

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

*На правах рукописи*



**Дрючин Дмитрий Алексеевич**

**МЕТОДОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО  
ПАССАЖИРСКОГО НАЗЕМНОГО  
ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ СОГЛАСОВАНИЯ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОДСИСТЕМ**

2.9.5 - Эксплуатация автомобильного транспорта

Диссертация на соискание учёной степени  
доктора технических наук

Научный консультант  
доктор технических наук, профессор  
**Якунин Николай Николаевич**

Оренбург – 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
<b>1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ОПТИМИЗАЦИИ</b>	
<b>СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО</b>	
<b>ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА .....</b> 15	
1.1 Анализ методов определения структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского пассажирского транспорта .....	15
1.2 Оценка экологических показателей функционирования городских пассажирских транспортных систем.....	22
1.2.1 Оценка экологических показателей функционирования автотранспортных средств .....	23
1.2.2 Оценка экологических показателей функционирования электротранспортных средств .....	32
1.2 Анализ факторов, определяющих формирование инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского пассажирского транспорта .....	39
1.2.1 Анализ условий, определяющих применение топлив нефтяного происхождения .....	40
1.2.2 Анализ направлений развития альтернативной транспортной энергетики .....	41
1.2.3 Анализ факторов, определяющих эффективность практического внедрения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения .....	50
1.2.4 Анализ факторов, определяющих эффективность функционирования инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения .....	55
1.2.5 Особенности формирования городской линейной электротранспортной инфраструктуры .....	63

1.3 Анализ методов определения структурных параметров производственно-технической базы транспортных и сервисных предприятий системы городского пассажирского транспорта .....	66
1.4 Логистический подход, как основа определения структурных параметров системы городского пассажирского транспорта.....	80
1.5 Выводы по первой главе, цель и задачи исследования .....	95
<b>2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ НАЗЕМНОГО ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА .....</b>	<b>101</b>
2.1 Описание структуры наземного городского пассажирского транспорта.....	101
2.2 Методология оптимизации структурных параметров парка подвижного состава системы наземного городского пассажирского транспорта.....	111
2.2.1 Обоснование комплексного критерия оценки оптимального состояния структурных параметров парка транспортных средств городского наземного пассажирского транспортного комплекса .....	113
2.2.2 Расчёт численности и пассажировместимости транспортных средств, закреплённых за маршрутом.....	123
2.2.3 Формирование структурных параметров парка транспортных средств по показателю реализуемой технологии топливно-энергетического обеспечения подвижного состава .....	142
2.3 Определение оптимальных структурных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского наземного пассажирского транспорта .....	170
2.4 Методика оптимизации структурных параметров производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта.....	189
2.5 Реализация логистического подхода для определения оптимальных структурных параметров системы наземного городского	

пассажирского транспорта .....	213
2.6 Выводы по разделу.....	218
<b>3 МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ НАЗЕМНОГО ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА .....</b>	<b>221</b>
3.1 Методы исследования параметров пассажиропотоков в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта.....	221
3.1.1 Натурное обследование пассажиропотоков .....	222
3.1.2 Расчёт объёма репрезентативной выборки обследуемых транспортных средств.....	223
3.1.3 Анализ данных о транзакциях (электронных платежах), совершаемых пассажирами на маршрутах системы городского наземного пассажирского транспорта .....	228
3.1.4 Методика анализа данных об объёмах выручки, получаемой предприятиями-перевозчиками .....	229
3.2 Методы исследования технико-экономических параметров, определяющих область эффективного применения рассматриваемых технологий топливно-энергетического обеспечения транспортных средств .....	230
3.2.1 Методы исследования факторов, определяющих экономический эффект, формируемый альтернативной технологией топливно- энергетического обеспечения .....	231
3.2.2 Аналитические исследования эколого-технологических показателей, определяющих величину экологического ущерба при эксплуатации рассматриваемых видов транспорта .....	236
3.3 Аналитические исследования технологических и технико- экономических параметров функционирования структурных элементов зарядно-заправочной инфраструктуры .....	239
3.3.1 Методы анализа структурных параметров инвестиционных	

вложений на создание инфраструктурного объекта .....	241
3.3.2 Методы анализа технологических характеристик инфраструктурных объектов топливно-энергетического обеспечения .....	243
3.3.3 Методы исследования эксплуатационных затрат на функционирование инфраструктурного объекта топливно- энергетического обеспечения .....	243
3.4 Методы исследования параметров состояния и функционирования производственно-технической базы, обеспечивающей поддержание парка эксплуатируемых транспортных средств в исправном состоянии .....	252
3.4.1 Аналитические исследования технологических параметров функционирования подразделений производственно-технической базы транспортных и сервисных предприятий .....	252
3.4.2 Натурные исследования затрат не пропорциональных объёмам выполняемых работ и параметров энергопотребления подразделений производственно-технической базы транспортных и сервисных предприятий .....	254
3.5 Выводы по разделу.....	257
<b>4 ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ СТРУКТУРНЫХ ЧАСТЕЙ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО НАЗЕМНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА .</b>	<b>259</b>
4.1 Области эффективного применения категорий транспортных средств на маршрутах системы городского наземного пассажирского транспорта.....	259
4.2 Закономерности, определяющие формирование структурных параметров парка эксплуатируемых транспортных средств с учётом экологического ущерба .....	268
4.3 Результаты аналитических исследований технологических и технико-экономических параметров функционирования	

структурных элементов зарядно-заправочной инфраструктуры .....	281
4.3.1 Результаты аналитических исследований структурных параметров инвестиционных вложений на создание инфраструктурного объекта топливно-энергетического обеспечения.....	281
4.3.2 Результаты анализа технологических характеристик инфраструктурных объектов топливно-энергетического обеспечения .....	285
4.3.3 Результаты исследования эксплуатационных затрат на функционирование инфраструктурных объектов топливно-энергетического обеспечения .....	290
4.4 Результаты исследования факторов, определяющих структурные параметры производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта .....	301
4.4.1 Описание выборки исследуемых предприятий .....	301
4.4.2 Результаты анализа технико-экономических показателей функционирования производственно-технической базы выборки предприятий.....	303
4.4.3 Результаты исследования постоянных затрат на функционирование производственных подразделений .....	304
4.4.4 Результаты исследования затрат на содержание производственно-технической базы не пропорционально зависящих от объёма выполняемых работ. ....	307
4.4.5 Результаты исследования затрат, имеющих линейную зависимость от объёма работ по ТО и ремонту транспортных средств .....	309
4.4.6 Расчёт значений объёмов работ, определяющих целесообразность включения производственных подразделений в состав производственно-технической базы автотранспортных предприятий.....	314
4.5 Верификация разработанной математической модели .....	318
4.6 Выводы по разделу.....	324

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	326
5.1 Описание системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга .....	326
5.2 Оптимизация структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга.....	328
5.3 Оптимизация инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга.....	332
5.4 Оптимизация структурных параметров производственно-технической базы предприятий системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга .....	337
5.5 Итоговые показатели оптимизации структурных параметров подсистем системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга.....	344
5.6 Выводы по разделу.....	346
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	349
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	353
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	380
Приложение 1 .....	381
Приложение 2 .....	386
Приложение 3 .....	391

## ВВЕДЕНИЕ

Продуктивную жизнь современного города невозможно представить без эффективно функционирующего наземного пассажирского транспорта. Городской общественный транспорт является сложной логистической системой, включающей в себя разнородные структурные элементы, взаимодействие и состояние которых определяют эффективность транспортного процесса. Рациональная организация функционирования городского наземного транспорта является сложной задачей, включающей в себя необходимость оптимизации его структуры.

