q_{j,j+1}^a + Q_{j,j+1}^r, \\ &\dots \\ Q_{j,J}^{in} &= Q_{j,J}^a + Q_{j,J}^r, \end{aligned} \quad (4.17)$$

$Q_{j,j+1}^a, \dots, Q_{j,J}^a$ – объем грузопотоков от j -го ГРЦ к другим ГРЦ, обслуживаемый автомобильным транспортом;

$Q_{j,j+1}^r, \dots, Q_{j,J}^r$ – объем грузопотоков от j -го ГРЦ к другим ГРЦ, обслуживаемый железнодорожным транспортом;

Если грузы развозятся между ГРЦ железнодорожным транспортом, выражение (4.17) примет вид:

$$\begin{aligned} Q_{j,j+1}^{in} &= Q_{j,j+1}^r, \\ &\dots \\ Q_{j,J}^{in} &= Q_{j,J}^r. \end{aligned} \quad (4.18)$$

Тогда все грузы, которые необходимо доставить клиентам в j -ую зону, складываются из внешних грузопотоков и тех, что прибывают из других ГРЦ:

$$q_j = Q_{j,j}^{in} + Q_{j+1,j}^{in} + \dots + Q_{J,j}^{in}. \quad (4.19)$$

В случае использования железнодорожного транспорта:

$$q_j = Q_{j,j}^{in} + Q_{j+1,j}^r + \dots + Q_{J,j}^r. \quad (4.20)$$

Консолидированная партия Q_j^i состоит из грузовых единиц, которые могут быть перевезены в одном ТС (подраздел 3.4). Объемно-массовые характеристики грузов в каждом вагоне для j -го ГРЦ должны соответствовать предельным ограничениям по грузоподъемности или грузоместимости ПС:

$$Q_j^i \leq Q_{max}^i. \quad (4.21)$$

Общее количество выгружаемых вагонов j -го ГРЦ:

$$N_j^{выг} = n_{j+1,j} + \dots + n_{J,j} = \left\lfloor \frac{Q_{j+1,j}^r}{Q_{max}^i} \right\rfloor + \dots + \left\lfloor \frac{Q_{J,j}^r}{Q_{max}^i} \right\rfloor, \quad (4.22)$$

где $n_{j+1,j} + \dots + n_{J,j}$ – количество прибывших вагонов в j -ый ГРЦ, ваг.

Общее количество погружаемых вагонов j -го ГРЦ:

$$N_j^{пог} = n_{j,j+1} + \dots + n_{j,J} = \left\lfloor \frac{Q_{j,j+1}^r}{Q_{max}^i} \right\rfloor + \dots + \left\lfloor \frac{Q_{j,J}^r}{Q_{max}^i} \right\rfloor, \quad (4.23)$$

где $n_{j,j+1} + \dots + n_{j,J}$ – количество отправленных вагонов из j -ого ГРЦ, ваг.

При определении количества вагонов необходимо учитывать взаимозаменяемость. Так, вагоны из-под выгрузки в j -ом ГРЦ могут быть

использованы под погрузку, либо порожние вагоны из j -ого ГРЦ могут подаваться для загрузки в другой ГРЦ.

Формализованное описание распределения грузопотоков по формулам (4.13) – (4.23) сопоставлено с графической интерпретацией процесса на рисунке 4.5.

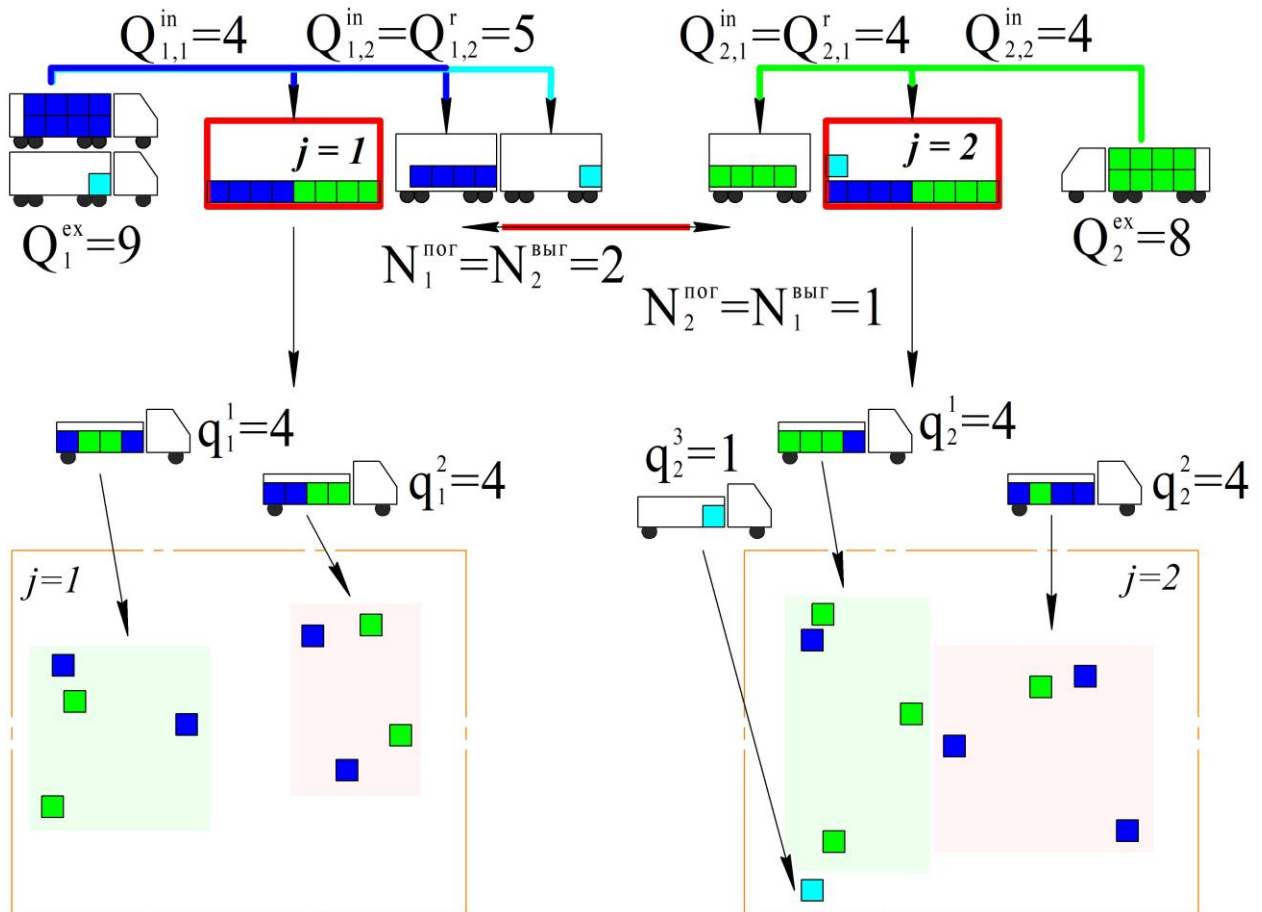


Рисунок 4.5 – Схема распределения грузопотоков в системе с автомобильно-железнодорожными центрами

Важнейшей задачей интеграции железнодорожной инфраструктуры в городскую систему агломерации является разработка способов адаптации железнодорожных перевозок для развоза грузов, т.е. обмена груженых и порожних вагонов между ГРЦ.

4.3 Усовершенствованный способ развоза грузов по железнодорожным путям

На железнодорожном транспорте работа по развозу грузов в адрес станций выгрузки и порожних вагонов в адрес станций погрузки, подаче-уборке вагонов к фронтам погрузки-выгрузки регламентируются принятым порядком управления местной работой. Способ организации местной работы на участке (направлении) или в железнодорожном узле устанавливается с учетом технологических и стоимостных оценок различных вариантов обслуживания станций при соблюдении нормативных сроков доставки [30].

Нормативные сроки в соответствии с [72] включают в себя не только время на передвижение, но и начально-конечные операции ($t_{нк}$) и дополнительное время (t_d), а также округляются в большую сторону до целых суток:

$$T_d = f(t_{нк}, L_T, S_{сут}, t_d), \quad (4.24)$$

где L_T – тарифное расстояние, км;

$S_{сут}$ – норма среднесуточного пробега, км/сут.

Нормативное время доставки (72 ч) на расстояния до 100 км оказывается несопоставимо больше срока доставки автотранспортом, поэтому для дальнейшего исследования вопроса о возможности перераспределения городских грузопотоков на железнодорожную инфраструктуру необходимо:

1) разработать предложения по совершенствованию способа развоза грузов, позволяющие: а) обеспечивать конкурентоспособный срок доставки; б) рационально использовать имеющиеся технические ресурсы ОАО «РЖД» (локомотивы, станционные пути и т.д.);

2) опередить провозную плату в соответствии с общими расходами перевозчика по новой технологии [32].

Минимально возможный технологический срок доставки достигается при: 1) сокращении непроизводительных простоев в ожидании

технологических операций; 2) изменении нормативов затрат времени (например, $t_{нк}$); 3) исключении переработки и простоев на станциях [11, 31, 26, 65]; 4) реализации твердых ниток для внутриузловых поездов в графике движения [30].

Действующие нормативные документы [30] в качестве технологических рекомендаций по ускорению развоза груза позволяют:

1) обслуживать отдельные направления специальными локомотивами, в качестве которых допускается использовать маневровые локомотивы, а также локомотивы других родов движения и видов работ:

а) на участках с небольшим объемом местной работы и малодеятельных линиях, на станциях без маневровых средств – вывозными поездами и диспетчерскими локомотивами;

б) на участках между станцией с большой грузовой и маневровой работой и промежуточными малодеятельными станциями – маневровыми локомотивами опорной станции;

в) между станциями узла – передаточными поездами;

2) внедрять твердый график оборота локомотивов с гибкими нормами веса и длины поездов.

Предлагаемый способ развоза грузов в пределах городской агломерации заключается в использовании станционного или диспетчерского локомотива для передачи груженых и порожних вагонов между станциями, на базе которых созданы ГРЦ, т.е. «в работе маневрового локомотива на перегонах по закольцованному обмену».

Предлагаемый способ отличается от существующих способов развоза грузов в узле тем, что:

1) локомотив (станции примыкания ГРЦ, опорной станции или диспетчерский) используется для осуществления перевозок, а не для маневровой работы или не только маневровой работы;

2) локомотив обслуживает участок обращения между грузовыми станциями, а не между малодеятельными станциями;

3) выполнение маневровой работы на станциях производится локомотивом станции при его наличии;

4) развоз грузов не требует переработки на технической (сортировочной) станции, а может рассматриваться как «городской грузовой поезд» («Urban Freight Railway»).

Схемы работы станционного или диспетчерского локомотива будут зависеть от: 1) способов отцепки и прицепки (перцепки или обмена) вагонов на станциях; 2) порядка обслуживания ПНОП; 3) количества обслуживаемых грузовых станций, их оснащённости и взаимного расположения (декомпозиции); 4) количества перцепляемых вагонов (груженых и порожних).

Теоретически возможные схемы обращения локомотива(-ов) на перегонах внутри железнодорожного узла представлены на рисунке 4.6.

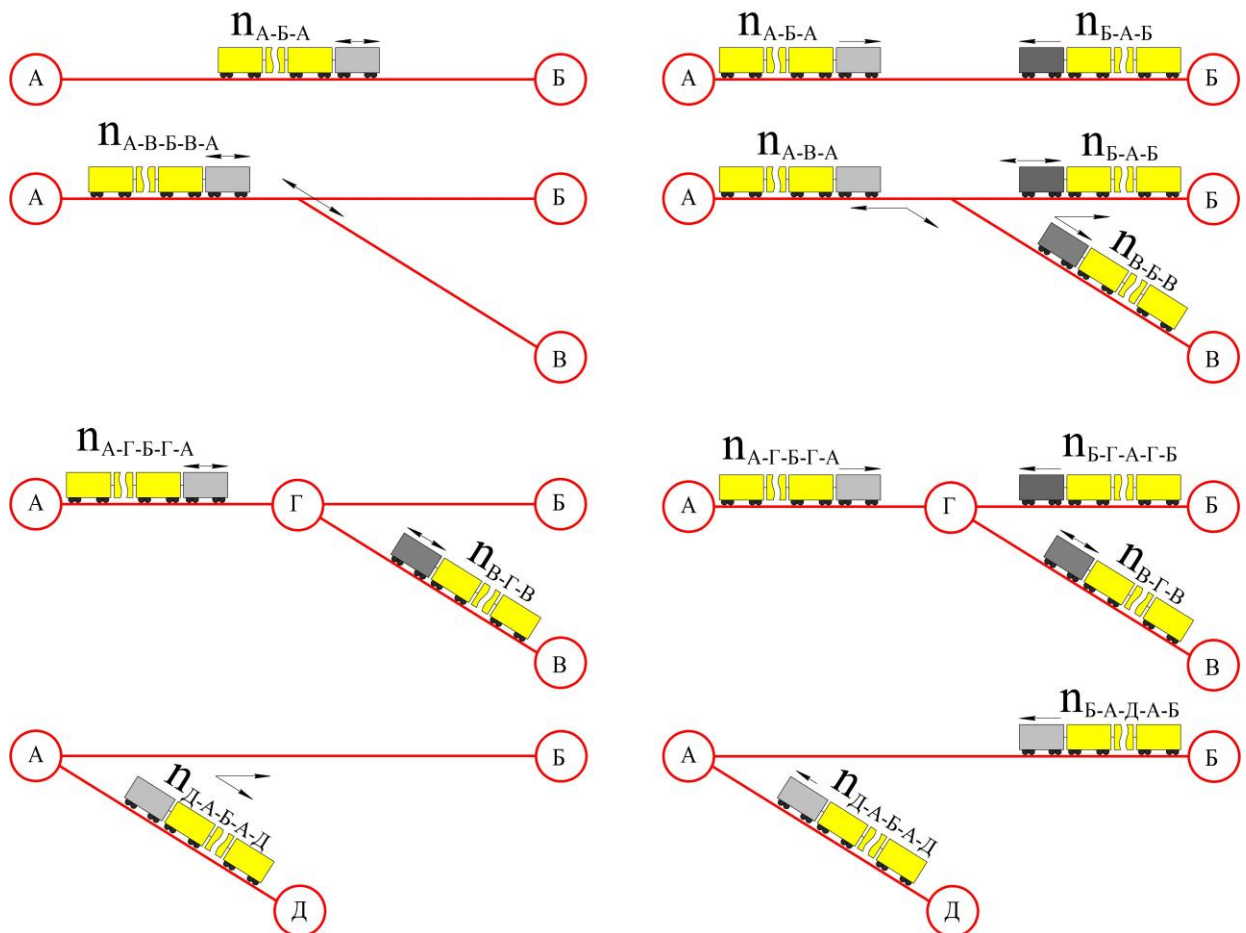


Рисунок 4.6 – Схемы обращения локомотива(-ов) на перегонах

Адаптация предлагаемой технологии под конкретные местные условия должна основываться на практической возможности реализации конкретного решения, а именно:

1) техническая оснащенность железнодорожных станций должна обеспечивать возможность выполнения необходимых коммерческих операций;

2) загрузка задействованных локомотивов должна обеспечивать возможность их использования в дополнительном внутриузловом движении, т.е. при выделении маневрового локомотива для рассматриваемых перевозок его загрузка не должна превышать максимально допустимый уровень;

3) резерв пропускной способности перегонов, где предусматривается обращение «городского поезда», должен позволять пропустить необходимое число поездов / пар поездов с требуемой приоритетностью.

4.4 Усовершенствованная технология организации перевозок в условиях взаимодействия видов транспорта в г. Новосибирске

Опираясь на опыт реальных проектов городских перевозок по железной дороге [131, 135, 138, 140 – 142, 145], рассмотрим пример исследуемой технологии в Новосибирской агломерации.

Существующие варианты доставки грузов торгово-производственных предприятий и организаций подразумевают два способа:

1) с использованием собственных или арендованных распределительных центров регионального значения;

2) то же, но с расположенными вблизи города отправления, или без центров распределения по прямой (сквозной) технологии [67 – 69].

Сопоставление обоих вариантов представлено на рисунке 4.7.