Одной из проблем системы городского пассажирского транспорта, характерной для многих городов, является разобщённость, не согласованность состояния и функционирования его структурных элементов. В результате этого возникают проблемы, обусловленные недостаточно высокими показателями эффективности эксплуатации парка транспортных средств; не сбалансированностью и недостаточной эффективностью функционирования производственно-технической базы транспортных и сервисных предприятий; отсутствием условий для внедрения альтернативных технологических схем топливно-энергетического обеспечения транспортного процесса, отличающихся более высокими экологическими и технико-экономическими показателями.

Рациональная организация системы городского наземного пассажирского транспорта требует разработки взаимосвязанных мер, направленных на оптимизацию ключевых параметров его структурных компонентов: подвижного состава; производственно-технической базы и системы топливно-энергетического обеспечения.

Результатом рациональной организации функционирования системы городского пассажирского наземного транспорта является снижение совокупных затрат на удовлетворение транспортных потребностей населения, уменьшение экологической нагрузки на городскую среду,

повышение доступности и привлекательности городского общественного транспорта для населения.

Основываясь на вышеизложенном, можно утверждать, что разработка научных основ определения оптимальных структурных параметров системы городского пассажирского наземного транспорта, как макроуровневой логистической системы с единым комплексным показателем эффективности, содержащих теоретические и методологические положения оптимизации структурных параметров ключевых подсистем, является актуальной научной и прикладной задачей, определившей тему научного исследования.

Содержание диссертации соответствует направлениям исследований паспорта научной специальности 2.9.5. «Эксплуатация автомобильного транспорта» по следующим пунктам: 2. «Совершенствование планирования, организации и управления перевозками пассажиров и грузов, технического обслуживания, ремонта и сервиса автомобилей с использованием программно-целевых и логистических принципов, методов оптимизации»; 16. «Развитие инфраструктуры перевозочного процесса, обеспечение ее физической, информационной и социально-экономической доступности, технической эксплуатации и сервиса»; 21. «Применение альтернативных топлив и источников энергии на автомобильном транспорте, их влияние на перевозочный процесс и техническую эксплуатацию».

**Объектом исследования** являются процессы функционирования системы городского пассажирского наземного транспорта, формируемые с учётом взаимосвязей подсистем на основе принципов определяющих согласованность их развития.

**Предметом исследования** закономерности влияния состояния и функционирования подсистем на эффективность системы городского пассажирского наземного транспорта.

**Методы исследования** – в процессе выполнения диссертационной работы были использованы: теория технической эксплуатации автомобилей; методы технико-экономического анализа; теория эксплуатационных свойств

автомобилей; теория вероятности; методы математического анализа; теория управления социально-техническими системами; методы проектирования логистических систем; аналитические и численные методы в планировании эксперимента и инженерном анализе.

**Теоретическая значимость** результатов диссертационного исследования заключается в том, что разработанные научные положения являются вкладом в изучение закономерностей влияния структурных параметров наземного городского пассажирского транспорта на показатели эффективности его функционирования.

**Практическая значимость** полученных результатов заключается в разработанном комплексе методик взаимодействия подсистем городского пассажирского наземного транспорта, позволяющих определить их оптимальные структурные параметры, что обеспечивает заданную эффективность перевозки пассажиров.

Внедрение результатов исследования позволит:

- повысить качество транспортного обслуживания населения по параметрам экологичности и финансовой доступности;
- снизить объёмы суммарных выбросов токсичных веществ и парниковых газов, производимых в процессе функционирования системы городского пассажирского транспорта;
- создать условия сбалансированного развития системы наземного городского пассажирского транспорта, как макроуровневой логистической системы, на основе определения оптимальных значений структурных параметров.

Практическая значимость результатов исследования подтверждена актами внедрения:

- в министерстве строительства, жилищно-коммунального, дорожного хозяйства и транспорта Оренбургской области при определении оптимальных структурных параметров системы наземного автомобильного пассажирского транспорта для разработки перспективных планов развития

транспортных систем Оренбургской области и муниципальных образований на её территории;

- в министерстве экономического развития, промышленной политики и торговли Оренбургской области, методики расчёта затратной и доходной частей при перевозках пассажиров автомобильным транспортом по садоводческим маршрутам города Оренбурга;

- в МКП «Оренбургские пассажирские перевозки» методов управления структурными параметрами производственных систем: парком транспортных средств и производственно-технической базой предприятия;

- в ассоциации перевозчиков Оренбурга методологии определения структурных параметров подсистем системы городского пассажирского наземного транспорта;

- в учебный процесс ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» разработанных методик при подготовке бакалавров и специалистов по направлениям: 23.03.01 «Технология транспортных процессов», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

**Положения, обладающие научной новизной и выносимые на защиту:**

- модель функционирования системы городского пассажирского наземного транспорта, отличающаяся наличием взаимосвязей подсистем, обеспечивающих согласованность их развития, оцениваемая комплексным показателем эффективности;

- модель и методика определения структуры парка транспортных средств системы городского пассажирского наземного транспорта, отличающиеся от известных тем, что базируются на совокупном учёте параметров транспортного процесса, эффективности использования не возобновляемых источников энергии различными категориями подвижного

состава, организации работ по техническому обслуживанию и ремонту, инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения;

- многомерные области эффективного применения пассажирских транспортных средств с учётом их категорий и классов, годового объёма перевозок, длины маршрута, способа энергетического обеспечения, построенные на основе значений комплексного показателя эффективности транспортного процесса;

- методика определения оптимального состояния инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения, отличающаяся учётом взаимного влияния структуры, интенсивности эксплуатации и территориального расположения парка подвижного состава, используемого вида энергоносителя, позволяющая определить количество заправочных (зарядных) станций, их производительность и территориальное расположение;

- модель и методика оптимизации структурных параметров производственно-технической базы системы городского пассажирского наземного транспорта, отличающиеся минимизацией затрат на выполнение работ по поддержанию транспортных средств в исправном состоянии, производимой исходя из результатов технико-экономического обоснования параметров кооперации транспортных и сервисных предприятий;

- условия выбора способа организации технического обслуживания и ремонта подвижного состава на базе транспортных или сервисных предприятий по видам работ в зависимости от численности и категорий подвижного состава транспортного предприятия.

Достоверность полученных результатов подтверждается тем, что теоретическая часть работы построена на основе синтеза теоретических положений известных и общепризнанных научных исследований. Полученные аналитические и экспериментальные данные согласуются с результатами ранее выполненных исследований. Результаты натурных исследований получены на выборках объектов, представительность и

репрезентативность которых доказана общепризнанными методами. Положительными результатами проверки всех полученных в результате исследования данных на валидность. Воспроизведимостью результатов. Совпадением с результатами, представленными в других независимых источниках.