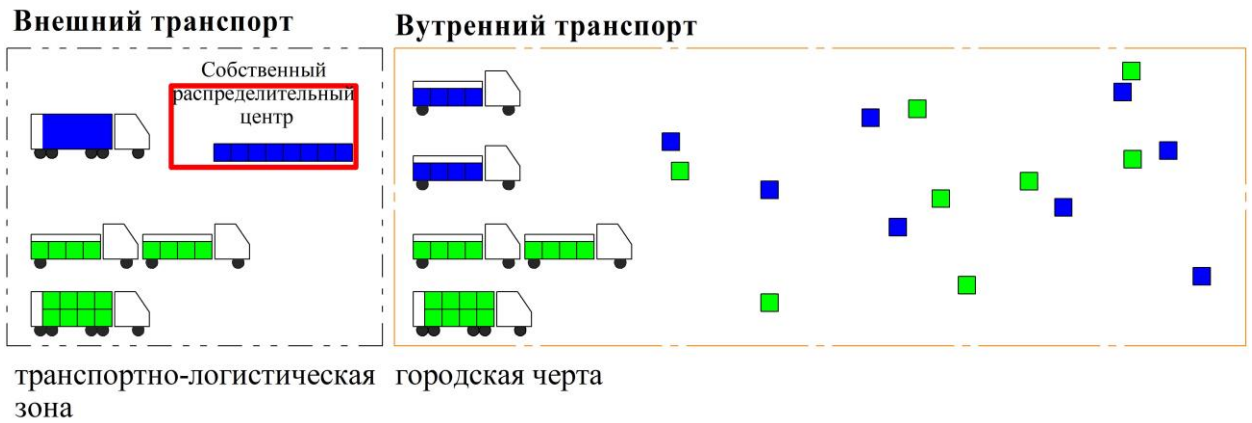


Рисунок 4.7 – Схема существующих способов доставки тарно-штучных грузов

Во втором случае этапы внешней и внутренней доставки имеют условные границы, так как для междугородной (внешней) и городской (внутренней) перевозки используется одно и то же ТС.

В Новосибирской ТЛС работа по переработке грузов сконцентрирована в радиусе 50 км от города (рисунок 4.8). Логистические мощности для тарно-штучных грузов размещены преимущественно в пригородных зонах. Подавляющее большинство складских площадей (около 79 %) расположено в Западном транспортно-логистическом кластере [75], т.е. в левобережной части города (например, «Промышленно-логистический парк», «Медион-Толмачево» и другие). Однако более чем 60 % всех получателей и потребителей грузов расположены в правобережной части г. Новосибирска.

Таким образом, соответствующее расположение объектов, генерирующих и поглощающих грузопотоки, обуславливает высокие значения грузонапряженности транспортных связей между Западным и Восточным кластерами Новосибирской агломерации. Направление ввода грузопотоков в границы города с запада на северо-восток дублирует план трассы линий железнодорожного транспорта. Перспективным направлением ввода грузопотоков в город является Южный кластер, в который также входят железнодорожные пути алтайского направления.

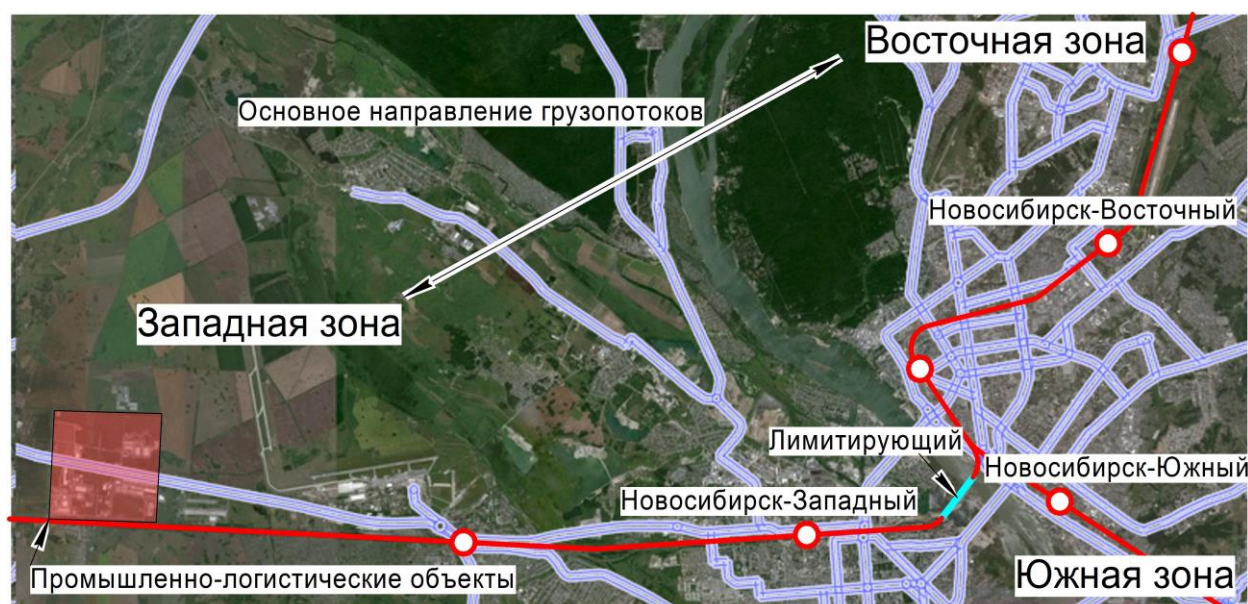


Рисунок 4.8 – Схема Новосибирской ТЛС

Техническое обоснование возможности реализации технологии перевозок с ГРЦ в условиях взаимодействия видов транспорта в г. Новосибирске обеспечивается выполнением следующих условий.

Во-первых, в соответствии с технической оснащённостью и производимыми коммерческими операциями станции Чемской, Обь, Новосибирск-Западный, Новосибирск-Главный, Новосибирск-Восточный, Иня-Восточная, Новосибирск-Южный, Инская, Клещиха, Чик позволяют выполнять прием и выдачу грузов, загружаемых целыми вагонами, в местах необщего пользования. К перечисленным станциям, расположенным в трех транспортно-логистических кластерах, примыкает значительное количество ПНОП и предприятий:

- 1) в Западном – 212 (к станциям Клещиха – 131, Новосибирск-Западный – 37 и Чемской – 44);
- 2) в Восточном – 51 (к станциям Новосибирск-Восточный – 31 и Иня-Восточная – 20);
- 3) в Южном – 33 (к станциям Инская – 10 и Новосибирск-Южный – 23).

С учетом вышеизложенных факторов, а также обоснования предложений по совершенствованию перевозок в г. Новосибирске

(подраздел 2.3) предложено рассматривать станции Чик, Новосибирск-Западный, Новосибирск-Восточный и в перспективе Новосибирск-Южный как допустимые станции примыкания ГРЦ и, соответственно, допустимые места их размещения [18, 79].

Во-вторых, представленные в таблице 4.2 данные свидетельствуют о имеющихся резервах загрузки маневровых локомотивов ОАО «РЖД» и возможности их использования для рассматриваемых перевозок на основании Инструктивных указаний по организации вагонопотоков ОАО «РЖД» [30].

Таблица 4.2 – Показатели использования маневровых локомотивов, 2021 г.

Станции	Чик	Новосибирск- Западный	Новосибирск- Восточный	Новосибирск- Южный
загрузка, %	–	52,1	45,3	45,8
количество, ед.	1 (диспетчерский)	2	3	1

В-третьих, значения коэффициентов заполнения пропускной способности перегонов Новосибирского железнодорожного узла (таблица 4.3) свидетельствуют о возможности пропуска по ним дополнительных поездов / пар поездов. Согласно данным автоматизированной системы «Паспорт НПС» и выполненным расчетам в соответствии с [53] можно сделать вывод, что пропуск одного городского грузового поезда увеличит загрузку лимитирующего участка Правая Обь – Левая Обь (рисунок 4.8) на 1,25 %, а других перегонов от 0,54 % до 0,73 %.

Таблица 4.3 – Значения коэффициента пропускной способности перегонов

Перегон	Пропускная способность при параллельном графике		Потребная пропускная способность		Коэффициент пропускной способности	
	туда	обратно	туда	обратно	туда	обратно
Иня-Восточная – Новосибирск-Восточный	137	137	57	57	0,42	0,42
Новосибирск-Восточный – Новосибирск-Главный	137	137	57	57	0,42	0,42
Новосибирск-Главный – Правая Обь	153	153	65	63	0,42	0,41
Правая Обь – Левая Обь	80	80	65	63	0,81	0,79

Продолжение таблицы 4.3

Перегон	Пропускная способность при параллельном графике		Потребная пропускная способность		Коэффициент пропускной способности	
	туда	обратно	туда	обратно	туда	обратно
Левая Обь – Новосибирск-Западный	153	153	65	63	0,42	0,41
Новосибирск-Западный – Обь	154	154	65	63	0,42	0,41
Обь – Чик	184	184	127	125	0,69	0,68
Новосибирск-Главный – Новосибирск-Южный	137	137	78	80	0,57	0,58

Схема технологии организации перевозок с ГРЦ с использованием разных видов транспорта изображена на рисунке 4.9.

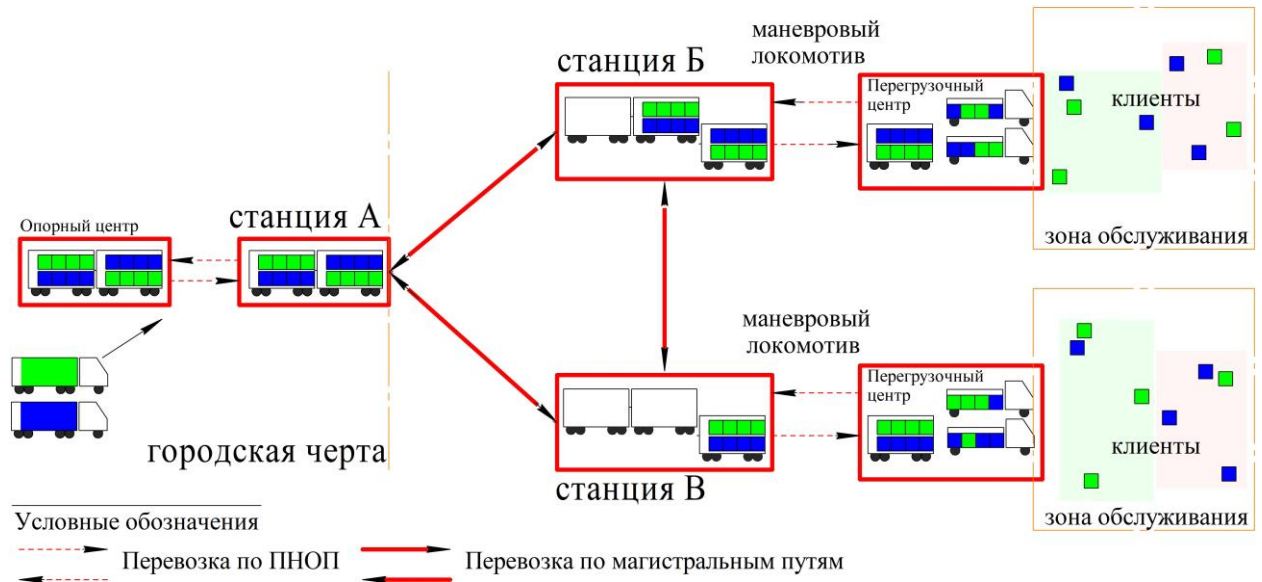


Рисунок 4.9 – Схема терминальной технологии организации перевозок с ГРЦ в условиях взаимодействия видов транспорта

Для конкретизации и пояснения процессов, изображенных на рисунке 4.9, опишем механизм реализации усовершенствованной технологии.

Каждый клиент формирует заказы на поставку необходимого перечня товаров в конце отчетного периода (как правило, еженедельно – подраздел 3.4). Индивидуальные заказы получателей одной коммерческой сети группируются, и грузы доставляются до опорного ГРЦ, расположенного

в непосредственной близости к существующей базе логистических мощностей.

В свою очередь, оператором ГРЦ сетевые планы поставок объединяются в единый план. Оператор ГРЦ обеспечивает прием грузов от поставщиков из автотранспорта, хранение, сортировку и выполнение погрузо-разгрузочных работ с заблаговременным формированием групп вагонов на j -ую станцию. В установленное гарантированное время по согласованному расписанию выполняется передача вагонов сначала между обслуживаемым ПНОП и станцией примыкания, а затем – перевозка между J станциями.

На рассматриваемые станции с ПНОП груженые и порожние вагоны подаются маневровым локомотивом этих станций (таблица 4.2). Выполняются прибытие и операции обработки состава по прибытию, отцепка и прицепка групп вагонов, а также операции по обработке состава по отправлению и отправлению со станции. Отцепка вагонов производится с головы состава локомотивом «городского грузового поезда», а прицепка вагонов к концу состава маневровым локомотивом станции. Отцепленные вагоны убираются на ПНОП маневровым локомотивом рассматриваемой станции.

На последнем этапе оператор в перегрузочных ГРЦ обеспечивает формирование партий грузов, выполнение погрузо-разгрузочных работ (перегрузку на автомобильный транспорт) и доставку грузов автомобилями без их выхода за пределы зоны обслуживания.

Выводы по разделу

1. Условием целесообразности применения технологии терминальных перевозок с городскими распределительными центрами является достижение положительных внутранспортных эффектов и минимизация затрат клиентов. Представленные возможные варианты соотношения итоговых результатов и затрат от внедрения технологии определяются добавленными этапами

продвижения и переработки грузопотоков, а также изменением организации внешней и внутренней доставки.

2. Составлены формализованное описание распределения грузопотоков и организационно-правовая схема регламентации отношений разных сторон в системе автомобильно-железнодорожных перевозок. Интеграция железнодорожного транспорта в агломерацию крупного города возможна при обеспечении конкурентоспособных сроков доставки и рационального использования ресурсов ОАО «РЖД». Для этой цели рекомендовано эксплуатировать маневровый локомотив при работе на перегонах в качестве городского грузового поезда.

3. Разработана усовершенствованная технология терминальных перевозок с городскими распределительными центрами в условиях взаимодействия видов транспорта. Она подразумевает использование маневрового локомотива для развоза груженых и порожних вагонов между грузовыми станциями, а также согласованную выдачу станционными локомотивами вагонов с путей необщего пользования, на базе которых могут быть созданы распределительные центры в промышленно-складских районах города. При этом работа грузовых автомобилей заключается в доставке консолидированных партий грузов разных клиентов без выхода за пределы зоны обслуживания.

4. Выполнено техническое обоснование использования железнодорожной инфраструктуры для городских перевозок на примере Новосибирского транспортного узла. Возможность реализации данного решения подтверждена соответствием технической оснащенности станций и выполняемыми на них коммерческими операциям, имеющимися резервами загрузки маневровых локомотивов в рамках 47,9 – 54,7 % и запасами в пределах 20,0 % пропускной способности эксплуатируемого направления.

5 УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДСКИХ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

5.1 Экономические основы использования железнодорожного транспорта в городских грузовых перевозках

Для работ и услуг, цены на которые не указаны в Тарифных руководствах, как правило рассматривается возможность формирования договорных тарифов [54]. Их размер может определяться без унифицированных прейскурантов «на основе экономически обоснованной себестоимости с учетом необходимого уровня рентабельности», который может меняться от внешних условий.

Известно, что базой для определения договорного тарифа являются расходы ОАО «РЖД» по выполнению соответствующих операций [32, 54]. Соответственно, максимальная рентабельная цена (договорной тариф) может рассчитываться по формуле:

$$C_r^{max} = (1 + r_r) \cdot C_r, \quad (5.1)$$

где r_r – принятый уровень рентабельности (железнодорожный транспорт);
 C_r – общие расходы по выполнению соответствующей работы или услуги (железнодорожный транспорт), руб.:

$$C_r = \sum_{j=1}^J (C_{r,j}^{пу} + C_{r,j}^c) + C_r^д, \quad (5.2)$$

где J – количество ГРЦ (станций), ед.;

$C_{r,j}^{пу}$ – расходы на продвижение грузопотоков по ПНОП j -ого ГРЦ (станции), руб.;

$C_{r,j}^c$ – расходы на маневровую работу на j -ой станции, руб.;

$C_r^д$ – расходы на продвижение грузопотоков по перегонам между J станциями.

Рассмотрим транспортно-экономическую суть слагаемых формулы (5.2).

1. Величина *расходов на продвижение грузопотоков по ПНОП* зависит от установленного порядка взаимодействия станции и ПНОП [11, 31]. В общем

виде расходы по обслуживанию ПНОП, не принадлежащих ОАО «РЖД», локомотивом перевозчика определялись в зависимости от времени работы локомотива [54, 73]:

$$C_{r,j}^{\text{пу}} = e_m \cdot t_{m,j}^{\text{пу}}, \quad (5.3)$$

где e_m – расходная ставка за маневровый локомотиво-час, руб.;

$t_{m,j}^{\text{пу}}$ – время маневровой работы локомотива j -ой станции по обслуживанию ПНОП, ч.

В связи с территориальной разбросанностью и разнообразием схем путевого развития объектов могут возникнуть различные варианты маневрового обслуживания ГРЦ. Тогда величина времени занятости локомотива будет зависеть от длины соединительного пути, количества вагонов и подач, необходимости выполнения операций по опробованию тормозов, дополнительных операций и т.д. [73].

2. Величина *расходов на маневровую работу на станциях* определялась временем занятости локомотива на выполнение нужных операций:

$$C_r^c = e_m \cdot \sum_{j=1}^J t_{m,j}^c, \quad (5.4)$$

$t_{m,j}^c$ – время занятости локомотива(-ов) на j -ой станции, ч.:

$$t_{m,j}^c = t_j^o + t_j^{\text{доп}}, \quad (5.5)$$

t_j^o – время на выполнение операций с вагонами, ч;

$t_j^{\text{доп}}$ – дополнительное время (перестановки с пути на путь, заезды под вагоны, возвращение в маневровый район и т.д.).

Отметим, что содержание маневровой работы на станциях складывается из операций по отцепке, прицепке или перецепке вагонов, т.е. по обмену вагонов [32]. В соответствии с [51] величина $t_{m,j}^c$ определялась по формулам, приведенным в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Расчет времени маневровой работы, мин [51]

№ п/п	Формула расчета	Примечания
Маневровый локомотив, хвостовая часть состава – время прицепки $T_{\text{приц}}$		
1	$T_{\text{приц}} = 2,05 + 0,06n_{\text{приц}}$	$n_{\text{приц}}$ – количество прицепляемых вагонов
Поездной локомотив, головная часть состава – время отцепки $T_{\text{отц}}$		
2	$T_{\text{отц}} = 4,67 + 0,19n_{\text{отц}}$	$n_{\text{отц}}$ – количество отцепляемых вагонов

3. Расчет *расходов на продвижение грузопотоков по перегонам* основывается на методе расходных ставок. Произведение затрат калькуляционных измерителей на соответствующие расходные ставки формируют зависящие от размеров движения расходы на перевозку, к которым процентом устанавливают условно-постоянные расходы. Для расчета C_r^d формулы затрат калькуляционных измерителей [92] были адаптированы.

В частности, для затрат и расходов, связанных с общими вагоно-километрами nS , использовались формулы:

$$R_{nS} = e_{nS} \cdot nS, \quad (5.6)$$

$$nS = nS_{\text{гр}}(1 + \alpha_{\text{пор}}^{\text{гр}}) = nS_{\text{гр}} + nS_{\text{пор}}, \quad (5.7)$$

где e_{nS} – расходная ставка, руб./ваг-км;

$nS_{\text{гр}}$ – вагоно-км груженого пробега;

$\alpha_{\text{пор}}^{\text{гр}}$ – отношение порожнего пробега вагонов к груженому;

$nS_{\text{пор}}$ – вагоно-км порожнего пробега.

Затраты и расходы, связанные с тонно-километрами брутто вагонов и локомотивов $Pl_{\text{бр}}$, определялись по формулам:

$$R_{PL} = e_{PL} \cdot Pl_{\text{бр}}, \quad (5.8)$$

$$Pl_{\text{бр}} = Pl_{\text{бр}_В} + Pl_{\text{бр}_Л}, \quad (5.9)$$

где e_{PL} – расходная ставка, руб./т-км;

$Pl_{\text{бр}_В}$ – тонно-километры брутто вагонов;

$Pl_{\text{бр}_Л}$ – тонно-километры брутто локомотивов.

$$Pl_{\text{бр}_В} = nS \cdot \bar{p}_В = nS_{\text{гр}} \cdot p_{\text{гр}} + nS_{\text{пор}} \cdot p_{\text{пор}}, \quad (5.10)$$

\bar{p}_B – среднее значение массы грузового вагона с учетом груженого и порожнего пробега, т. брутто:

$$\bar{p}_B = p_{\text{пор}} \cdot \alpha_{\text{пор}}^{\text{гр}} + p_{\text{гр}} \cdot (1 - \alpha_{\text{пор}}^{\text{гр}}), \quad (5.11)$$

где $p_{\text{пор}}$ – средняя масса порожнего вагона, т;

$p_{\text{гр}}$ – средняя масса груженого вагона, т.

$$Pl_{\text{бр}_L} = \left(\sum_{j=1}^{J-1} l_j + l_x \right) Q_L, \quad (5.12)$$

где Q_L – вес локомотива, т;

l_x – вспомогательный пробег локомотива при его затребовании с другой станции, км;

l_j – пробег локомотива по j -му перегону, км.

Затраты и расходы, связанные с локомотиво-часами и бригадо-часами, определялись установленным графиком движения по формулам:

$$R_{Mt} = e_{Mt} \cdot Mt, \quad (5.13)$$

$$R_{Mt_{\text{бр}}} = e_{Mt_{\text{бр}}} \cdot Mt, \quad (5.14)$$

$$Mt = \sum_{j=1}^{J-1} t_{x,j} + t_x + \sum_{j=1}^J t_{\text{п},j}, \quad (5.15)$$

где e_{Mt} – расходная ставка за локомотиво-часы, руб./лок.-ч;

$e_{Mt_{\text{бр}}}$ – расходная ставка за работу локомотивных бригад, руб./бриг.-ч;

Mt – время работы, ч;

$t_{x,j}$ – норма времени хода по j -му перегону, ч;

t_x – вспомогательное время хода при затребовании локомотива с другой станции, ч;

$t_{\text{п},j}$ – время нахождения локомотива на j -ой станции (обработка состава по прибытию, отправлению, отцепка, прицепка, перецепка вагонов и т.д.), ч.

Величины $t_{x,j}$ и t_x определялись по графику движения поездов [51] с учетом времени на разгон и замедление (по технической скорости).

Затраты и расходы, связанные с расходами топлива маневрового локомотива, при следовании по перегонам рассчитывались исходя из пробега:

$$R_{\text{Э}} = c_{\text{дт}} \cdot \text{Э}_{\text{т}}, \quad (5.16)$$

где $c_{\text{дт}}$ – стоимость топлива, руб./кг;

$\text{Э}_{\text{т}}$ – расход топлива, кг:

$$\text{Э}_{\text{т}} = \left(\sum_{j=1}^{J-1} l + l_x \right) H_{\text{Э}}, \quad (5.17)$$

где $H_{\text{Э}}$ – средняя норма расхода дизельного топлива на тягу поездов, кг/100 км.

Для определения затрат и расходов, связанных с отправленными вагонами, использовано выражение:

$$R_{\text{в}} = e_{\text{в}} \cdot n_0, \quad (5.18)$$

где $e_{\text{в}}$ – расходная ставка, руб./ваг.;

n_0 – количество отправленных вагонов, ваг.

$$C_r^{\text{д}} = R_{\text{нС}} + R_{\text{рЛ}} + R_{\text{Мт}} + R_{\text{Мт}_{\text{бп}}} + R_{\text{Э}} + R_{\text{в}}. \quad (5.19)$$

Метод расходных ставок был применен для определения эксплуатационных расходов на грузовое движение $C_r^{\text{д}}$ и маневровые операции $C_r^{\text{с}}$, а также для расчета общих расходов C_r исследуемых перевозок тепловозной тяги. Вычисления выполнены для схемы, соответствующей рисунку 4.9 (т.е. для $J = 3$) при варьируемых значениях расстояний и количества вагонов. Пояснения к исходным данным представлены в таблице 5.2.

Согласно представленной методики для расчета расходных составляющих на обслуживание ПНОП $C_r^{\text{пу}}$ и маневровую работу на станциях $C_r^{\text{с}}$ первоначально была определена величина укрупненной ставки за маневровый час работы локомотива (таблица 5.3).

Пример расчета времени занятости локомотивов соответствующими операциями по отцепке и прицепке групп вагонов t_j^0 в зависимости от их количества представлен в таблице 5.4.

Таблица 5.2 – Исходные данные для определения расходов и себестоимости

Параметр	Величина	Примечания
$t_{M,j}^{пу}$		в соответствии с технологическими картами на подачу-уборку вагонов
t_j^o	таблица 5.4	по формулам таблицы 5.1 в соответствии с количеством вагонов
$t_j^{доп}$	10 мин	в соответствии с типовыми технологическими процессами работы станций
$t_{M,j}^c$		по формуле (5.5) в соответствии со значениями t_j^o (таблица 5.1) и $t_j^{доп}$ (10 мин)
$t_{п,j}$		в соответствии с технологическим временем обработки состава по прибытию (закрепление состава, технический и коммерческий осмотр отцепляемой группы вагонов и т.д.), отправлению (технический и коммерческий осмотр прицепляемой группы вагонов, в случае отцепки локомотива его прицепку, зарядку тормозной магистрали и опробование тормозов, уборку тормозных башмаков и т.д.), выполнения операций по формулам таблицы 5.1
$\alpha_{пор}^{гр}$	0,6	в соответствии с рисунком 4.8
$\bar{p}_в$	20 т	среднее значение для 40 укрупненных грузовых единиц (грузовых мест) в соответствии с таблицей 3.5
$p_{пор}$	22 т	средняя масса тары крытого вагона
$Q_{л}$	123 т	масса маневрового тепловоза
$v_{тех}$	52 км/ч	для формулы (5.15)
$e_{нS}$	0,23 руб.	расходная ставка, приходящаяся на ваг-км
e_{PL}	0,02 руб.	расходная ставка, приходящаяся на т-км брутто
e_{Mt}	284,82 руб.	расходная ставка, приходящаяся на лок.-ч
$e_{Mt_{бр}}$	1384,75 руб.	расходная ставка, приходящаяся на бриг.-ч
$H_{э}$	86,1 кг/100 км	средняя норма расхода дизельного топлива на тягу
$e_в$	45,43 руб.	расходная ставка, приходящаяся на один отправленный вагон

Таблица 5.3 – Укрупненная расходная ставка за маневровый локомотиво-час

Состав укрупненной расходной ставки e_m	Единичная расходная ставка	Измеритель
локомотиво-час работы тепловоза, руб.	645,60	1
бригадо-час локомотивных бригад при работе на маневровом тепловозе в маневровом движении, руб.	682,09	1
час маневровой работы на станции, руб.	699,46	1
расход топлива, руб./кг	44,00	10 кг/ч
Итого, руб./лок.-ч:		2 498,73

Таблица 5.4 – Рассчитанное время на выполнение операций с вагонами

Кол-во, ваг.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Время, мин	$\frac{4,2}{4,9}$	$\frac{4,4}{5,1}$	$\frac{4,6}{5,2}$	$\frac{4,9}{5,4}$	$\frac{5,1}{5,6}$	$\frac{5,3}{5,8}$	$\frac{5,5}{6,0}$	$\frac{5,7}{6,2}$	$\frac{6,0}{6,4}$	$\frac{6,2}{6,6}$	$\frac{6,4}{6,8}$	$\frac{6,6}{7,0}$	$\frac{6,8}{7,1}$	$\frac{7,1}{7,3}$	$\frac{7,3}{7,5}$

Примечания

Значения времени в числителе – для прицепки вагонов к хвостовой части состава, в знаменателе – для отцепки от головной части состава

Расходы на грузовое движение по перегонам C_r^D определены с учетом величин единичных расходных ставок ОАО «РЖД» за 2021 год, затраты соответствующих калькуляционных измерителей получены с помощью формул (5.6) – (5.19).

Результаты расчета эксплуатационных расходов (C_r^C и C_r^D) представлены на рисунке 5.1а. Результаты определения общих расходов C_r исследуемых перевозок с учетом доли условно-постоянных, равной 60 % – на рисунке 5.1б.

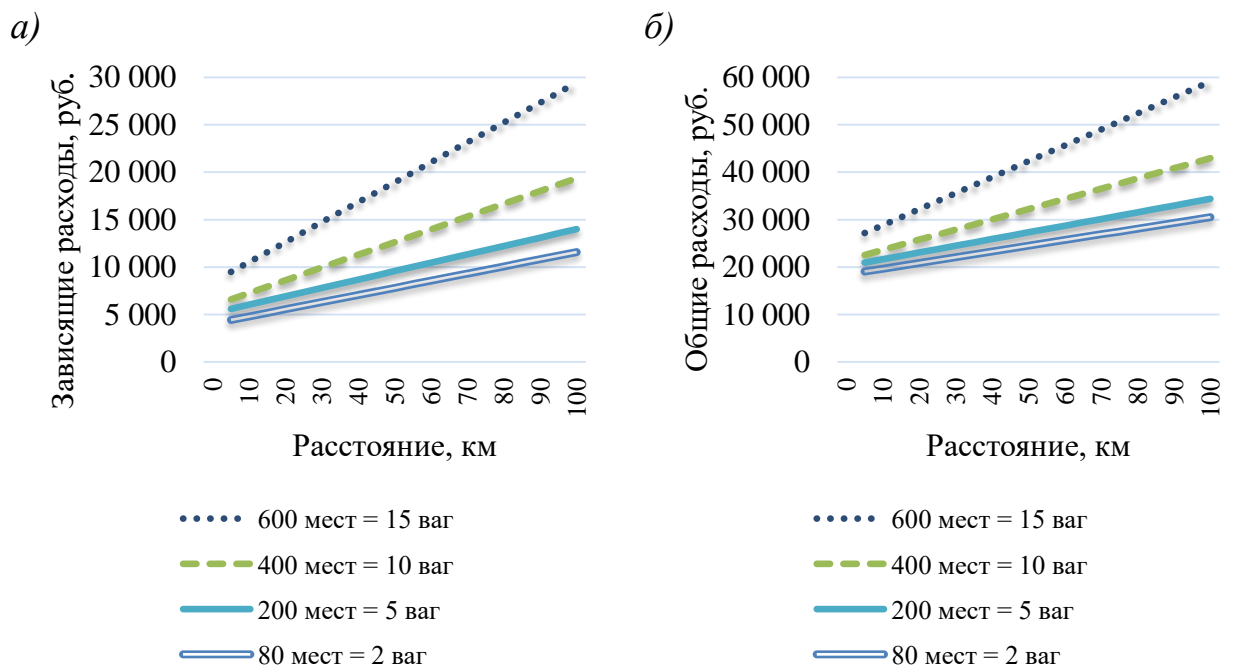


Рисунок 5.1 – Изменение величины (а) эксплуатационных и (б) общих расходов от расстояния перевозки для разного объема грузов

Далее для определения обоснованного уровня рентабельности железнодорожных перевозок была выполнена оценка величины аналогичных автомобильных тарифов, и полученные результаты сопоставлены по двум видам транспорта.

5.2 Экономические основы использования автомобильного транспорта в городских грузовых перевозках

В сфере автомобильных перевозок установлены рыночные условия тарифообразования [42, 103, 108], поэтому текущие уровни цен имеют разные диапазоны, однако анализ коммерческих предложений позволил выявить следующее деление тарифов по видам услуг:

1) большинство крупных транспортно-логистических компаний предлагают три варианта организации перевозок: сборная междугородная отправка, прямая помашинная отправка или почасовая оплата с разработанной системой надбавок за дополнительные услуги (аналог сборам ОАО «РЖД»);

2) большинство компаний городского и регионального значения предлагают услуги, исходя из почасовой оплаты.

Текущие уровни цен автотранспортных компаний за выполнение заданного объема перевозок можно определить несколькими способами.

Во-первых, при использовании услуг коммерческой (сторонней) компании возможно определение цен по прейскурантам:

$$C_a^{max} = e_a^{t,l} \cdot P_a^{t,l} + \Sigma c_{доп}, \quad (5.20)$$

$e_a^{t,l}$ – расходная (тарифная) ставка, руб./ч или руб./км;

$P_a^{t,l}$ – затраты измерителя, ч или км;

$\Sigma c_{доп}$ – суммарные надбавки за дополнительные услуги, руб.

Во-вторых, возможно определение цен аналогично формуле (5.1) по расходам на выполнение перевозки:

$$C_a^{max} = (1 + r_a) \cdot C_a, \quad (5.21)$$

r_a – принятый уровень рентабельности (автомобильный транспорт);

C_a – общие расходы на выполнение соответствующей работы или услуги (автомобильный транспорт), руб.

Тарифная ставка $e_a^{t,l}$ при этом определяется выраженными в денежной форме затратами (топливо, материалы, ремонтный фонд, амортизация, фонд

оплаты труда, а также прочие платежи и отчисления), а величина C_a – в соответствии с [108].

Расходы топлива и материалов определялись произведением их требуемого количества (л или кг) и соответствующих рыночных цен на используемые топлива, масла, смазки и т.д.

Потребность в топливе рассчитывалась по формуле:

$$T = T_э + T_з + T_г, \quad (5.22)$$

где $T_э$ – расход топлива на эксплуатацию автомобиля, л;

$T_з$ – надбавка к расходу топлива на работу в зимнее время, л;

$T_г$ – надбавка к расходу топлива на работу на внутригаражные нужды, л.