**Основные результаты исследования** доложены и обсуждены на научных конференциях:

- *международных*: «Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации» (Оренбург, 2010 г.); «Транспортные и транспортно-технологические системы» (Тюмень, 2010, 2017 гг.); «Проблемы функционирования систем транспорта» (Тюмень, 2010 г.); «Прогрессивные технологии в транспортных системах» (Оренбург, 2011, 2013, 2015, 2018, 2019, 2021, 2022 гг.); «Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса» (Орёл, 2014 г.); «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплекс: проблемы, перспективы, инновации» (Омск, 2017 г.); «Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы» (Ульяновск, 2019 г.); «Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса» (Ростов на Дону, 2019 г.); «Прогрессивные технологии в транспортных системах: Евразийское сотрудничество» (Оренбург, 2020 г.);

- *национальных*: «Прогрессивные технологии в транспортных системах» (Оренбург, 2007, 2009 гг.); «Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика» (Пермь, 2013 г.); «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика» (Воронеж, 2015 г.); «Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики» (Омск, 2017 г.); «Достижения вузовской науки: от теории к практике» (Оренбург, 2019 г.); «Устойчивое развитие территорий: теория и практика» (Сибай, 2019 г.); «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры» (Оренбург, 2020 г.).

Основные результаты диссертации получены при выполнении госбюджетных научно-исследовательских работ на темы: «Совершенствование организации и управления перевозками грузов и пассажиров автомобильным транспортом» (№ гос. регистрации: 01200902668, 2009 – 2020 гг.), «Повышение эффективности и безопасности городских пассажирских перевозок» (№ гос. регистрации: 01200902666, 2010 – 2020 гг.), «Повышение эффективности работы автотранспортного комплекса на основе использования газомоторных топлив» (№ гос. регистрации: AAAA-A18-118102490043-5, 2019 г. по настоящее время).

По теме диссертации опубликованы 54 научных работ, в числе которых 25 статей в журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК. 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Автор выражает глубокую признательность за консультирование научной работы доктору технических наук, профессору Н.Н. Якунину, за вклад в исследования и публикации своим коллегам: Тищенко А.С., Шахалевичу Г.А., Фаттаховой А.Ф., Калимуллину Р.Ф., Якуниной Н.В., Филиппову А.А., Шайлину Р.Т., Горбачёву С.В.

# 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

## 1.1 Анализ методов определения структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского пассажирского транспорта

Эффективность функционирования практически любой сложной социально-технической системы, в том числе, системы городского пассажирского наземного транспорта, во многом определяется сбалансированным состоянием его структурных элементов, соответствием их функциональных и технологических параметров характеру решаемых задач, объёмам выполняемых работ и внешним условиям, определяемым параметрами среды функционирования.

Основными структурными элементами системы городского пассажирского транспорта, определяющими его ключевые функциональные характеристики, являются: подвижной состав (транспортные средства) и инфраструктурный комплекс, обеспечивающий функционирование транспортных средств в заданных условиях.

Инфраструктурный комплекс, в свою очередь, включает в себя:

- комплекс объектов, формирующих производственно-техническую базу транспортных и сервисных предприятий;
- систему топливно-энергетического обеспечения, снабжающую подвижной энергоресурсами, необходимыми для выполнения транспортной работы.

Парк транспортных средств, обслуживающий маршруты системы городского пассажирского транспорта является верхнеуровневым структурным элементом, параметры которого определяют характеристики инфраструктурного комплекса, обеспечивающего его функционирование.

В условиях сформированной улично-дорожной и маршрутной сети, в заданной топографической и климатической среде городской территории, оптимальные структурные параметры парка, обслуживающего каждый городской пассажирский маршрут, определяются объёмом выполняемой транспортной работы, её распределением по времени и заданными требованиями к качеству транспортного обслуживания населения.

Структура парка транспортных средств системы городского пассажирского транспорта может быть описана и оптимизирована по таким параметрам, как вид транспорта, категория транспортных средств (пассажировместимость) и их численность.

Методы организации городских пассажирских перевозок и управления городским пассажирским транспортом являются объектами исследования научных школ Волгограда, Санкт-Петербурга, Саратова, Москвы, Оренбурга и других. Вопросы функционирования городских пассажирских транспортных систем и транспортного обслуживания населения рассмотрены в работах отечественных и зарубежных учёных: Л.Л. Афанасьева, В.Н. Баскова, Г.В. Бойко, А.А. Богомолова, А.В. Вельможина, П.П. Володькина, Е.П. Володина, В.Д. Герами, А.Э. Горева, В.А. Гудкова, В.В. Дедюкина, В.В. Зырянова, И.С. Ефремова, Д.Б. Ефименко, М.Е. Корягина, В.М. Курганова, А.Е. Кравченко, О.Н. Ларина, В.С. Лукинского, Л.Б. Миротина, А.Н. Новикова, Д.М. Новосёлова, В.И. Рассохи, И.Н. Пугачева, Э.А. Сафонова, И.В. Спирина, А.И. Фадеева, С.А. Ширяева, М.Р. Якимова, Н.В. Якуниной, Н.Н. Якунина и др. [16, 21, 22, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 42, 49, 50, 51, 52, 56, 57, 59, 61, 62, 69, 70, 73, 88, 90, 93, 94, 97, 98, 112, 115, 120, 121, 126, 127, 133, 134, 153, 154, 162, 172, 173, 201, 211, 212, 214, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 231, 232, 233].

В научных работах Г.В. Бойко [22] представлена методика оптимизации структуры парка городского пассажирского транспорта, основанная на использовании комплексного критерия, учитывающего

удовлетворённость спроса на перевозки, экологичность транспортного процесса и безопасность дорожного движения. Предложенный автором подход предполагает комплексный учёт множества дополнительных факторов, к числу которых относятся: регулярность движения, комфортность перемещения, скорости сообщения и др. Для выполнения такой проверки автором произведена разработка специальных программных средств, использование которых позволяет определить оптимальные структурные параметры парка, выполнить прогнозирование возможности распределения пассажирских потоков между видами городского пассажирского транспорта, определить характер взаимодействия транспорта в крупных пассажирообразующих и пересадочных пунктах.

Научные труды А.А. Богомолова [21] посвящены решению вопросов, связанных с оптимизацией маршрутов городского пассажирского транспорта. Работы учёного охватывают все этапы проектирования маршрутной сети, включающие в себя: обследование пассажиропотоков, расчёт основных параметров маршрутной сети, их оптимизацию и оценку эффективности проектных решений. Структура парка, в свете решения поставленной задачи, рассматривается как переменная величина, исследование которой выходит за рамки решаемых задач.

Большинство научных работ И.В. Спирина [172 ,173] посвящено вопросам комплексной реструктуризации городского автобусного транспорта. В этих работах систематизированы нормативные требования по организации и управлению перевозками пассажиров городским транспортом. Описан методологический подход к комплексной реструктуризации городского автобусного транспорта, исследованы проблемы качества транспортного обслуживания городского населения, рассмотрены вопросы обеспечения надёжности работы автобусного транспорта. Рассмотрены эксплуатационные качества подвижного состава, методы определения потребности в поездках, принципы организации маршрутной системы и линейной работы на маршрутах. Приведены рекомендации по комплексной

реструктуризации городского автобусного транспорта.