Формула расчета нормативного расхода топлива имеет вид:

$$T_э = \left(H_{100\text{км}} \cdot \frac{L}{100} + \frac{H_p}{100} \cdot P \right) \cdot (1 + 0,01D), \quad (5.23)$$

где $H_{100\text{км}}$ – базовая норма расхода топлива на 100 км пробега автомобиля, л [52];

L – пробег автомобилей при выполнении перевозки, км;

H_p – дополнительная линейная норма на транспортную работу, л/100 т-км;

P – объем выполненной транспортной работы, т-км;

D – поправочный коэффициент (суммарная относительная надбавка или снижение) к линейной норме расхода топлива, учитывающий особые условия эксплуатации, % [108].

При необходимости применения нескольких надбавок линейная норма расхода топлива устанавливается с учетом суммы или разности этих надбавок:

$$D = \sum D_i. \quad (5.24)$$

Надбавка к расходу топлива на работу в зимнее время определялась следующим образом:

$$T_з = \frac{T_э \cdot H_m \cdot M_з}{12 \cdot 100}, \quad (5.25)$$

где $H_з$ – процент дополнительного расхода топлива в зимнее время, %;

$M_з$ – количество зимних месяцев в году, мес.

Внутригаражные разезды и технические надобности увеличивают нормативный расход топлива до 1 % от общего количества, т.е. $T_r = 0,01 \cdot (T_2 + T_3)$.

Расход смазочных эксплуатационных материалов при осуществлении перевозок рассчитывался по формуле:

$$T_{CMi} = \frac{H_{CMi} \cdot T}{100}, \quad (5.26)$$

где H_{CMi} – норма эксплуатационного i -го вида материала, л/100 л или кг/100 л [52].

Расходы в ремонтный фонд – это фактические расходы по производственным ремонтам (текущий, средний, капитальный).

Стоимость затрат на запасные части рассчитывалась по формуле:

$$C_{зч} = \frac{L \cdot H_{зч} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{1000}, \quad (5.27)$$

где $H_{зч}$ – норма затрат на запасные части на 1000 км пробега, руб./1000 км;
 k_1, k_2, k_3 – коэффициенты, учитывающие изменение затрат в зависимости от условий эксплуатации, модификации подвижного состава и природно-климатических условий работы соответственно.

Стоимость затрат на материалы (ремонтные) были найдены по выражению:

$$C_m = \frac{L \cdot H_m}{1000}, \quad (5.28)$$

где H_m – норма затрат на материалы на 1000 км пробега, руб./1000 км.

Стоимость затрат на капитальный ремонт определялась следующим способом:

$$C_{кр} = \frac{C_{кр}^a}{N_{кр}} \cdot L, \quad (5.29)$$

где $C_{кр}^a$ – стоимость капитального ремонта одного автомобиля, руб.;

$N_{кр}$ – нормативный межремонтный пробег автомобиля, км.

Расходы на восстановление износа и ремонт автомобильных шин была найдена по удельным затратам на 1000 км пробега:

$$C_{\text{ш}} = S_{\text{ш}} \cdot K_{\text{ш}} \cdot L \cdot \frac{H_{\text{ш}}}{100 \cdot 1000}, \quad (5.30)$$

$S_{\text{ш}}$ – оптовая цена одного комплекта шин, руб.;

$K_{\text{ш}}$ – количество комплектов шин на автомобиле, шт.;

$H_{\text{ш}}$ – норма отчислений на восстановление и ремонт одного комплекта шин на 1000 км пробега в процентах от стоимости, %.

Расходы на оплату труда работников, участвующих в выполнении перевозки, были найдены по формуле:

$$C_3 = C_{\text{в}} \cdot k_{\text{р}} \cdot k_{\text{д}} \cdot k_{\text{с}}, \quad (5.31)$$

где $C_{\text{в}}$ – тарифная ставка оплаты труда водителя, руб.;

$k_{\text{р}}, k_{\text{д}}, k_{\text{с}}$ – районный коэффициент, а также коэффициенты дополнительных и страховых взносов соответственно.

Размер оплаты труда включают в себя основной фонд, исходя их тарифной ставки и районного коэффициента, дополнительный фонд в виде процентной надбавки к основному фонду, а также долю страховых взносов от общего фонда оплаты труда.

Амортизационные отчисления на полное восстановление ПС определены по формуле:

$$A_{\text{вос}} = \frac{C_{\text{авт}} \cdot H_{\text{вос}} \cdot L}{100 \cdot 1000}, \quad (5.32)$$

где $C_{\text{авт}}$ – цена ПС, руб.;

$H_{\text{вос}}$ – норма амортизационных отчислений на восстановление автомобилей в процентах на 1000 км пробега, %.

Расчет накладных расходов, прочих отчислений и платежей учитывает расходы на страхование ответственности владельцев автотранспортных средств (ОСАГО) и транспортный налог и т.д.

В силу того, что действующие почасовые тарифы на перевозки в пределах городской черты не дают представления о зависимости эксплуатационных расходов от характеристик движения, были проанализированы прейскуранты на междугородние перевозки (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Тарифы на перевозку

Наименование компании	Характеристики ПС		Особенности
Деловые линии	5 тонн, 36 м ³	10 тонн, 37 м ³	минимальный заказ: 5 часов за городом
	1600 руб./ч	2200 руб./ч	
	38 руб./км	50 руб./км	
ПЭК	5 тонн, 20 м ³	10 тонн, 40 м ³	стоимость заезда за грузом за городом
	5385 руб./заезд	8210 руб./заезд	
	34,4 руб./км	49 руб./км	
Караван-Сервис	5 тонн, 35 м ³	10 тонн, 40 м ³	минимальный заказ: 4 часа за городом
	1000 руб./ч	1350 руб./ч	
	28 руб./км	39,5 руб./км	
ТЭК Соболев	5 тонн, 30 м ³	10 тонн, 60 м ³	минимальный заказ: 4 часа
	750 руб./ч	1100 руб./ч	
Авто-Плюс	5 тонн, 50 м ³	10 тонн, 60 м ³	минимальный заказ: 3 часа за городом
	800 руб./ч	1100 руб./ч	
	28 руб./км	33 руб./км	
Федотов & К	5 тонн, 45 м ³	10 тонн, 60 м ³	минимальный заказ: 4 часа за городом
	1150 руб./ч	1450 руб./ч	
	28 руб./км	38 руб./км	
Итого:	1060 руб./ч 31,3 руб./км	1440 руб./ч 41,9 руб./км	средние значения

Примечания

Данные таблицы актуальны на период декабря 2021 года; источник – интернет-сайты

Для сопоставления тарифов из прейскурантов и величин расходов (издержек) были выполнены вычисления по изложенной методике для различных типов ПС, грузоподъемностью 5 т и 10 т, при изменении расстояний перевозки в пределах 100 км. Для этого использовались исходные данные, соответствующие автомобилям марок MAN (11,5 т и 50 м³) и ISUZU (7,5 т и 19 – 29 м³), представленные в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Исходные данные для определения величины общих расходов

Параметр	Величина	Примечания
$H_{100\text{км}}$, л/100 км	22/15,5	в соответствии с [52]
H_z , %	12	для г. Новосибирска
M_z , мес.	5,5	для г. Новосибирска
Формула (5.25), %	15	город с населением от 250 тыс. до 1 млн. чел.
$H_{\text{СМi}}$, л/100, кг/100 л.		в соответствии с [52] для различных масел (моторных, трансмиссионных, специальных) и смазок

Продолжение таблицы 5.6

Параметр	Величина	Примечания
$H_{зч}$, руб./1000 км	1000	в соответствии с открытыми данными из интернет-источников
$H_{м}$, руб./1000 км	500	
$C_{кр}^a$, млн. руб.	4,5/2,5	
$N_{кр}$, млн. руб.	1,5	
$S_{ш}$, тыс. руб.	22/16	
$K_{ш}$, шт.	6/4	в соответствии с конструктивными особенностями шасси автомобилей, без запасного [108]
$H_{ш}$, %	1,1	от стоимости комплекта шин
$C_{в}$, руб./км	12,2	в соответствии со среднемесячной зарплатой водителя
$k_{доп}$	1,102	в соответствии с 10,2 % дополнительного фонда от основного
$k_{р}$	1,200	районный коэффициент для Новосибирской области
$k_{с}$	1,302	в соответствии с 30,2 % по НК РФ
$H_{вос}$, %	0,17	от цены автомобиля $C_{кр}^a$ на 1000 км пробега
Прочие, тыс. руб.	33,3/19,5	ОСАГО, транспортный налог

Примечания

В числителе – данные для ТС, грузоподъемностью 10 т; в знаменателе – 5 т

На рисунке 5.2а приведены полученные графики зависимости расходов эксплуатации для одного ТС, на рисунке 5.2б – то же для заданного объема перевозимой партии грузов, т.е. для нескольких ТС.

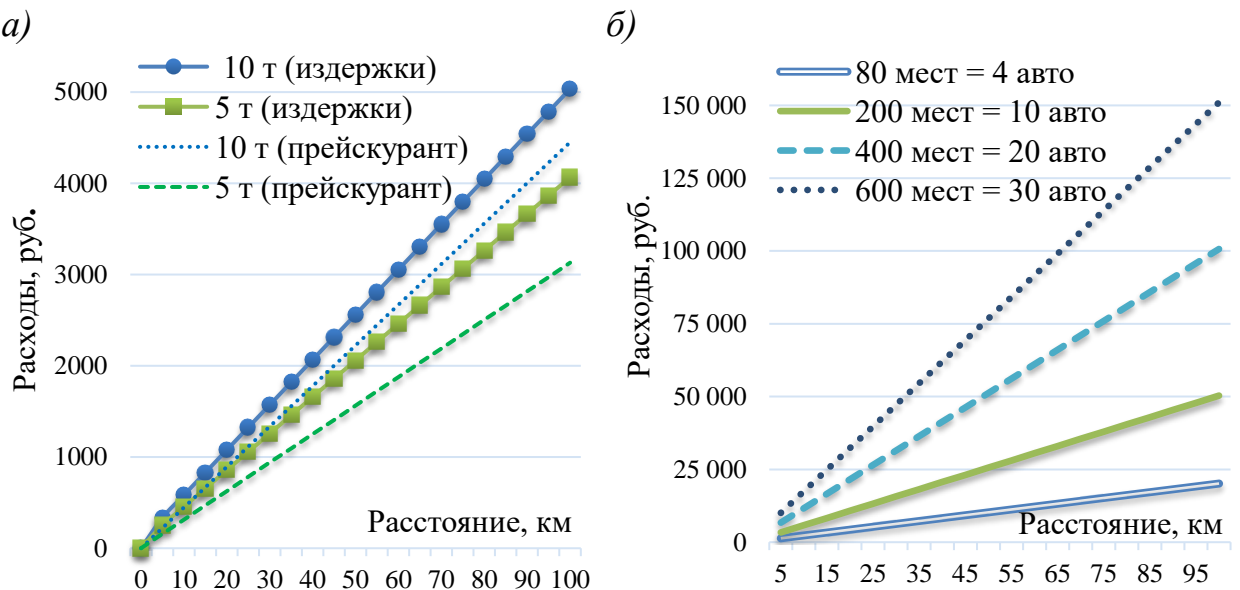


Рисунок 5.2 – Изменение величины расходов (а) эксплуатации одного автомобиля и (б) перевозки заданного объема грузов от расстояния

5.3 Экономическое обоснование рациональных вариантов организации терминальных грузовых перевозок

Сопоставление значений расходов, рассчитанных в соответствии с приведенной выше методикой, позволяет определять границы уровня рентабельности новой услуги, а также величину допустимого тарифа ОАО «РЖД» на основе принципов клиентоориентированности.

При экономической оценке применения железнодорожного транспорта в терминальной технологии для оператора ГРЦ должно выполняться условие:

$$C_r^{max} + C_{rs} \leq C_a^{max}. \quad (5.33)$$

В данном случае слагаемое C_{rs} (таблица 4.1) определяет величину вагонной составляющей тарифа, руб./сут., в зависимости от необходимого количества вагонов.

С учетом неравенства (5.33), выражений (5.1) и (5.21) границы уровня рентабельности железнодорожной перевозки маневровым локомотивом с учетом цен на услуги автотранспорта аналитически можно найти как:

$$0 < r_r \leq \frac{C_a \cdot (1 + r_a) - C_{rs}}{C_r} - 1. \quad (5.34)$$

Графическое соотношение зависимостей по описанному подходу позволяет определять рациональные условия применения того или иного варианта организации терминальных грузовых перевозок. На рисунке 5.3 приведены примеры расчетов для 600, 400 и 200 грузовых единиц (транспортных пакетов тарно-штучных грузов, грузовых мест). С учетом характеристик ПС и значений из таблицы 3.5 вместимость вагона принята равной 40 единицам, а автомобиля, грузоподъемностью 10 т, – 20 мест. Необходимый парк вагонов (с учетом времени оборота) и автомобилей составил 30, 20 и 10 единиц соответственно.

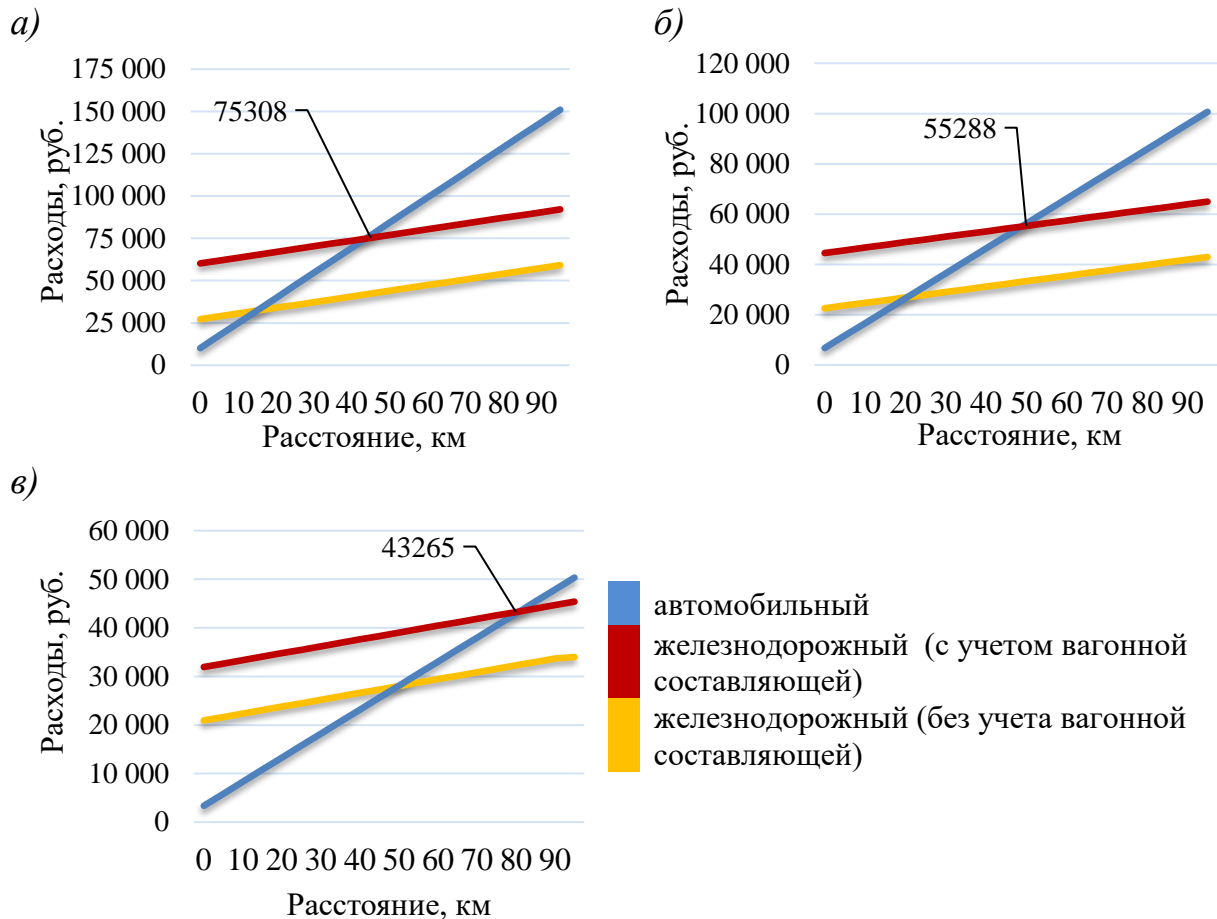


Рисунок 5.3 – Соотношение расходов на перевозку разными видами транспорта (а) 600, (б) 400 и (в) 200 грузовых единиц

Рациональное для оператора ГРЦ расстояние перевозки железнодорожным транспортом, полученное из условия равенства расходов, составило свыше 45 км (рисунок 5.4а), 50 км (рисунок 5.4б) и 85 км (рисунок 5.4в) соответственно. При этом доля вагонной составляющей C_{rs} меняется прямо пропорционально расстоянию и обратно пропорционально количеству перевозимого груза. В первом примере при расстоянии перевозки свыше 45 км доля вагонной составляющей менялась от 45 % до 36 %, во втором при 50 км – от 40 % до 34 % и в третьем при 85 км – от 25 % до 24 %.