Работы В.А. Гудкова, Л.Б. Миротина, С.А. Ширяева [49, 51, 120, 134] направлены на решение проблем в области организации работы пассажирского транспорта в условиях городских, пригородных, международных и междугородных перевозок. В трудах этих учёных содержится информация о методах решения вопросов, связанных с диспетчерским руководством, тарифной политикой, контролем и управлением городским пассажирским транспортом.

Публикации Г.А. Варелопуло [27] представляют собой исследование теоретических и практических аспектов организации движения и перевозок на городском пассажирском транспорте. Опираясь на богатый опыт практической деятельности, автор рассматривает основные проблемы функционирования городского транспорта, а именно: оптимизацию работы системы городского наземного пассажирского транспорта, управление графиками движения и обеспечение безопасности транспортного процесса. Труды Г.А. Варелопуло содержат теоретическое обоснование и практические примеры эффективного использования транспортных средств, описание основных методов организации движения городского пассажирского транспорта и приемы их практической реализации.

Научные работы Н.Н. Якунина и Н.В. Якуниной [216, 217, 218, 219, 220, 221] посвящена разработке теоретических основ и алгоритмов практического применения методологии повышения качества перевозок пассажиров общественным автомобильным транспортом. В работах предложен комплекс математических моделей и методик определения структурных параметров подвижного состава системы городского наземного пассажирского транспорта. Предлагаемый авторами методический поход основан на представлении о возможности улично-дорожной сети пропускать пассажиропотоки, исходя из «динамического габарита пассажира», перевозимого транспортным средством определённой категории и пассажировместимости.

Совокупность результатов рассмотренных научных исследований формируют прочную научную базу, определяющую состояние и перспективы развития пассажирского транспорта. Тем не менее, выполненный литературный обзор и проведённый анализ методов структурного построения позволили выявить ряд проблем, как системного, так и локального характера не разрешённых в полной мере.

На практике формирование парка, имеющего оптимальные структурные параметры и обеспечивающего максимальную эффективность транспортного процесса, затруднено наличием проблем организационного, методического, нормативно-правового и финансового характера. Кроме того, процесс формирования парка транспортных средств, обслуживающих городские пассажирские маршруты, целесообразно рассматривать с позиций комплексного подхода, с учётом текущего состояния и перспектив развития инфраструктурного комплекса, включающего в свой состав, наряду с улично-дорожной сетью, производственно-техническую базу, обеспечивающую работоспособность транспортных средств и систему топливно-энергетического обеспечения. Задача обеспечения комплексного подхода к формированию оптимальных структурных параметров системы городского наземного пассажирского транспорта усложняется наличием значительного количества обособленных структурных звеньев, функционирование которых определяется собственными локальными целями не согласованными, как между собой, так и с генеральной целью, определяющей вектор развития пассажирского транспорта, как единой системы. Схема, иллюстрирующая сложившийся порядок взаимодействия элементов системы городского наземного пассажирского транспорта приведена в работе Н.В. Якуниной [219].

Исходя из подхода, реализуемого в данном исследовании, и характера решаемых задач, схему, представленную в диссертационном исследовании Н.В. Якуниной [219] целесообразно дополнить блоками, представляющими ресурсы внешней среды, привлекаемыми перевозчиком для реализации

транспортного процесса. Такими блоками являются элементы инфраструктурного комплекса, включающие в свой состав производственно-техническую базу сервисных предприятий, и инфраструктурные составляющие системы топливно-энергетического обеспечения.

Взаимодействие элементов системы городского пассажирского транспорта, в рамках рассматриваемой системы, во многом регламентируется серией нормативных документов различного уровня. Одним из таких системообразующих документов, регламентирующим правовые отношения в области организации регулярных перевозок, является Федеральный закон «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные акты Российской Федерации» [190].

Законом определены права, полномочия и обязанности каждого субъекта, участвующего в работе системы городского пассажирского транспорта. Учитывая высокую социальную значимость городского пассажирского транспорта, законом предусмотрена возможность организации перевозок по регулируемым и не регулируемым тарифам. Определён порядок установления регулируемых тарифов, организация перевозок по нерегулируемым тарифам, установлен порядок выдачи свидетельств об осуществлении перевозок, определены условия проведения открытого конкурса на осуществление перевозок по маршруту регулярных перевозок, регламентированы многие другие вопросы, связанные с осуществлением рассматриваемого вида деятельности.

Основные стороны, осуществляющие взаимодействие в рамках рассматриваемой системы: городское население (потребитель услуг) и хозяйствующие субъекты, обеспечивающие функционирование системы, (производитель услуг). Существует определённая разнонаправленность интересов обозначенных сторон, исходя из того, что целью хозяйствующих субъектов является получение прибыли, а целью населения является

удовлетворение транспортных потребностей при обеспечении необходимого уровня качества. Очевидно, что в подавляющем большинстве случаев, реализация мероприятий направленных на повышение качества транспортного обслуживания населения связана с необходимостью инвестирования денежных средств, что приводит к повышению себестоимости перевозок и уменьшению прибыли.

Регулирование данного противоречия реализовано на основе положений социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом, утверждённым распоряжением Министерства транспорта РФ от 31 января 2017 г. № НА-19-р [155]. Стандарт носит рекомендательный характер и устанавливает требования к качеству транспортного обслуживания населения по таким показателям, как: доступность, регулярность, надёжность, экологичность и ряд других.

Но, следует отметить, что существующая нормативная база, регулирующая данный вид деятельности, не обеспечивает формирование городского наземного пассажирского транспорта, как единой системы, деятельность всех элементов которой направлена на достижение генеральной цели.

Для большинства научных исследований, рассматривающих вопросы повышения эффективности системы городского пассажирского транспорта, характерен аналогичный подход, предполагающий оптимизацию состояния одного из структурных элементов при фиксированных или оптимизированных параметрах других структурных составляющих. При этом, система городского пассажирского транспорта, как правило, не рассматривается, как единая макроуровневая логистическая система, в рамках которой максимальный эффект достигается за счёт сбалансированного состояния структурных элементов, в совокупности обеспечивающих максимальное значение обобщённого комплексного

показателя эффективности.

Исходя из этого, сформулирована научная и прикладная задача, заключающаяся в разработке комплекса методик определения структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского пассажирского транспорта, исходя из объёмов транспортной работы и её распределения по времени, с учётом сформированных требований к качеству транспортного обслуживания населения. Совокупность разработанных методов реализуется в рамках макроуровневой логистической системы, включающей в свой состав ключевые инфраструктурные системы: производственно-техническую базу производств, обеспечивающих исправное состояние парка транспортных средств и систему топливно-энергетического обеспечения.

## **1.2 Оценка экологических показателей функционирования городских пассажирских транспортных систем**

Традиционно, в качестве основных источников энергии в рамках транспортных систем применяются: жидкое топливо нефтяного происхождения (бензин, дизельное топливо); газомоторные топлива (метан, смесь пропана и бутана); электроэнергия. В качестве альтернативных источников энергии в последние десятилетия активно рассматриваются: биотопливо, водород, эфиры и спирты (этанол и метанол). Разнообразие технологических схем энергопотребления обусловлено реализацией различных методов хранения энергоносителей, как на борту транспортного средства, так и в системе топливно-энергетического обеспечения; методов передачи энергоносителя от поставщика к потребителю (транспортному средству); методов трансформации энергоносителя. В качестве дополнительных факторов, формирующих технологические схемы энергопотребления целесообразно рассмотреть тип трансмиссии, определяющий способ передачи энергии от энергетической установки на

борту транспортного средства к движителю и тип движителя, определяющий энергетические потери на перемещение транспортного средства.

Исходя из обозначенных факторов, существует традиционное разделение городского наземного пассажирского транспорта на «виды». По типу движителя различают безрельсовые (автобус, троллейбус) и рельсовые (трамвай) виды городского пассажирского транспорта. Так же существует разделение городского пассажирского транспорта на виды исходя из типа применяемого энергоносителя, разделяют автотранспортные и электротранспортные виды городского пассажирского транспорта.

#### 1.2.1 Оценка экологических показателей функционирования автотранспортных средств

Автомобильный транспорт, как правило, является одним из основных источников загрязнения атмосферы современных городов, исходя из этого установлена целесообразность включения экологических показателей в число факторов, определяющих формирование структурных параметров подсистем городского пассажирского наземного транспорта.

Проблемы повышения экологической безопасности и энергетической эффективности транспортных средств тесно взаимосвязаны между собой. Обоснованность применения альтернативных видов энергоносителей во многом определяется экологическими показателями, реализуемых физических и технологических процессов.

Исходя из единства экологических и энергетических аспектов эксплуатации транспортных средств, при проведении литературного обзора рассмотрены научные труды и нормативные документы в области транспортной экологии. К числу таких работ относятся труды В.К. Азарова, А.В. Васильева, Е.М.Зозулина, В.В. Донченко, А.А. Ипатова, Ю.И. Кунина, В.Ф. Кутенева, В.Н. Ложкина, О.В. Ложкиной, А.В. Рузского, И.Ф. Сулейманова, Ю.В. Трофименко, А.А. Филиппова, В.Н. Щербакова,

М.Р. Якимова и других авторов [4, 5, 6, 103, 104, 119, 128, 150, 159, 185, 197, 205, 215].

Повышение экологических показателей эксплуатации транспортных систем осуществляется в рамках стратегии экологической безопасности Российской Федерации, утверждённой указом президента № 176 от 19 апреля 2017 года [135]. Нормативная база, обеспечивающая регулирование экологических показателей транспортных систем, включает в себя: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Об охране окружающей среды» [191]; Федеральный закон от 04 мая 1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» [192]; ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств [181] и ряд других документов [37, 142, 147, 156, 194].

Названные выше нормативы разработаны в отношении всех транспортных средств, эксплуатируемых на территории Российской Федерации. Дополнительно, непосредственное регулирование экологических показателей функционирования системы городского наземного пассажирского транспорта осуществляется исходя из требований социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом [155]. Стандартом определено, что все транспортные средства, осуществляющие перевозку пассажиров в рамках системы городского пассажирского транспорта должны соответствовать экологическому классу ЕВРО-4 и выше. При расчёте итогового показателя качества транспортного обслуживания населения учитывается доля транспортных средств, соответствующих указанному требованию. Кроме того, следует отметить, что основные положения социального стандарта носят рекомендательный характер.

Анализ основных положений действующих нормативов позволяют сделать предварительный вывод о том, что, несмотря на возрастающую значимость экологических проблем, наличие международных,

государственных и региональных программ, направленных на их решение, отсутствуют жёсткие ограничения, обеспечивающие однозначное нормирование выбросов в рамках городских транспортных систем.

Применительно к системе городского пассажирского транспорта, ограничения устанавливаются путём нормирования экологического класса транспортных средств, обслуживающих регулярные городские маршруты. В соответствии с требованиями технического регламента таможенного союза, с 2019 года до начала 2022 года было ограничено производство и ввоз в страну транспортных средств экологических классов ниже ЕВРО-5. Положения социального стандарта так же стимулируют применение транспортных средств высоких экологических классов, но не устанавливают прямой запрет. Исходя из этого, в рамках действующих норм, возможен выпуск на линию транспортных средств низших экологических классов

Следует обратить внимание на то, что применяемые методы нормирования экологических показателей работы городского пассажирского транспорта базируются на установленных предельных значениях пробеговых выбросов транспортных средств, что соответствует общей логике экологических стандартов ЕВРО. Недостатком данного подхода является выведение за рамки нормирования вопросов организации транспортного процесса, в частности, вопросов подбора категорий и классов транспортных средств, обеспечивающих минимальное воздействие на окружающую среду, нормируемое в удельных величинах, определяемых как экологический ущерб, приходящийся на одного перевезённого пассажира.

Исходя из остроты обозначенных проблем и существующих пробелов в плане нормативного обеспечения, вопросы повышения экологической безопасности транспортных систем являются объектом исследования многих научных школ и отдельных исследователей. В частности, решению вопросов оценки и снижения экологического ущерба от работы городских транспортных систем посвящены труды Л.Л. Абржиной, В.К. Азарова, А.В. Васильева, А.И. Артемникова, В.А. Гинзбурга, С.М. Зайнулина, М.С.

Зеленова, В.М. Лытова, Е.Р. Магарил, О.Е. Медведевой, В.Ф. Кутенева, Ю.В. Трофименко и других авторов [1, 4, 5, 6, 11, 114, 150].

В соответствии с материалом, изложенным в работах указанных авторов, экологический ущерб, формируемый в результате эксплуатации пассажирских автотранспортных средств, целесообразно определять как сумму, включающую в себя следующие слагаемые:

- ущерб от выброса токсичных веществ;
- ущерб от выброса парниковых газов;
- ущерб в результате использования природных ресурсов на техногенные цели.

Для сопоставления результатов, полученных в отношении различных видов транспорта и категорий транспортных средств, целесообразно определить относительный ущерб, отнесённый к общему объёму перевозок пассажиров за расчётный период:

$$\mathcal{E}K_{\Sigma 1} = \frac{\sum Y\mathcal{E}_{TB} + \sum Y\mathcal{E}_{PAP} + \sum Y\mathcal{E}_{PP}}{O\Pi_T}, \quad (1.1)$$

где  $\sum Y\mathcal{E}_{TB}$  – суммарный ущерб от выброса токсичных веществ, производимый вследствие движения транспортных средств и функционирования системы топливно-энергетического обеспечения, руб.;

$\sum Y\mathcal{E}_{PAP}$  – суммарный ущерб от выброса парниковых газов, производимый вследствие движения транспортных средств и функционирования системы топливно-энергетического обеспечения, руб.;

$\sum Y\mathcal{E}_{PP}$  – суммарный ущерб от использования природного ресурса на техногенные цели, руб.;

$O\Pi_T$  – общий объём перевозок за период времени  $T$ , пасс.