С учетом неравенства (5.34), а также представленных на рисунке 5.3 графиков определены допустимые диапазоны изменения договорного тарифа (доходной ставки) ОАО «РЖД», а также границ уровня рентабельности r_r . Результаты расчетов сведены в таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Обоснованные условия применения железнодорожных перевозок

Количество грузовых мест, ед.	Диапазон расстояний, км	Диапазон доходной ставки, руб./т	Диапазон уровня рентабельности, %
600	45 – 100	146,12 – 393,42	3,62 – 99,64
400	50 – 100	170,85 – 393,42	2,65 – 83,13
200	85 – 100	343,96 – 393,42	4,31 – 14,40

Расчеты показывают, что с увеличением расстояния и количества единиц перевозимого груза увеличивается экономически обоснованная доходная ставка и уровень рентабельности перевозок ОАО «РЖД». С увеличением количества предъявляемого к перевозке груза точка пересечения графиков (рисунок 5.3) смещается ближе к началу оси координат, т.е. в сторону уменьшения расстояния (ось абсцисс) и расходов (ось ординат).

Отмеченные факты и результаты свидетельствуют о возможности интеграции железнодорожного транспорта в систему городских перевозок для развоза грузов между ГРЦ, а также между другими объектами, генерирующими устойчивый грузопоток.

Для сопоставления расходов существующих и предлагаемых вариантов доставки рассмотрен следующий иллюстративный пример, приведенный на рисунке 5.4, параметры элементов которого представлены в таблице 5.8.



Рисунок 5.4 – Схема расчета иллюстративного примера

Таблица 5.8 – Укрупненный расчет для иллюстративного примера

Изменяющиеся затраты	Величина, руб.	Примечания
внешняя (междугородная) доставка, $\pm C_a^{ex}$	минус 240 676	расстояние 1000 км, 300 из 600 мест, расчет по формулам (5.20) – (5.32), $r_a = 0$, так как транспорт собственный
терминальная обработка грузов, C_c	+ 84 000	перегрузка по прямому варианту по [74] 280 руб./т
	+ 64 500	погрузка и выгрузка по [74] 215 руб./т-операц.
	+ 8 550	подсортировка по [74] 57 руб./т-операц.
	+ 2 190	хранение по [74] 7,3 руб. м ² /сут., срок 1 сут.
	+ 33 000	арендная ставка крытого вагона 1100 руб./сут., 30 груженых и порожних вагонов
железнодорожный транспорт, C_r^{in}	+ 70 733	расстояние 80 км, остальные данные по таблице 5.2, $r_r = 0,35$ по [54]
внутренняя (городская) доставка, ΔC_a^{in}	минус 16 905	340 км, определено по [149, с. 116, формула (16)] для г. Новосибирска, 600 мест, $R' = 0,60$, определяется моделированием (подраздел 3.4)
Итого:	5 392	после создания ГРЦ (+ 262 973 руб. и минус 257 581 руб.)
	113 525	до создания ГРЦ, расчет по формулам (5.20) – (5.32)

Расчеты показали, что сокращение эксплуатационных расходов составит 108 133 руб. за перевозку 600 мест или 360,44 руб./т. С учетом удельной стоимости груза, принятой равной 12 839 руб./т., доля транспортной составляющей в цене продукции сократится на 2,81 %. Также уменьшение пробега грузовых автомобилей во внешней и внутренней перевозках позволит сократить капитальные вложения в парк ТС.

5.4 Внетранспортные эффекты использования железнодорожного транспорта в городских грузовых перевозках

Интеграция железнодорожного транспорта в городскую среду позволяет сократить объем движения грузовых ТС при обеспечении межтерминальных связей [67 – 69] и, соответственно, достичь ряд внутранспортных эффектов – социальных результатов.

Суммарные выбросы парниковых газов от эксплуатации разных видов транспорта рассчитываются с учетом потенциалов глобального потепления и

выражаются в CO_2 -эквиваленте [43, 44, 49, 71]. Существуют разные подходы к детализации расчетов [71], однако при сравнении количества выбросов от эксплуатации автомобилей и тепловоза необходимо учитывать вид и объемы потребляемого топлива:

$$\bar{E}_{\text{CO}_2} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m H_j \cdot EF_{ij} \cdot G_i, \quad (5.35)$$

где n – количество выбрасываемых парниковых газов;

i – вид парникового газа;

m – количество сжигаемых видов топлива (бензин, дизельное, газовое и т.д.);

j – вид топлива;

H_j – расход j -го вида топлива, кг;

EF_{ij} – коэффициент выбросов i -го парникового газа от сжигания j -го вида топлива, кг/кг;

G_i – потенциал глобального потепления i -го парникового газа; $G_{\text{CO}_2} = 1$,

$G_{\text{N}_2\text{O}} = 298$, $G_{\text{CH}_4} = 25$;

E_i – выбросы i -го парникового газа, кг.

В случае замены работы нескольких автомобилей локомотивом, работающим на дизельном топливе, сокращение величины выбросов CO_2 -эквивалента можно определить как [43, 44]:

$$\overline{\Delta E}_{\text{CO}_2} = 3,15 \cdot \Delta H_{\text{д}}, \quad (5.36)$$

где $\Delta H_{\text{д}}$ – разность расхода дизельного топлива при использовании локомотива, кг.

Рассчитанные значения $\overline{\Delta E}_{\text{CO}_2}$ по формуле (5.35) в соответствии с нормами $H_{100\text{км}}$ [52] и H_3 позволили установить, что эксплуатация локомотива явно позволит сократить поступление в атмосферу CO_2 -эквивалента (рисунок 5.5).

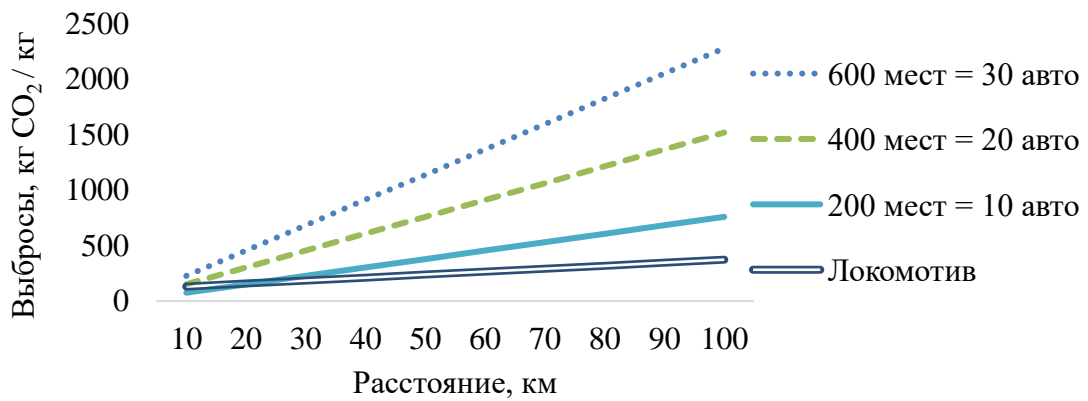


Рисунок 5.5 – Величина выбросов парниковых газов сравниваемых вариантов

Полученные зависимости показывают, что социально-экологический эффект прямо пропорционален количеству грузовых мест, предъявляемых к транспортировке, и расстоянию. Следовательно, объем перевозимого груза и расстояние доставки – это параметры, которые определяют внутранспортный эффект от интеграции железнодорожного транспорта в городскую ТЛС.

Выводы по разделу

1. Разработан подход по формированию договорного тарифа на новый вид перевозок, исходя из общих расходов ОАО «РЖД» по предоставлению услуги и экономически обоснованного уровня рентабельности. Расходы предложено определять набором необходимых операций при доставке грузов по путям общего и необщего пользования, а также при отцепке и прицепке (перцепке) вагонов на станциях примыкания центров распределения. Границы уровня рентабельности предложено устанавливать для заданного объема и расстояния перевозки с учетом аналогичных цен компаний автомобильного сектора.

2. Выполнены расчеты и сопоставление расходов на перевозку грузов автомобилями различной грузоподъемности и городским грузовым поездом. На конкретных примерах апробирован предложенный подход: определены условия равенства расходов сравниваемых способов, а также границы уровня рентабельности услуг ОАО «РЖД». Например, для доставки 600 грузовых

единиц тарно-штучных грузов на расстояние свыше 45 км величина доходной ставки ОАО «РЖД», обеспечивающая неперевышение уровня цен железнодорожного транспорта над автомобильными, составила 146,12 – 393,42 руб./т, а границы уровня рентабельности – 3,62 – 99,64 %.

Графическое и аналитическое соотношение расходов по предложенному подходу позволяет обосновывать рациональные варианты организации терминальных грузовых перевозок. Полученные результаты позволили судить о наличии конкурентных преимуществ нового вида перевозки ОАО «РЖД» на коротких расстояниях при устойчивом грузопотоке, достаточной мощности.

3. Описаны внутранспортные эффекты использования услуг железнодорожной компании в городских грузовых перевозках. Рассчитанные значения выбросов парниковых газов на основе объемов потребления дизельного топлива позволили установить, что эксплуатация маневрового тепловоза вместо автомобилей явно сократит негативное влияние на окружающую среду. Полученные расчеты свидетельствуют о положительном влиянии предложенной технологии на экологический фактор, а также о зависимости внутранспортного эффекта от величины грузопотока и расстояния перевозки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги исследования, выполненного в рамках диссертационной работы, позволяют сделать следующие выводы.

1. Выявлены тенденции переключения транспортно-логистической деятельности на торгово-производственные компании и частные лица, самостоятельно выполняющие доставку мелких партий грузов. Определено, что использование автомобилей для обслуживания значительного числа грузопотоков малой мощности между многочисленными пунктами их генерации и поглощения обуславливает современные экологические и социальные проблемы. Аргументирована необходимость совершенствования логистической деятельности для устойчивого развития крупных городов.

2. Приведено содержание концепции городской логистики, охарактеризованы ее методы, принципы, проанализирован мировой опыт применения мероприятий по управлению грузовыми и транспортными потоками в крупных городах. Обосновано, что способом разрешения транспортно-логистических проблем может стать технология организации грузовых перевозок с городским распределительным центром.

3. Разработаны базовые теоретические положения терминальных перевозок с городским распределительным центром в части определения понятийного аппарата, особенностей функционирования и систематизации научных исследований. Разработаны методические рекомендации выбора мест размещения городского распределительного центра, в основу которых заложена комплексная оценка вариантов дислокации по предложенным критериям. Методические рекомендации позволяют оценить условия, в которых будет функционировать центр, и сделать наиболее предпочтительный выбор месторасположения объекта.

4. Выполнено исследование интенсивности и состава транспортных потоков в г. Новосибирске. В среднегодовой суточной структуре автомобильного трафика доля грузового транспорта составила: на подходах к

городской черте – свыше 20,4 %, внутри границ города – от 8,4 % до 39,7 %. Среди различных категорий грузового подвижного состава наибольшую долю заняли двухосные транспортные средства (от 34,6 % до 74,0 %), трех- и четырехосные – меньшую часть (от 6,3 % до 18,1 %), что подтвердило факт повышенной загруженности улично-дорожной сети транспортом, используемым для городских грузовых перевозок.

5. Предложена математическая модель оценки влияния параметров: числа консолидированных партий грузов (φ) и доли клиентов центра от всех получателей (α), – на изменение общего количества грузовых автомобилей в рассматриваемом районе города, с помощью которой обоснованы предложения о перераспределении грузопотоков на линии железнодорожного транспорта. Модель реализована в виде программы для ЭВМ «Городской распределительный центр – 1.0».

6. Предложена оптимизационная модель оценки влияния городского распределительного центра на общий пробег грузовых автомобилей, учитывающая улично-дорожную сеть, характеристики получателей (спрос на продукцию, режим работы, ограничения на совместное обслуживание) и складских объектов, атрибуты продукции и транспортных средств, период моделирования. Предложено условие результативности и целесообразности создания центра. Построен алгоритм создания и выполнения оптимизационных экспериментов на разработанной модели с использованием программного обеспечения anyLogistix.

Выполнена апробация разработанных модели и алгоритма на примере г. Новосибирска с учетом реальных данных. Установлена зависимость величины общего пробега грузовых автомобилей от расположения клиентов, чьи товары доставляются совместно в рамках одного маршрута. Таким образом подтверждена целесообразность консолидации партий грузов разных клиентов, находящихся в непосредственной близости друг от друга.

7. Разработана терминальная технология организации перевозок с городскими распределительными центрами в условиях взаимодействия видов

транспорта. Для размещения центров предложено использовать территорию промышленно-складских зон города. Для ввоза грузов в городскую черту и их развоза между центрами предложено использовать железнодорожные линии, в том числе пути необщего пользования, при этом работа автомобилей ограничивается доставкой консолидированных партий грузов из распределительного центра без выхода за пределы зоны обслуживания. Для обеспечения конкурентоспособных сроков доставки разработан способ развоза грузов по железной дороге маневровым локомотивом. Предложенная технология направлена на использование имеющихся ресурсов транспортно-логистической системы крупного города, поэтому позволит сократить капитальные вложения в требуемую инфраструктуру.

8. Разработан подход по определению договорного тарифа ОАО «РЖД» на новый вид перевозок. Рекомендуемая устанавливаемая величина определяется расходными составляющими, формируемыми необходимыми операциями по предоставлению услуги, с учетом экономически обоснованных границ уровня рентабельности. Выполнены расчеты расходов и внетранспортных эффектов для различных вариантов доставки, которые позволили судить об эффективности разработанной усовершенствованной технологии организации автомобильно-железнодорожных перевозок при устойчивом грузопотоке.

9. Перспективы дальнейшего развития темы связаны с возможностью расширения объекта исследования в направлении нормативно-правовых и финансовых особенностей регулирования технологии, а также в разработке комплексной модели организации перевозок на основе концепции городской логистики. В долгосрочной перспективе еще одним важнейшим направлением является разработка с использованием уже полученных результатов и выводов научно обоснованных требований, рекомендаций и предложений по организации городских перевозок и формированию устойчивой транспортно-логистической системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев, Л.Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки: учебник для студентов вузов / Л.Л. Афанасьев, Н.Б. Островский, С.М. Цукерберг. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1984. – 333 с.
2. Батищев, И.И. Рынок автомобильных грузоперевозок в России: основные проблемы и предложения / И.И. Батищев // Транспорт Российской Федерации. – Санкт-Петербург: Из-во ООО «ТД Т-Пресса». – № 1 (74). – 2018. – С. 50 – 53.
3. Бородецкий, Г.Л. Применение метода аналитической иерархии для оптимизации места расположения регионального распределительного центра / Г.Л. Бородецкий, П.А. Терентьев // Логистика и управление цепями поставок. – № 1 (6). – 2005. – С. 27 – 34.
4. Бочкарев, А.А. Теория и методология процессного подхода к моделированию и интегрированному планированию цепи поставок: автореферат дис. ... док. экон. наук: 08.00.05 / Андрей Александрович Бочкарев. – Санкт-Петербург, 2009. – 39 с.
5. Витвицкий, Е.Е. Научные основы совершенствования теории мелкопартионных грузовых автомобильных перевозок: автореферат дис. ... док. тех. наук: 05.22.10 / Евгений Евгеньевич Витвицкий. – Тюмень, 2006. – 36 с.
6. Витрина статистических данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://showdata.gks.ru/finder/>. – Загл. с экрана.
7. Влияние парковок на транспортные задержки в крупных городах / А.П. Грэфенштейн [и др.] // Вестник транспорта Поволжья. – Самара: Из-во СамГУПС. – № 1 (79). – 2020. – С. 105 – 111.
8. Вольхин, Е.Г. Модели размещения распределительных центров / Е.Г. Вольхин // Управленец. – Из-во УрГЭУ, 2018. – Т. 2. – № 2. – С. 54 – 60.
9. Вучик, В.Р. Транспорт в городах, удобных для жизни / пер. с англ. А.К. Алинина под научн. ред. М. Блинкина. – М.: Издательский дом

«Территория будущего», 2011. – (Серия «Университетская библиотека Александра Прокопьева») – 576 с.