Порядок организации работ по определению пробеговых выбросов токсичных веществ для транспортных средств различных категорий и

экологических классов утверждён распоряжением Росприроднадзора от 01.11.2013 № 6-р (ред. от 13.12.2019) «Об утверждении Порядка организации работ по оценке выбросов от отдельных видов передвижных источников» [156].

В соответствии с данным нормативом, для оценки воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду производится расчёт выбросов следующих токсичных веществ:

- оксид углерода (CO);
- оксиды азота, в пересчете на двуокись азота ( $\text{NO}_x$ );
- твердые частицы в пересчете на углерод (сажа) (C);
- диоксид серы ( $\text{SO}_2$ );
- метан ( $\text{CH}_4$ );
- неметановые летучие органические соединения (ЛОСНМ);
- аммиак ( $\text{NH}_3$ ).

В качестве передвижных источников выбросов рассмотрены автотранспортные средства категории М1, М2, М3, Н1, Н2, Н3 использующие в качестве топлива бензин, дизельное топливо, сжиженный нефтяной газ и компримированный природный газ. Содержащийся в документе справочный материал позволяет выполнить расчёт объёма выбросов вышеуказанных токсичных веществ для транспортных средств экологических классов от 0 (ЕВРО-0) до 5 (ЕВРО-5), эксплуатируемых в населённых пунктах с различной численностью населения. Результатом расчёта, выполненного в соответствии с утверждённым порядком, являются общие массовые выбросы, определённые по каждому из рассматриваемых токсичных веществ. Очевидно, что структурный состав парка транспортных средств и вид используемого энергоносителя в значительной степени влияют на объём и структурный состав образующихся выбросов.

Для сравнительной оценки негативных последствий, обусловленных структурными параметрами парка эксплуатируемых транспортных средств, целесообразно произвести расчёт экологического ущерба, наносимого

окружающей среде, в результате выполнения заданного объёма транспортной работы парком с различными структурными параметрами. Изменения структуры парка, приводящие к снижению негативного воздействия на окружающую среду, можно рассматривать как мероприятия по предотвращению экологического ущерба. Для решения данной задачи может быть использована «Временная методика определения предотвращённого экологического ущерба», разработанная коллективом авторов под общим руководством Л.В. Вершкова, В.Л. Грошева, В.В. Гаврилова, Н.Н. Бурцевой, и утверждённая председателем Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды В.И. Даниловым-Даниляном 09 марта 1999 г. [37]. В соответствии с данной методикой, расчёт экологического ущерба производится исходя из массы выброса каждого из рассматриваемых веществ с учётом его эколого-экономической опасности и экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха территорий экономических районов России.

Другим критерием, определяющим экологическую эффективность систем топливно-энергетического обеспечения городского пассажирского транспорта, является объём выбросов парниковых газов.

Парниковыми являются газы с высокой прозрачностью в видимой части спектра светового излучения и с высокой поглощающей способностью излучения в инфракрасных диапазонах. Присутствие и накопление этих газов в атмосфере приводит к парниковому эффекту и глобальному потеплению климата [1, 20, 193].

Учитывая возрастающие темпы климатических изменений, связанные с этим экологические и социально-экономические проблемы, фактор эмиссии парниковых газов целесообразно рассматривать, в качестве одного из критериев при определении оптимальных структурных параметров системы городского пассажирского транспорта.

Противодействие глобальным процессам изменения климата осуществляется на основе положений рамочной конвенции Организации

Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН) и Парижского соглашения, участником которых является Российская Федерация. С целью выполнения Российской Федерации своих международных обязательств по Парижскому соглашению, в 2021 году Государственной Думой принят Федеральный закон № 296-ФЗ «Об ограничениях выбросов парниковых газов» [132, 193], утвержден ряд методических документов и подзаконных актов.

Согласно основным положениям действующих нормативов, перечень парниковых газов, подлежащих учету на территории РФ, включает в себя:

- двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ );
- метан ( $\text{CH}_4$ );
- закись азота ( $\text{N}_2\text{O}$ );
- гидрофтоглероды (ГФУ);
- перфторуглероды (ПФУ);
- гексафторид серы ( $\text{SF}_6$ );
- трифторид азота ( $\text{NF}_3$ ).

Ряд химических соединений из данного списка составляют основу продуктов сгорания углеводородных топлив.

Федеральным законом № 296-ФЗ введено понятие «регулируемые организации» - хозяйствующие субъекты, деятельность которых сопровождается выбросами парниковых газов в количестве, эквивалентном 150 тыс. т и более углекислого газа в год. После разработки, апробации и внедрения систем мониторинга эмиссии парниковых газов (01.01.2024), планируется расширение перечня «регулируемых организаций» за счёт снижения порогового уровня до 50 тыс. т углекислого газа. В этом случае, к «регулируемым организациям» могут быть отнесены предприятия, непосредственно входящие в состав или обеспечивающие функционирование системы городского пассажирского транспорта.

В настоящее время система ограничительных мер, направленных на сокращение выбросов парниковых газов, находится в стадии доработки и

апробации. Общий принцип ограничительных мер основан на установлении квот по выбросам парниковых газов для регулируемых организаций, и взимании платы за превышение данных квот. В настоящее время, в плане реализации данных мероприятий принято Постановление Правительства Российской Федерации от 18.08.2022 № 1441 «О ставке платы за превышение квоты выбросов парниковых газов в рамках проведения эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов на территории Сахалинской области» [143].

Основным компонентом, содержащимся в выбросах, образуемых при сгорании углеводородных топлив, является углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ). Этот газ, являясь не токсичным, в соответствии с международными нормами, относится к категории парниковых газов. По мнению учёных, занимающихся решением экологических проблем [1, 20, 114], под экологическим ущербом от выбросов парниковых газов техногенного происхождения понимается денежная оценка негативных изменений в окружающей среде, в результате поступления в атмосферный воздух углекислого газа. Экологический ущерб от выбросов углекислого газа включает в себя: потери, вызванные «парниковым эффектом», затраты на восстановление и поддержание нормального состояния атмосферного воздуха, затраты на ликвидацию последствий климатических изменений.

В качестве оценочного показателя экологического ущерба от выброса одной тонны углекислого газа принята стоимость квоты на европейском рынке в рублёвом эквиваленте. Данная оценка отражает взаимное сочетание множества факторов, в том числе, в том числе, позволяет учесть тот факт, что стоимость одной тонны углекислого газа на рынке торговли квотами формируется под влиянием рыночных механизмов.

Представленные данные являются основой для оценки экологических характеристик городских пассажирских электротранспортных систем. В качестве базы для сравнения целесообразно принять эколого-энергетические характеристики современных городских автобусов, как одного из

традиционных и наиболее распространённых видов городского пассажирского транспорта.

Одним из факторов, оказывающим существенное влияние на величину пробеговых выбросов, и учитываемым в принятой методике [142], является скорость движения транспортных средств. Средние скорости движения различных категорий транспортных средств, относимых к различным видам городского пассажирского транспорта, определены в работах С.В. Баловнева, Г.В. Бойко, П.П. Володькина, В.А. Гудкова, О.Н. Ларина, А.Ф. Фаттаховой [22, 34, 51, 61, 98]. Анализ информации, представленной в данных работах, позволил выявить обобщённые значения для условий движения без реализации специальных мероприятий, направленных на обеспечение приоритетного движения городского общественного транспорта.

Любая окислительная реакция (сгорание топлива) сопровождается процессом химического связывания кислорода и изъятия его из атмосферы [193], исходя из этого, в окружающей среде происходят негативные изменения, связанные с данными процессами. Методы оценки экологического ущерба от потребления кислорода представлены в работе Д.И. Щербакова [193]. Потребление кислорода определено на основе стехиометрических соотношений, характеризующих процесс полного сгорания рассматриваемых видов топлив. Удельный ущерб принят исходя из значения восстановительной стоимости одной тонны кислорода, скорректированной с учётом коэффициента инфляции.

По результатам литературного обзора можно сделать предварительный вывод о том, что, несмотря на значительный объём проведённых исследований и наличия развитой методической базы, отсутствует сбалансированный концептуальный подход, позволяющий оценить экологические показатели работы парка транспортных средств, обладающего регулируемыми структурными параметрами и осуществляющего перевозку заданного количества пассажиров в рамках системы городского пассажирского транспорта.

## 1.2.2 Оценка экологических показателей функционирования электротранспортных средств

Традиционно, городской пассажирский электротранспорт рассматривается в качестве эффективной экологически чистой альтернативы городским автобусам. Большинство городских пассажирских электротранспортных систем нашей страны были сформированы в середине прошлого века, чему в немалой степени способствовал и централизованный характер общественного производства в условиях плановой экономики. По числу таких систем и по общей протяжённости маршрутов Российская федерация до сих пор занимает первое место в мире [184].

Но, в последние десятилетия наметилась устойчивая тенденция сокращения численности наземных электротранспортных систем, замены троллейбуса и трамвая другими видами городского общественного транспорта. Такая тенденция обусловлена рядом объективных причин:

- значительно возросший уровень автомобилизации городского населения, породивший комплекс транспортных проблем;
- децентрализация экономической системы страны, сворачивание государственных программ финансирования, передача городского общественного транспорта разрозненным хозяйствующим субъектам;
- технологическое, конструктивное и организационное совершенствование городских автобусных транспортных систем [184].

Ключевым фактором, оказавшим решающее влияние на сокращение численности городских электротранспортных систем, является децентрализация производственной деятельности. Необходимость содержания развёрнутой контактной сети, и сети трамвайных путей, в условиях уменьшения численности электротранспортных средств, и, соответствующего сокращения объёмов перевозок, приводит к увеличению удельных затрат на перевозку одного пассажира.

Кроме того, по мнению ряда специалистов [184], утверждение о том,

что городские пассажирские электротранспортные системы абсолютно превосходят другие виды городского пассажирского транспорта по экологическим параметрам, не является абсолютно бесспорным. Комплексная оценка влияния пассажирских электротранспортных систем на экологическую ситуацию в городах должна производиться с учётом дополнительных негативных факторов:

- крупногабаритные электротранспортные средства создают помехи другим участникам движения, что способствует снижению средней скорости и повышению объёма выбросов другими участниками движения;
- потребляемая электротранспортными средствами энергия генерируется в том числе и на тепловых электростанциях, что оказывает влияние на объём производимых ими выбросов;
- передача электроэнергии от электростанции до потребителя осуществляется по протяжённой электрической сети и сопровождается значительными энергетическими потерями.

Мировая автомобильная промышленность в настоящее время выпускает городские автобусы высоких экологических классов, обеспечивающие минимальную нагрузку на окружающую среду. Исходя из этого, для решения одной из поставленных задач, целесообразно провести сравнение экологических показателей работы городских электротранспортных систем с аналогичными показателями городских автобусов, оснащённых топливно-энергетическими системами, соответствующими современным экологическим нормам.

Исходя из обозначенных особенностей, эффективность городских электротранспортных систем определяется:

- показателями энергоэффективности;
- показателями экологичности.
- удельными затратами на содержание энергетической и контактной сети;
- удельными затратами на содержание путевого хозяйства.

Для оценки энергетической эффективности городских пассажирских электротранспортных систем целесообразно учесть способ генерации электроэнергии и провести анализ функционирования систем трансформации энергии и передачи от источника потребителю.

Энергетическое обеспечение процесса движения транспортных средств, работающих на электрической тяге, включает в себя следующие процессы [15, 158, 199]:

- генерация электроэнергии;
- трансформация электроэнергии;
- передача энергии по линиям электропередач;
- понижающая трансформация электроэнергии;
- передача электроэнергии на тяговую подстанцию;
- трансформация и распределение электроэнергии на тяговой подстанции;
- передача электроэнергии по контактному проводу;
- преобразование электроэнергии в механическую работу посредством электродвигателя;
- передача механической энергии трансмиссией транспортного средства.

Суммарный КПД данной цепи определяется по формуле:

$$\sum KPD_{TROL} = KPD_{CT} \cdot KPD_{TRANSC_1} \cdot KPD_{LEP} \cdot KPD_{TRANSC_2} \cdot KPD_{KAB} \cdot KPD_{TAT} \cdot KPD_{KONT} \cdot KPD_{ED} \cdot KPD_{TP}, \quad (1.1)$$

где  $KPD_{CT}$  – коэффициент полезного действия тепловой электростанции, ед.;  
 $KPD_{TRANSC}$  – коэффициент полезного действия понижающего трансформатора, ед.;  
 $KPD_{LEP}$  – коэффициент полезного действия линии электропередач, ед.;  
 $KPD_{TRANSC_2}$  – коэффициент полезного действия понижающей подстанции, ед.;  
 $KPD_{KAB}$  – коэффициент полезного действия кабельной линии, ед.;

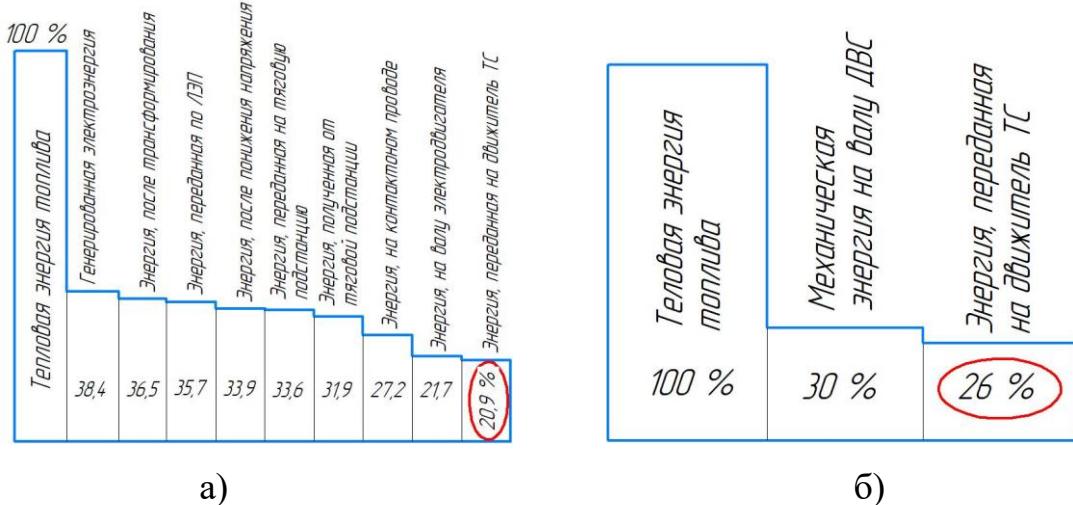
$KPD_{тяг}$  – коэффициент полезного действия тяговой подстанции, ед.;

$KPD_{конт}$  – потери на контактном проводе, ед.;

$KPD_{ЭД}$  – коэффициент полезного действия тягового электродвигателя троллейбуса, ед.;

$KPD_{TP}$  – коэффициент полезного действия трансмиссии, ед.