10. Гаджинский, А.М. Логистика: учебник для бакалавров / А.М. Гаджинский. – М.: Издательская торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. – 419 с.

11. Гарлицкий, Е.И. Совершенствование технологии обслуживания железнодорожных путей необщего пользования: автореферат дис. ... канд. тех. наук: 05.22.08 / Евгений Игоревич Гарлицкий. – Москва, 2015. – 24 с.

12. Горев, А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.Э. Горев. – 5-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.

13. Горев, А.Э. Развитие городских транспортных систем крупных городов // А.Э. Горев / Транспорт Российской Федерации. – Санкт-Петербург: Из-во ООО «ТД Т-Пресса». – № 6 (67). – 2016. – С. 50 – 53.

14. Грешенштейн, А.П. Анализ системы общественного транспорта при создании транспортно-пересадочных узлов / А.П. Грешенштейн // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие»: Международная студенческая научная конференция «Поколение будущего». – СПб.: ГНИИ «Нацразвитие», 2019. – С. 247 – 251.

15. Грешенштейн, А.П. К вопросу о совершенствовании процесса грузовых перевозок в крупных городах / А.П. Грешенштейн // Молодежная наука: труды XXIV Всероссийской студенческой научно-практической конференции: в 4-х томах / редкол.: В.С. Ратушняк (отв. ред.) [и др.]; КриЖТ ИрГУПС. – Т. 1. – Красноярск: КриЖТ ИрГУПС, 2020. – С. 39 – 43.

16. Грешенштейн, А.П. Критерии определения целесообразности создания и приоритетности реконструкции транспортно-пересадочных узлов / А.П. Грешенштейн, М.А. Зачешигрова // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство: сборник научных статей четвертой международной научной конференции. Часть 1. – Казань: ООО «Конверт». – 2019. – С. 181 – 183.

17. Грешенштейн, А.П. Обоснование целесообразности создания распределительного центра в условиях взаимодействия разных видов транспорта / А.П. Грешенштейн // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 1 (60). – С. 68 – 75.

18. Грешенштейн, А.П. Оптимизация развоза грузов в крупных городах: использование рельсовых систем транспорта / А.П. Грешенштейн, Е.Д. Псеровская // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте: труды XXV Всероссийской научно-практической конференции: в 2-х томах. – Красноярск: КрИЖТ ИрГУПС, 2021. – С. 19 – 23.

19. Грешенштейн, А.П. Особенности развития транспортных систем крупных городов / А.П. Грешенштейн // Сборник научных статей аспирантов и аспирантов-стажеров. Вып. 9. – Новосибирск: Из-во СГУПС, 2019. – С. 45 – 52.

20. Грешенштейн, А.П. Проблемы транспортно-логистических систем городов и мероприятия по их решению / А.П. Грешенштейн, Е.Д. Псеровская // Материалы XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 8 ч. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2,6 МБ). – Барнаул: АлтГТУ, 2020. – Ч. 4. – С. 38 – 42. – Режим доступа: https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/48/. – Загл. с экрана.

21. ГОСТ 32965-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока. – Введ. с 08.09.16. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2016. – 22 с.

22. ГОСТ 33388-2015 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению диагностики и паспортизации. – Введ. с 08.09.16. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2016. – 11 с

23. Демин, В.А. Методология планирования, организации и управления терминально-складскими комплексами в транспортно-логистических системах: дис. ... док. тех. наук: 05.22.10 / Василий Александрович Демин. – Москва, 2019. – 306 с.

24. Деневизюк, Д.А. Устойчивое развитие города: вопросы теории и методика оценки / Д.А. Деневизюк // Региональные проблемы преобразования экономики. – Махачкала. – 2012. – № 2 (32). – 103 – 112.
25. Ефимов, В.В. Сравнительная оценка экономической эффективности различных вариантов доставки грузов: учебно-метод. пособие / В.В. Ефимов, Н.Г. Кобозева, А.И. Гончаров. – Изд. второе, перераб. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2012. – 82 с.
26. Жарикова, Л.С. Совершенствование системы расчета элементов простоя вагонов на станциях в увязке с определением срока доставки: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Лариса Сергеевна Жарикова. – Новосибирск, 2016. – 159 с.
27. Загорский, И.О. Транспортная инфраструктура / И.О. Загорский, П.П. Володькин, А.С. Рыжова. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – 228 с.
28. Зотов, В.В. Развитие транспортно-логистических систем мегаполисов на основе функционально-специализированного подхода: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Вадим Владимирович Зотов. – Санкт-Петербург, 2015. – 129 с.
29. Зубец, А.Ж. Роль транспортной инфраструктуры в развитии городов. Теоретический аспект / А.Ж. Зубец // Вестник Московского университета им. С. Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. – 2014. – № 4 (10). – С. 45 – 49.
30. Инструктивные указания по организации вагонопотоков ОАО «РЖД», утв. 16.10.2006. – М.: Техниформ, 2007. – 528 с.
31. Кагадий, И.Н. Повышение функциональной надежности грузовой станции по обслуживанию путей необщего пользования: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.08 / Игорь Николаевич Кагадий. – Новосибирск, 2018. – 181 с.
32. Ким, А.С. Совершенствование технологии доставки грузов в ускоренных грузовых поездах с применением услуги «Грузовой экспресс»: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.08 / Анастасия Сергеевна Ким. – Новосибирск, 2020. – 190 с.

33. Ковалева, Н.А. Пространственно-технологическое развитие городских пассажирских транспортных систем: автореферат дис. ... канд. тех. наук: 05.22.01 / Наталья Александровна Ковалева. – Ростов-на-Дону, 2015. – 150 с.
34. Комаров, В. Стратегии устойчивой мобильности: лучшие мировые практики / В. Комаров, В. Акимова // Экономическая политика, 2021. – Т. 16. – № 1. – С. 82 – 103.
35. Комплексная схема организации дорожного движения города Новосибирска на 2020 – 2034 годы [Электронный ресурс] // Приложение к постановлению мэрии города Новосибирска от 22.07.2020 № 2200 – Режим доступа: <https://novo-sibirsk.ru/>. – Загл. с экрана.
36. Курбатова, Е.С. Зарубежный опыт организации перевозок грузов внутренним водным транспортом в приречных городах / Е.С. Курбатова // Экономика: проблемы, решения и перспективы, 2018. – С. 93 – 96.
37. Кучевский, Н. Тенденции развития рынка транспортных услуг / Н. Кучевский // Белорусский журнал международного права и международных отношений. – 2003. – № 2. – С. 75 – 84. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/31739>. – Загл. с экрана.
38. Лахметкина, Н.Ю. Методические основы управления цепями поставок внешнеторговых грузов с участием железнодорожного транспорта: автореферат дис. ... канд. тех. наук: 05.22.08 / Наталья Юрьевна Лахметкина. – Москва, 2012. – 24 с.
39. Лобанов, Е.М. Транспортная планировка городов: учебник для студентов вузов / Е.М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
40. Лукинский, В.С. Логистика автомобильного транспорта: учеб. пособие / В.С. Лукинский, В.И. Бережной, Е.В. Бережная и др. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 368 с.
41. Манаков, А.Л. Транспортная стратегия Новосибирской области до 2030 года как составляющая стратегии социально-экономического развития региона / А.Л. Манаков, В.И. Хабаров, А.С. Баранов // Вопросы новой экономики. – Новосибирск: Из-во СГУПС. – № 4 (48). – 2018. – С. 29 – 43.

42. Маркелова, Т.В. Совершенствование планирования перевозок грузов автомобильным транспортом общего пользования: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.10 / Татьяна Владимировна Маркелова. – Омск, 2018. – 164 с.

43. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. – СПб.: ОАО НИИ «Атмосфера», 2010. – 15 с.

44. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополнительное и переработанное). – СПб: ОАО НИИ «Атмосфера», 2012. – 223 с.

45. Методы формирования и принципы интеллектуализации в управлении терминально-складской системой транспортного узла / О.Н. Числов [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 1 (81). – С. 104 – 114.

46. Миличенкова, Ю.В. Анализ состояния грузового транспорта в московской области и перспективы его модернизации / Ю.В. Миличенкова // Международный научно-исследовательский журнал. – М, 2019. – № 14 (90). – Ч. 1. – С. 74 – 77.

47. Москвичев, О.В. Методология организации функционирования контейнеро-транспортной системы на основе клиентоориентированности: дис. ... док. тех. наук: 05.22.01 / Олег Валерьевич Москвичев. – М., 2019. – 413 с.

48. Мякишев, В.С. Оценка современного состояния и перспективы развития грузового автомобильного транспорта в Ставропольском крае / В.С. Мякишев // Региональная экономика: теория и практика. – М : Из-во ООО «ИД Финансы и кредит». – № 13 (52). – 2007. – С. 122 – 126.

49. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2016 гг. [Электронный ресурс]. – М., 2018. – 480 с. – Режим доступа: http://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2019/RUS_NIR-2018_v1.pdf. – Загл. с экрана.

50. Новикова, С.А. Загрязнение атмосферы крупных городов Иркутской области выбросами автотранспортных средств / С.А. Новикова // Известия Иркутского государственного университета. – Т. 11. – 2015. – С. 64 – 82.

51. Нормы времени на маневровые работы, выполняемые на станциях ОАО «РЖД» 2007. – М.: Техинформ, 2007. – 98 с.

52. О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте» / Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 N АМ-23-р (ред. от 20.09.2018).

53. Об утверждении методики определения пропускной и провозной способностей инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования // Приказ Минтранса РФ от 18 июля 2018 года N 266.

54. Об утверждении методически рекомендаций по определению договорных тарифов на работы и услуги, выполняемые железными дорогами по просьбам грузоотправителей, грузополучателей, цены на которые не указаны в тарифном руководстве // Указание МПС РФ от 21.12.2001 N И-1947у.

55. Овчинникова, Е.А. Взаимоотношения города и транспорта / Е.А. Овчинникова // Наука и техника транспорта, 2012. – С. 43 – 54.

56. Орлов, А.Л. Автомобилизация всей страны – плюсы и минусы. Преимущества и недостатки автомобилизации населения и способы ее осуществления / А.Л. Орлов // Российское предпринимательство. – 2009. – № 9 (1). – С. 98 – 102.

57. Осинцев, Н.А. Инновации в области зелёной логистики / Н.А. Осинцев, А.Н. Рахмангулов, В.В. Багинова // Мир транспорта. – 2018. – Т. 16. – №. 2. – С. 196 – 211.

58. Ошорова, В.В. Разработка предложений по ограничению эксплуатации индивидуальных транспортных средств в загруженной части города в периоды наибольшей плотности транспортного потока: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.10 / Валерия Владимировна Ошорова. – Москва, 2019. – 188 с.

59. Павлов, С.Н. Актуальность обеспечения приоритетных условий движения общественного транспорта в крупных городах / С.Н. Павлов, А.П. Реброва // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2017. – Т.4. – №1 (7). – С. 164 – 170.

60. Павлов, С.Н. Анализ ситуации с припаркованными автомобилями как основа выбора места размещения транспортно-пересадочных узлов / С.Н. Павлов, А.П. Грешенштейн // X Междунар. науч.-техн. конф.: тезисы докладов. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2018. – С. 215 – 217.

61. Павлов, С.Н. Скорость движения как главный критерий качества транспортного обслуживания / С.Н. Павлов, А.П. Реброва // Научное творчество студентов и сотрудников факультета Энергомашиностроения и автомобильного транспорта: Материалы 75-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского университета. – 2017. – С. 39 – 44.

62. Павлов, С.Н. Совершенствование методики оценки целесообразности введения выделенной полосы в крупных городах / С.Н. Павлов, А.П. Грешенштейн // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 4 (55). – С. 19 – 25.

63. Пат. RU 2745227 С1 Российская Федерация, МПК В61В 13/10, В65G 35/00, В65G 51/04, В65G 51/40. Подземная система распределения товаров в городской среде / Стюбле Ж., Буассави Ж., Трокме М.; заявитель и патентообладатель Венси Конструкция. – № 2020130231; заявл. 14.09.2020; опубл. 22.03.2021, Бюл. № 9. – 24 с.: ил.

64. Пат. RU 2471661 С1 Российская Федерация, МПК В61В 1/00, В61В 15/00, Е01С 1/04. Транспортный мультимодальный комплекс / Короткий А.А., Маслов В.Б., Маслов Д.В., Панфилов А.В., Квеблиани Д.Ш., Попиашвили Б.Д.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Инженерно-консультационный центр «МЫСЛЬ» Новочеркасского государственного технического университета (ООО ИКЦ

«МЫСЛЬ» НГТУ). – № 2011138208/11; заявл. 16.09.2011; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1. – 10 с.: ил.

65. Подорожкина, А.В. Разработка методов оценки и повышения устойчивости функционирования технологической линии местного вагонопотока на грузовой станции: автореферат дис. ... канд. тех. наук: 05.22.08 / Алла Валентиновна Подорожкина. – Москва, 2012. – 24 с.

66. Подшивалова, К.С. Повышение эффективности перевозок мелкопартионных грузов автомобильным транспортом: автореферат дис. ... канд. тех. наук: 05.22.10 / Кристина Сергеевна Подшивалова. – Волгоград, 2007. – 16 с.

67. Покровская, О.Д. Комплексная оценка транспортно-складских систем железнодорожного транспорта: автореферат дис. ... док. тех. наук: 05.22.08 / Оксана Дмитриевна Покровская. – Санкт-Петербург, 2018. – 32 с.

68. Покровская, О.Д. Морфология терминальных сетей / О.Д. Покровская, О.Б. Маликов, М.А. Зачешигрова // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. – 2017. – Т. 14. – №. 1. – С. 88 – 102.

69. Покровская, О.Д. Эволюционно-функциональный подход к классификации транспортных узлов / О.Д. Покровская, О.Б. Маликов // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. – № 3. – 2017. – С. 406 – 419.

70. Попова, Н.Б. Районообразующая функция транспорта в формировании хозяйственного потенциала Новосибирской области и Сибирского региона / Н.Б. Попова, А.В. Дмитренко // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – Новосибирск: Из-во СГУПС. – № 2 (53). – 2020. – С. 55 – 56.

71. Потапченко, Т.Д. Методика определения выбросов парниковых газов транспортной системы региона и оценка эффективности мероприятий по их сокращению: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.01 / Тимур Дмитриевич Потапченко. – Москва, 2020. – 145 с.

72. Правила исчисления сроков доставки грузов, порожних грузовых вагонов железнодорожным транспортом // Приказ Министерства Транспорта Российской Федерации от 07.08.2015 № 245.

73. Правила применения сборов за дополнительные операции, связанные с перевозкой грузов на федеральном железнодорожном транспорте (Тарифное руководство N 3) / Постановление ФЭК РФ от 19 июня 2002 г. N 35/15.

74. Прейскурант на услуги Западно-Сибирской дирекции по управлению терминально-складским комплексом [Электронный ресурс]: Прейскуранты | Услуги ЦМ | Грузовые перевозки. – Режим доступа: <https://cargo.rzd.ru/api/media/resources/1824456?action=download>. – Загл. с экрана.

75. Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры города Новосибирска на 2018 – 2030 годы [Электронный ресурс]: Решение совета депутатов города Новосибирска 26.09.2018 N 660. – Режим доступа: <https://novo-sibirsk.ru/>. – Загл. с экрана.

76. Прокофьев, М.Н. Совершенствование технологии ускоренных грузовых перевозок железнодорожным транспортом: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.08 / Михаил Николаевич Прокофьев. – Москва, 2017. – 213 с.

77. Псеровская, Е.Д. Актуальность формирования системы распределения грузопотоков в крупных городах / Е.Д. Псеровская, А.П. Грефенштейн // Техника и технология транспорта. – 2020. – № 4 (19). – С. 7. – Режим доступа: <http://transport-kgasu.ru/files/N19-14OYP420.pdf>. – Загл. с экрана.

78. Псеровская, Е.Д. Оценка влияния городской грузовой логистики на транспортный поток / Е.Д. Псеровская, А.П. Грефенштейн // Транспорт и логистика: тренды и барьеры развития в условиях пространственно-технологических ограничений и неопределенности: сборник научных трудов V международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 2021. – С. 132 – 136.

79. Псеровская, Е.Д. Оценка эффективности распределительного центра при разных вариантах консолидации грузопотоков / Е.Д. Псеровская, А.П. Грешенштейн // Транспорт Урала. – 2021. – № 3 (70). – С. 22 – 27.

80. Псеровская, Е.Д. Проблема развоза грузов в крупных городах с участием разных видов транспорта / Е.Д. Псеровская, А.П. Грешенштейн // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. – № 1. – 2020. – С. 34 – 40.

81. Псеровская, Е.Д. Расположение городского распределительного центра: научно-методологический подход / Е.Д. Псеровская, А.П. Грешенштейн // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3 (83). – С. 131 – 140.

82. Рахмангулов, А.Н. Железнодорожные транспортно-технологические системы: организация функционирования: монография / А.Н. Рахмангулов // Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – 300 с.

83. Рахмангулов, А.Н. Методологические основы организации функционирования промышленных транспортно-технологических систем: автореферат дис. ... канд. тех. наук: 05.22.01 / Александр Нельевич Рахмангулов. – Москва, 2013. – 48 с.

84. Рахмангулов, А.Н. Размещение региональных логистических центров: монография / А.Н. Рахмангулов, О.А. Копылова // Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 172 с.

85. Редевелопмент промзон [Электронный ресурс]: Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. – Режим доступа: <https://stroim.mos.ru/renovaciya-promzon?from=cl>. – Загл. с экрана.

86. Резер, С.М. Модели формирования запасов и расчета затрат на их хранение в логистических центрах / С.М. Резер // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – №. 6. – С. 63 – 70.

87. Роженко, М.К. Городская логистика: тренды и вызовы / М.К. Роженко // Корпоративная логистика. – 2018. – № 4 (84), август. – С. 52 – 59.

88. Российский парк грузовых автомобилей: показатели на 1 января 2020 года [Электронный ресурс]: Аналитическое агентство Автостат. – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/infographics/43258/>. – Загл. с экрана.

89. Российский статистический ежегодник 2019 / Russian Statistical Yearbook 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gks.ru/bgd/regl/b21_13/Main.htm. – Загл. с экрана.

90. Рынок складской недвижимости России [Электронный ресурс]: аналитический отчет Knight Frank. – 2020. – С. 7. – Режим доступа: https://media.kf.expert/lenta_analytics/0/307/report.pdf. – Загл. с экрана.

91. Савин, В.Г. Город как транспортно-логистическая система инновационного развития / В.Г. Савин // Производственный менеджмент: теория, методология, практика: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции. 2017. – Новосибирск: Изд-во: ООО «Центр развития научного сотрудничества», 2017. – С. 66 – 69.

92. Себестоимость железнодорожных перевозок: учебник для вузов ж.-д. транспорта / Н.Г. Смехова [и др.]; Под ред. Н.Г. Смеховой и А.И. Купорова. – М: Маршрут, 2003. – 494 с.

93. Серегина, Д.А. Формирование инновационного механизма развития подсистем городского комплекса / Д.А. Серегина // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – №3. – 2013. – С. 127 – 135.

94. СП 34.13330.2021. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85. – М., 2021. – 94 с.

95. Спирин, И.В. Устойчивое развитие транспортного комплекса города: методология, проблемы, решения / И.В. Спирин, О.Ю. Матанцева, Ю.М. Гришаева, М.И. Савосина // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2019: труды Двенадцатой международной конференции / под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 54,2 Мб). – М.: ИПУ РАН, 2019. – С. 675-672. – 1 электрон. опт. диск (CD-R).

96. Стратегии «устойчивого транспорта»: лучшие мировые практики [Электронный ресурс] / В.М. Комаров [и др.]. – М., 2019. – С. 68. – Режим

доступа: <https://socionet.ru/~cyrctec/rnp-pdf/wpaper/031919.pdf>. – Загл. с экрана.

97. Сыздыкбаева, Б.У. Организация грузовых перевозок в системе городской логистики товародвижения: зарубежный опыт / Б.У. Сыздыкбаева, Ж.С. Раимбеков, Д.А. Сейдуалин // Бюллетень науки и практики. Нижневартовск: Из-во ИЦ «Наука и практика». – Т. 4. – № 7 – 2018. – С. 388 – 398.

98. Таран, И.С. Влияние автотранспорта на состояние окружающей среды крупного промышленного города / И.С. Таран, Г.В. Петров // Научно-практические исследования. – 2020. – № 6 – 2 (29). – С. 110 – 117.

99. Теоретические аспекты организации перевозок с использованием железнодорожного транспорта на примере Новосибирска / А. П. Грешенштейн [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 1 (85). – С. 54 – 63.

100. Тимухин, К.М. Технология оперативного управления коммерческой работой транспортно-экспедиторских предприятий: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.08 / Кирилл Максимович Тимухин. – Екатеринбург, 2020. – 203 с.

101. Транспортная инфраструктура и экономический рост / А. Аляпкина [и др.]. – М.: Из-во Перо, 2019. – 142 с.

102. Трофименко, Ю.В. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов: монография / Ю.В. Трофименко, М.Р. Якимов. – М.: Логос, 2013. – 464 с.

103. Трофимова, Л.С. Методология текущего планирования работы грузового автотранспортного предприятия с учетом взаимосвязи коммерческой и технической эксплуатации: дис. ... док. тех. наук: 05.22.10 / Людмила Семеновна Трофимова. – Омск, 2018. – 320 с.

104. Тюрин, А.Ю. Городские распределительные центры в концепции городской логистики / А.Ю. Тюрин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – № 1 (101). – 2014. – С. 146 – 148.

105. Фишельсон, М.С. Транспортная планировка городов: учеб. пособие для студ. авт.-дор. спец. вузов / М.С. Фишельсон. – М.: Высш. шк., 1985. – 239 с.
106. Хемди, А.Т. Введение в исследование операций / А.Т. Хемди. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
107. Чигрин, Н.С. Анализ спроса на мультитемпературные складские комплексы в России / Н.С. Чигрин, А.П. Грефенштейн // Техника и технология транспорта. – 2021. – № 2 (21). – С. 14. – Режим доступа: <http://transport-kgasu.ru/files/N21-14OYP221.pdf>. – Загл. с экрана.
108. Экономика и управление предприятием / Т.Ю. Белова [и др.]. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2017. – 262 с.
109. Юренкова, Л.Р. Транспорт будущего. Аэротакси для перевозки грузов / Л.Р. Юренкова, А.В. Кучугурный // Главный механик. – М.: Издательский дом «Панорама». – № 1. – 2020. – С. 52 – 55.
110. Якимов, М.Р. Анализ влияния различных сценариев развития транспортной системы крупного города на возможные варианты нарушения целостности городской структуры / М.Р. Якимов // Вестник транспорта Поволжья. – 2011. – № 1 (25). – С. 18 – 24.
111. Якимов, М. Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография / М.Р. Якимов. – М.: Логос, 2013. – 188 с.
112. Ярославцева, М.В. Обзор методов оптимального размещения объекта бизнеса / М.В. Ярославцева // Вестник СевГТУ. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2006. – Вып. 73. – С. 85 – 92.
113. A game-theoretic multi-stakeholder model for cost allocation in urban consolidation centres / F. Ciardiello [et al.] // Annals of Operations Research, 2021. – 24 p.
114. Aljohani, K. A multi-criteria spatial evaluation framework to optimise the siting / K. Aljohani, R.G. Thompson // Transportation Research Part A, 2020. – № 138. – Pp. 51 – 69.

115. Akkad, M.Z. Multi-Objective Approach for Optimization of City Logistics Considering Energy Efficiency / M.Z. Akkad, T. Bányai // *Sustainability*. – 2020. – № 12 (18). – Pp. 1 – 23.
116. Behrends, S. Burden or opportunity for modal shift? – Embracing the urban dimension of intermodal road-rail transport / S. Behrends // *Transport Policy*, 2017. – V. 59. – Pp. 10 – 16.
117. Browne, M. Evaluating the potential for urban consolidation centres / M. Browne, A. Woodburn, J. Allen // *European Transport*, 2007 – № 35 – Pp. 46 – 63.
118. Chwesiuk, K. Urban consolidation centres for medium-size touristic cities in the Westpomeranian Region of Poland / K. Chwesiuk, K. Kijewska, S. Iwan // *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2010 – № 2 – Pp. 6264 – 6273.
119. Consolidation centers in city logistics: A cooperative approach based on the location routing problem / S. Nataraj [et al.] // *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 2019. – № 10 (3). – Pp. 393 – 404.
120. Dampier, A. A Study of the Feasibility and Potential Implementation of Metro-Based Freight Transportation in Newcastle upon Tyne / A. Dampier, M. Marinov // *Urban Rail Transit*, 2015. – № 1 (3). – Pp. 164 – 182.
121. Effects of underground logistics system on urban freight traffic: A case study in Shanghai, China / D. Hai [et al.] // *Journal of Cleaner Production*, 2020. – V. 260. – 121019 p.
122. Firdausiyaha, N. Multi-agent simulation-Adaptive dynamic programming based reinforcement learning for evaluating joint delivery systems in relation to the different locations of urban consolidation centres / N. Firdausiyaha, E. Taniguchi, A.G. Qureshi // *Transportation Research Procedia*, 2020. – № 46. – Pp. 125 – 132.
123. Gogas, M. Evaluation of Urban Consolidation Centers: A Methodological Framework / M. Gogas, E. Nathanail // *Procedia Engineering*, 2017. – № 178. – Pp. 461 – 471.
124. Grefenshteyn, A.P. Relevance of the freight distribution system in major cities / A.P. Grefenshteyn, E.D. Pserovskaya // *Материалы II Всероссийской*

студенческой научно-практической конференции «Актуальные проблемы транспортной отрасли в России и за рубежом». – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2020. – С. 46 – 54.

125. He, Z. Integration of Urban Freight Innovations: Sustainable Inner-Urban Intermodal Transportation in the Retail/Postal Industry / Z. He, H.D. Haasis // Sustainability, 2019. – № 11. – Pp. 1 – 25.

126. Highway capacity manual // TRB Special Report N 87. Washington, D.C., 2013. – 1189 p.

127. How to make urban freight transport by tram successful? / K. Langhe [et al.] // Journal of Shipping and Trade, 2019. – №4 – Pp. 1 – 23.

128. Isa, S.S. The Kaldor-Hicks Criterion Applied to Economic Evaluation of Urban Consolidation Centers / S.S. Isa, O.F. Lim, R.D. Fioravanti // Transportation Research Procedia. – 2020. – № 48. – Pp. 416 – 427.

129. Isa, S.S. Urban consolidation centers: Impact analysis by stakeholder / S.S. Isa, O.F. Lima, J.G.V. Vieira // Research in Transportation Economics, 2021. – № 90. – 101045 p.

130. Keseru, I Stakeholders' preferences for the future of transport in Europe: Participatory evaluation of scenarios combining scenario planning and the multi-actor multi-criteria analysis / I. Keseru, T. Coosemans, C. Macharis // Futures, 2021. – № 127. – 102690 p.

131. Kijewska, K. Challenges to increase the sustainable urban freight transport in South Baltic Region – LCL project / K. Kijewska, S. Iwan, J. Korczak // Transportation Research Procedia, 2019. – № 39. – Pp. 170 – 179.

132. Koster, F. Cooperative Traffic Control Management for City Logistic Routing / F. Koster, M.W. Ulmer, D.C. Mattfeld // Transportation Research Procedia, 2015. – № 10. – Pp. 673 – 682.

133. Malindretos, G. City logistics models in the framework of smart cities: urban freight consolidation centers / G. Malindretos, S. Mavrommati, M.A. Bakogianni // 4th International Conference on Supply Chains, 2018. – 15 p.

134. Mepparambath, R.M. A theoretical framework to evaluate the traffic impact of urban freight consolidation centres / R.M. Mepparambath, L. Cheah, C. Courcoubetis // *Transportation Research Part E*, 2021. – № 145. – 102134 p.
135. METRO.FREIGHT.2020 – strategies for strengthening rail infrastructure for freight transport in urban regions / B. Horl [et al.] // *Transportation Research Procedia*, 2016. – № 14. – Pp. 2776 – 2784.
136. Moore, A.M. Innovative scenarios for modeling intra-city freight delivery / A.M. Moore // *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2019. – № 3. – 100024 p.
137. Muñuzuri, J. How efficient is city logistics? Estimating ecological footprints for urban freight deliveries / J. Muñuzuri, J.H.R. van Duin, A. Escudero // *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2010. – № 2. – Pp. 6165 – 6176.
138. Nathanail, E. Smart interconnections and urban freight transport towards achieving sustainable city logistics / E. Nathanail, G. Adamos, M. Gogas // *Transportation Research Procedia*, 2016. – № 14. – Pp. 983 – 992.
139. Pavlov, S.N. Improvement of methods of expediency assessment with regard to dedicated traffic lane establishing in large cities / S.N. Pavlov, A.P. Rebrova // *Transportation Research Procedia*. – 2018. – V. 36. – Pp. 556 – 561.
140. Pietrzak, K. Analysis of the possibilities of using «Light Freight Railway» for the freight transport implementation in agglomeration areas (example of West Pomerania Province) / K. Rietrzak // *Transportation Research Procedia*, 2016. – № 16. – Pp. 464 – 472.
141. Pietrzak, K. Light Freight Railway (LFR) as an innovative solution for Sustainable Urban Freight Transport / K. Rietrzak, O. Rietrzak, A. Montwill // *Green Cities*, 2020. – № 4. – 102663 p.
142. Potti, P. A Simulation Study on the Potential of Moving Urban Freight by a Cross-City Railway Line / P. Potti, M. Marinov, E. Sweeney // *Sustainability*, 2019. – V. 11. – № 21. – 6088 p.
143. Roca-Riu, M. An evaluation of urban consolidation centers through continuous analysis with non-equal market share companies / M. Roca-Riu,

M. Estrada, E. Fernández // *Transportation Research Procedia*. – 2016. – № 12. – Pp. 370 – 382.

144. Savchenko, L. Interaction of participants of urban freight consolidation of different levels / L. Savchenko, V. Polihchuk, M. Grygorak // *Management and Entrepreneurship Trends of Development*, 2019. – № 3. – Pp. 89 – 106.

145. Singh, M. Urban rail system for freight distribution in a mega city: case study of Delhi, India / M. Singh, S. Gupta // *Transportation Research Procedia*, 2020. – № 48. – Pp. 452 – 466.

146. State of the art and practice of urban freight management Part II: Financial approaches, logistics, and demand management / J. Holguin-Veras [et al.] // *Transportation Research Part A Policy and Practice*, 2020. – № 137. – Pp. 383 – 410.

147. The impact of urban freight transport and mobility on transport externalities in the SPMR / H. Ewbank [et al.] // *Transportation Research Procedia*, 2020. – № 46. – Pp. 101 – 108.

148. TomTom Traffic Index [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/. – Загл. с экрана.

149. Urban consolidation solutions for parcel delivery considering location, fleet and route choice / M.D. Simoni [et al.] // *Case Studies on Transport Policy*, 2018. – № 6. – Pp. 112 – 124.

150. Using system dynamics to analyze the development of urban freight transportation system based on rail transit: A case study of Beijing / Hu. Wanjie [et al.] // *Sustainable Cities and Society*, 2020. – V. 53. – 101923 p.

151. Velickovic, M. Modelling the urban freight flows for impact assessment of the urban consolidation centres by using the origin-destination matrices / M. Velickovic, D. M. Stojanovic, J. Pantovic // *Transportation Research Procedia*, 2021. – № 52 – Pp. 27 – 34.

152. Visser, J. Home delivery and the impacts on urban freight transport: a Review / J. Visser, T. Nemoto, M. Browne // *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2014. – № 125. – Pp. 15 – 27.

153. World Population Prospects 2019: Highlights [Электронный ресурс]. – New York: United Nations, 2019. – Р. 39. – Режим доступа: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf. – Загл. с экрана.

154. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Key facts [Электронный ресурс]. – New York: United Nations, 2019. – Р. 2. – Режим доступа: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>. – Загл. с экрана.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Акты о внедрении результатов диссертационной работы



ФИЛИАЛ ОАО «РЖД»
ЦЕНТР ФИРМЕННОГО ТРАНСПОРТНОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ

ЗАПАДНО-СИБИРСКИЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ФИРМЕННОГО ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Д. Шамшурина ул. 33, г. Новосибирск, 630004
Тел.: (383) 229-45-21, факс: (383) 248-06-09
E-mail: tcfto_z-sib@wsr.ru

На № 18.05.2022 г. № 8/н
от _____

Акт

о внедрении результатов диссертационной работы Грефенштейн Анны Павловны

Результаты, полученные Грефенштейн А. П. при выполнении диссертационной работы на тему «Совершенствование технологии организации грузовых перевозок в крупных городах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.08 – «Управление процессами перевозок» (технические науки), имеют прикладное значение. Практический интерес для железнодорожного транспорта представляют:

- способ развоза грузов в вагонах в пределах городской агломерации;
- рекомендации по определению величины договорного тарифа ОАО «РЖД» и границ уровня рентабельности новой услуги в условиях конкуренции с автомобильным транспортом;
- экономическая оценка для ОАО «РЖД» различных вариантов доставки грузов и рекомендации по определению рациональных условий (объемов и расстояний) использования железнодорожного транспорта в городских грузовых перевозках.

Настоящим актом подтверждается, что разработанные рекомендации представляют собой практическую ценность и могут быть применены Отделом реализации дополнительных услуг и Центром продажи услуг территориального центра фирменного транспортного обслуживания для расширения функционала предоставляемых услуг и интеграции железнодорожного транспорта в агломерацию крупного города за счет использования существующих инфраструктурных ресурсов ОАО «РЖД».

Первый заместитель начальника
Западно-Сибирского территориального центра
фирменного транспортного обслуживания



Е.П. Главчев



РОСЖЕЛДОР

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ» (СГУПС)**✉ Дуси Ковальчук ул., д. 191 ☎ тел.: (383) 328-04-70, 328-05-75 📧 e-mail: public@stu.ru
г. Новосибирск, 630049 📠 факс: (383) 226-79-78 http://www.stu.ru

ОГРН 1025401011680 ИНН / КПП 5402113155 / 540201001 ОКПО 01115969

18.05.22 № 1212
на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

К.Т.Н., доцент

А. А. Новоселов

**Акт**

о внедрении результатов диссертационной работы Грефенштейн Анны Павловны
«Совершенствование технологии организации грузовых перевозок в крупных
городах» в учебный процесс

Настоящий акт подтверждает использование материалов диссертационной работы Грефенштейн А. П. на тему «Совершенствование технологии организации грузовых перевозок в крупных городах» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.08 – «Управление процессами перевозок» (технические науки) в учебном процессе кафедры «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав» факультета «Управление процессами перевозок на железнодорожном транспорте» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения».

Научные результаты диссертационной работы используются в образовательном процессе для обучения по специальности 23.05.04 – «Эксплуатация железных дорог» специализаций «Магистральный транспорт» и «Транспортный бизнес и логистика», а также направлениям подготовки 23.04.01 и 23.03.01 – «Технология транспортных процессов» профиля «Транспортная логистика».

Разработанные базовые теоретические положения терминальной технологии организации перевозок с городским распределительным центром (ГРЦ) и методические рекомендации выбора мест размещения ГРЦ используются в учебных курсах дисциплин логистического блока («Логистика», «Транспортная логистика» и других). Предложенная оптимизационная модель оценки влияния ГРЦ на изменение общего пробега грузовых автомобилей позволяет с помощью программного обеспечения оптимизировать план доставки мелких партий грузов в реальных условиях конкретного города и применяется студентами при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ.

Декан факультета «Управление процессами перевозок
на железнодорожном транспорте»,
К.Т.Н., доцент

А. А. Климов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021680202

Городской распределительный центр – 1.0

Правообладатель: **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (СГУПС) (RU)**

Авторы: **Грефенштейн Анна Павловна (RU), Псеровская Елена Дмитриевна (RU)**

Заявка № 2021669369

Дата поступления 29 ноября 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 08 декабря 2021 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Извиев

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Расчет критерия целесообразности создания городского распределительного центра при автомобильно-железнодорожных перевозках

Таблица Б.1 – Показатель R_2 при $k=1$ и $h=1$

Уровень участия, %	Уровень консолидации									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1,20	1,10	1,07	1,05	1,04	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02
20	1,40	1,20	1,13	1,10	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,04
30	1,60	1,30	1,20	1,15	1,12	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06
40	1,80	1,40	1,27	1,20	1,16	1,13	1,11	1,10	1,09	1,08
50	2,00	1,50	1,33	1,25	1,20	1,17	1,14	1,13	1,11	1,10
60	2,20	1,60	1,40	1,30	1,24	1,20	1,17	1,15	1,13	1,12
70	2,40	1,70	1,47	1,35	1,28	1,23	1,20	1,18	1,16	1,14
80	2,60	1,80	1,53	1,40	1,32	1,27	1,23	1,20	1,18	1,16
90	2,80	1,90	1,60	1,45	1,36	1,30	1,26	1,23	1,20	1,18
100	3,00	2,00	1,67	1,50	1,40	1,33	1,29	1,25	1,22	1,20

Таблица Б.2 – Показатель R_2 при $k=2$ и $h=2$

Уровень участия, %	Уровень консолидации									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1,53	1,33	1,26	1,23	1,21	1,20	1,19	1,18	1,17	1,17
20	2,02	1,62	1,49	1,42	1,38	1,36	1,34	1,32	1,31	1,30
30	2,49	1,89	1,69	1,59	1,53	1,49	1,46	1,44	1,42	1,41
40	2,92	2,12	1,85	1,72	1,64	1,59	1,55	1,52	1,50	1,48
50	3,33	2,33	2,00	1,83	1,73	1,67	1,62	1,58	1,56	1,53
60	3,72	2,52	2,12	1,92	1,80	1,72	1,66	1,62	1,59	1,56
70	4,09	2,69	2,22	1,99	1,85	1,75	1,69	1,64	1,60	1,57
80	4,42	2,82	2,29	2,02	1,86	1,76	1,68	1,62	1,58	1,54
90	4,73	2,93	2,33	2,03	1,85	1,73	1,64	1,58	1,53	1,49
100	5,00	3,00	2,33	2,00	1,80	1,67	1,57	1,50	1,44	1,40

Таблица Б.3 – Показатель R_2 при $k=2$ и $h=4$

Уровень участия, %	Уровень консолидации									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1,50	1,30	1,23	1,20	1,18	1,17	1,16	1,15	1,15	1,14
20	1,94	1,54	1,41	1,34	1,30	1,27	1,25	1,24	1,23	1,22
30	2,34	1,74	1,54	1,44	1,38	1,34	1,31	1,29	1,27	1,26
40	2,71	1,91	1,65	1,51	1,43	1,38	1,34	1,31	1,29	1,27
50	3,07	2,07	1,73	1,57	1,47	1,40	1,35	1,32	1,29	1,27
60	3,40	2,20	1,80	1,60	1,48	1,40	1,34	1,30	1,27	1,24
70	3,71	2,31	1,85	1,61	1,47	1,38	1,31	1,26	1,22	1,19
80	4,00	2,40	1,87	1,60	1,44	1,34	1,26	1,20	1,16	1,12
90	4,27	2,47	1,87	1,57	1,39	1,27	1,18	1,12	1,07	1,03
100	4,50	2,50	1,83	1,50	1,30	1,17	1,07	1,00	0,94	0,90

Таблица Б.4 – Показатель R_2 при $k=1$ и $h=2$

Уровень участия, %	Уровень консолидации									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1,19	1,09	1,06	1,04	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01
20	1,37	1,17	1,10	1,07	1,05	1,03	1,02	1,02	1,01	1,01
30	1,53	1,23	1,13	1,08	1,05	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99
40	1,69	1,29	1,15	1,09	1,05	1,02	1,00	0,99	0,97	0,97
50	1,83	1,33	1,17	1,08	1,03	1,00	0,98	0,96	0,94	0,93
60	1,98	1,38	1,18	1,08	1,02	0,98	0,95	0,93	0,91	0,90
70	2,11	1,41	1,18	1,06	0,99	0,95	0,91	0,89	0,87	0,85
80	2,24	1,44	1,18	1,04	0,96	0,91	0,87	0,84	0,82	0,80
90	2,37	1,47	1,17	1,02	0,93	0,87	0,83	0,80	0,77	0,75
100	2,50	1,50	1,17	1,00	0,90	0,83	0,79	0,75	0,72	0,70

Таблица Б.5 – Показатель R_2 при $k=1$ и $h=3$

Уровень участия, %	Уровень консолидации									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1,18	1,08	1,05	1,03	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,00
20	1,34	1,14	1,08	1,04	1,02	1,01	1,00	0,99	0,99	0,98
30	1,49	1,19	1,09	1,04	1,01	0,99	0,97	0,96	0,95	0,95
40	1,62	1,22	1,09	1,02	0,98	0,96	0,94	0,92	0,91	0,90
50	1,75	1,25	1,08	1,00	0,95	0,92	0,89	0,88	0,86	0,85
60	1,87	1,27	1,07	0,97	0,91	0,87	0,84	0,82	0,81	0,79
70	1,99	1,29	1,06	0,94	0,87	0,83	0,79	0,77	0,75	0,73
80	2,11	1,31	1,04	0,91	0,83	0,77	0,74	0,71	0,69	0,67
90	2,22	1,32	1,02	0,87	0,78	0,72	0,68	0,65	0,62	0,60
100	2,33	1,33	1,00	0,83	0,73	0,67	0,62	0,58	0,56	0,53

Таблица Б.6 – Показатель R_2 при $k=1$ и $h=4$

Уровень участия, %	Уровень консолидации									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1,18	1,08	1,04	1,03	1,02	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00
20	1,33	1,13	1,06	1,03	1,01	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97
30	1,46	1,16	1,06	1,01	0,98	0,96	0,94	0,93	0,92	0,92
40	1,58	1,18	1,05	0,98	0,94	0,92	0,90	0,88	0,87	0,86
50	1,70	1,20	1,03	0,95	0,90	0,87	0,84	0,83	0,81	0,80
60	1,81	1,21	1,01	0,91	0,85	0,81	0,79	0,76	0,75	0,73
70	1,93	1,23	0,99	0,88	0,81	0,76	0,73	0,70	0,68	0,67
80	2,04	1,24	0,97	0,84	0,76	0,70	0,66	0,64	0,61	0,60
90	2,14	1,24	0,94	0,79	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52
100	2,25	1,25	0,92	0,75	0,65	0,58	0,54	0,50	0,47	0,45

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Результаты проведения транспортных оптимизационных экспериментов

Таблица В.1 – Результат оптимизационного моделирования *сценария 1*

Спрос 1		Спрос 2		Спрос 3				
Маршрут	Расстояние, км	Маршрут	Расстояние, км	Маршрут	Расстояние, км			
ГРЦ	Я 5, МР 4	4,65	ГРЦ	Я 5, МР 4, М 3	4,99	ГРЦ	Я 5, МР 4	4,65
ГРЦ	П 1, П 2	2,83	ГРЦ	П 5, Я 6	7,23	ГРЦ	МР 5, П 4, МР 1	40,00 7,93
ГРЦ	МР 5, П 4	5,46	ГРЦ	Я 1, М 1, МР 1	6,74	ГРЦ	П 5, Я 6	7,23
ГРЦ	П 5, Я 6	7,23	ГРЦ	Я 2, МР 2, М 2	4,09	ГРЦ	МР 2, Я 2	3,65
ГРЦ	Я 1, М 2	6,40 5,55	ГРЦ	П 2, П 1, МР 3	2,83	ГРЦ	П 2, П 3, М 3	4,36
ГРЦ	МР 2, Я 2	3,65	ГРЦ	Я 3	1,72	ГРЦ	МР 3, П 1, М 2	2,83
ГРЦ	МР 3, Я 3	2,32	ГРЦ	П 3, МР 5, П 4	5,46	ГРЦ	Я 3	1,72
ГРЦ	П 3, М 3	4,29	ГРЦ	Я 4, П 6	3,97	ГРЦ	М 1, Я 1	6,50
ГРЦ	М 1, МР 1	6,65				ГРЦ	П 6, Я 4	3,97
ГРЦ	П 6, Я 4	3,97						

Таблица В.2 – Результат оптимизационного моделирования *сценария 2*

Спрос 1			Спрос 2			Спрос 3		
Маршрут		Расстояние, км	Маршрут		Расстояние, км	Маршрут		Расстояние, км
ГРЦ	Я 4	3,38	ГРЦ	Я 4	3,38	ГРЦ	Я 4	3,38
ГРЦ	МР 3	2,25	ГРЦ	МР 3, МР 4, МР 5, МР 1, МР 2	10,00 8,37	ГРЦ	МР 3, МР 5, МР 4	5,67
ГРЦ	Я 1	5,12	ГРЦ	Я 1	5,12	ГРЦ	Я 1	5,12
ГРЦ	Я 2	3,65	ГРЦ	Я 2	3,65	ГРЦ	Я 2	3,65
ГРЦ	Я 3	1,72	ГРЦ	Я 3	1,72	ГРЦ	Я 3	1,72
ГРЦ	П 6, П 3	4,59	ГРЦ	П 6, П 2, П 1	4,19	ГРЦ	П 6, П 2, П 1	4,19
ГРЦ	М 2	1,53	ГРЦ	М 1, М 3, М 2	9,34	ГРЦ	М 1, М 3, М 2	10,00 8,81
ГРЦ	М 1, М 3	8,91	ГРЦ	П 3, П 4, П 5	10,00 8,81	ГРЦ	П 3, П 4, П 5	10,00
ГРЦ	Я 5	4,56	ГРЦ	Я 5	4,56	ГРЦ	Я 5	4,56
ГРЦ	МР 2, МР 1	6,24	ГРЦ	Я 6	7,09	ГРЦ	МР 2, МР 1	6,24
ГРЦ	Я 6	7,09				ГРЦ	Я 6	7,09
ГРЦ	МР 5, МР 4	5,46						
ГРЦ	П 5, П 4	8,70 8,49						
ГРЦ	П 2, П 1	2,83						

Таблица В.3 – Результат оптимизационного моделирования *сценария 3*

Спрос 1			Спрос 2			Спрос 3		
Маршрут		Расстояние, км	Маршрут		Расстояние, км	Маршрут		Расстояние, км
ГРЦ	MP 3, M 2	3,85 2,69	ГРЦ	П 1, MP 3, M 2	4,00 2,83	ГРЦ	MP 3, П 1, П 2	2,83
ГРЦ	П 1, П 2	2,83	ГРЦ	MP 2, MP 1, M 1, П 5	7,45	ГРЦ	MP 1, M 1, П 5	7,45
ГРЦ	MP 1, MP 2	6,24	ГРЦ	П 3, MP 5, П 4, MP 4	5,55	ГРЦ	MP 2, M 2	4,40 3,89
ГРЦ	M 1, П 5	7,21	ГРЦ	M 3, П 6, П 2	4,68	ГРЦ	MP 5, П 4, MP 4	5,55
ГРЦ	П 3, MP 4	4,65	Центр 2	Я 6	2,15 2,46	ГРЦ	M 3, П 6, П 3	4,94
ГРЦ	П 6, M 3	4,32	Центр 2	Я 1	3,35	Центр 2	Я 6	2,15 2,46
ГРЦ	MP 5, П 4	5,46	Центр 2	Я 4	7,17	Центр 2	Я 1	3,35
Центр 2	Я 6	2,15 2,46	Центр 2	Я 5	6,52	Центр 2	Я 4	7,17
Центр 2	Я 1	3,35	Центр 2	Я 2	4,76	Центр 2	Я 5	6,52
Центр 2	Я 4	7,17	Центр 2	Я 3	7,69	Центр 2	Я 2	4,76
Центр 2	Я 5	6,52				Центр 2	Я 3	7,69
Центр 2	Я 2	4,76						
Центр 2	Я 3	7,69						

Таблица В.4 – Результат оптимизационного моделирования *сценария 4*

Спрос 1			Спрос 2			Спрос 3		
Маршрут		Расстояние, км	Маршрут		Расстояние, км	Маршрут		Расстояние, км
Центр 1	М 2	2,45 1,53	Центр 1	М 1, М 3, М 2	10,2 9,34	Центр 1	М 1, М 3, М 2	10,2 9,34
Центр 1	М 1, М 3	8,91	Центр 2	Я 6	2,15 2,46	Центр 2	Я 6	2,15 2,46
Центр 2	Я 6	2,15 2,46	Центр 2	МР 1, МР 2, МР 3, МР 4, МР 5	8,87	Центр 2	МР 1, МР 2	5,08
Центр 2	МР 1	2,54	Центр 2	Я 2	4,76	Центр 2	Я 2	4,76
Центр 2	П 6, П 3	7,76	Центр 2	Я 1	3,35	Центр 2	Я 1	3,35
Центр 2	Я 2	4,76	Центр 2	Я 3	7,69	Центр 2	Я 3	7,69
Центр 2	Я 1	3,35	Центр 2	П 1, П 2, П 3	8,12	Центр 2	П 1, П 2, П 3	8,12
Центр 2	Я 3	7,69	Центр 2	Я 5	6,52	Центр 2	МР 3, МР 4, МР 5	8,63
Центр 2	МР 2, МР 3	8,22	Центр 2	Я 4	7,17	Центр 2	Я 5	6,52
Центр 2	П 2, П 1	8,80	Центр 2	П 5, П 4, П 6	8,70 8,49	Центр 2	Я 4	7,17
Центр 2	Я 5	6,52				Центр 2	П 5, П 4, П 6	8,70 8,49
Центр 2	МР 4, МР 5	6,09						
Центр 2	Я 4	7,17						
Центр 2	П 5, П 4	5,84						