Энергоэффективность процессов преобразования и передачи энергии от источника к движителю транспортного средства проиллюстрировано при помощи диаграмм, представленных на рисунке 1.1 [15, 68, 70, 85, 110, 158, 199].



а – энергопреобразование электротранспортных систем;

б – энергопреобразование автотранспортных систем

Рисунок 1.1 – Энергоэффективность транспортных систем

Анализ данных, приведённых в работах А.С. Афанасьева, И.С. Евдасева, И.С. Ефремова, А.Н. Колчина, В.И. Родько, посвящённых описанию работы транспортных энергосистем [15, 68, 70, 85, 158], позволяет сделать предварительное заключение о том, что реализация достаточно протяжённой и многоступенчатой системы преобразования и передачи энергии в электротранспортных системах сопровождается значительными

энергетическими потерями, формирующими более низкий суммарный КПД (20,9 %) по сравнению с автотранспортными системами (КПД = 26 %).

Оценка экологических характеристик городских электротранспортных систем производится исходя из способа генерации электроэнергии. Поскольку электрогенерирующие мощности нашей страны объединены в региональные и федеральные энергетические системы, для оценки экологических характеристик электротранспортных средств целесообразно определить доли различных типов электростанций в производстве электроэнергии, установить величину удельных выбросов токсичных компонентов, производимых электростанциями различных типов, и вычислить средний объём выбросов на единицу генерируемой энергии.

По данным, представленным на информационном портале Системного оператора Единой энергетической системы России (ЕЭС) [75], структура выработки электроэнергии в ЕЭС России, по состоянию на 01.01.2022 имеет вид, представленный на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Структура выработки электроэнергии в ЕЭС России

Как видно из представленных данных, значительная доля электроэнергии (60,73 %) генерируется на тепловых электростанциях, которые, в свою очередь, подразделяются по виду топлива в следующих

пропорциях (Данные Системного оператора ЕЭС России) [75]:

- газовые топлива – 69,7 %;
- мазут – 4,5 %;
- уголь – 25,8 %.

В рамках каждого региона представленные соотношения могут в значительной степени изменяться.

В процессе функционирования электротранспортных систем, выбросы парниковых газов производятся тепловыми электростанциями и подлежат учёту для оценки экологических характеристик потребителей электроэнергии.

В подавляющем большинстве случаев, электричество можно рассматривать лишь как энергоноситель, используемый для передачи энергии от производителя, осуществляющего генерацию, к потребителю, также выполняющему преобразование полученной энергии для выполнения полезной работы.

Анализ структуры генерирующих мощностей позволяет сделать вывод о том, что доля энергии, вырабатываемой тепловыми электростанциями может меняться в зависимости от ресурсных и географических особенностей региона. В значительной степени варьируется и структура энергоносителей, потребляемых региональным энергетическим комплексом. Но, отмеченные тенденции носят типовой характер и присущи большинству городских территорий. Исходя из объективных условий, с высокой степенью достоверности можно утверждать, что данная ситуация будет сохраняться на протяжении следующих десятилетий.

Таким образом, широкое применение городских электротранспортных систем не приводит к полному устранению источника загрязнений, а лишь технологически преобразует его и обеспечивает возможность вывода за пределы городской территории, что можно расценивать лишь как частичное решение проблемы. Кроме того, реализуемая многоступенчатая технологическая схема преобразования и трансформации энергии, приводит

к увеличению потерь и снижению общего коэффициента полезного действия энергетической цепи.

Электростанция является стационарным источником выбросов. Нормативным документом, определяющим порядок детализированного расчёта экологического ущерба для таких источников, является «Порядок проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, корректировки ее данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения таких инвентаризации и корректировки» утверждённый приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 871 от 19 ноября 2021 г. [139]. В соответствии с данным нормативом, производится расчёт максимальных разовых выбросов и суммарных годовых (валовых) выбросов следующих токсичных веществ: взвешенные вещества, оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, углеводороды. При этом, учитывается ряд особенностей источника выбросов: высота источника; размеры устья и координаты на карте-схеме.

Для предварительного расчёта и оценки экологического ущерба от стационарных источников, генерирующих электроэнергию для обеспечения движения электротранспортных средств могут быть использованы данные о годовых выбросах токсичных веществ, производимых различными типами тепловых электростанций. Указанная информация приведена в работах О.Е. Кондратьевой и Л.В. Чекалова [208, 209], представлены в таблице 1.1.

Для определения объёма энергии, потребляемой электротранспортными средствами системы городского наземного пассажирского транспорта, целесообразно произвести расчёт составляющих мощностного баланса при движении транспортных средств по ездовому циклу типового городского маршрута. Данный расчёт представлен во втором разделе диссертационной работы.

Таблица 1.1 - Удельные выбросы тепловых электростанций мощностью 1000 МВт

Выбросы	Вид топлив и его годовой расход, т/год		
	Природный газ $1,9 \cdot 10^9 \text{ м}^3/\text{год}$	Мазут $1,57 \cdot 10^6 \text{ т/год}$	Уголь $2,3 \cdot 10^6 \text{ т/год}$
SO <sub>X</sub>	12	52660	139000
NO <sub>X</sub>	12080	21700	20880
CO	-	80	210
Твердые частицы (сажа)	460 (сажа)	730	4430
CO <sub>2</sub>	более $3,8 \cdot 10^6$	более $4,8 \cdot 10^6$	$(6-7) \cdot 10^6$
Шлак и зола из электрофильтра	-	-	более $2 \cdot 10^5$

## 1.2 Анализ факторов, определяющих формирование инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского пассажирского транспорта

Одной из важнейших характеристик системы городского пассажирского транспорта, во многом определяющих эффективность его функционирования, является структура потребления различных видов энергоресурсов. Применение того или иного вида энергоносителя предполагает реализацию определённой технологии преобразования исходного вида энергии в механическую энергию, передаваемую на движитель транспортного средства. Практическая передача энергии или энергоносителя от производителя на борт транспортного средства осуществляется посредством инфраструктуры, являющейся одной из подсистем, во многом определяющей эффективность функционирования всей системы.

Парк транспортных средств, эксплуатируемых в рамках городских пассажирских транспортных систем можно условно разделить на два вида:

- транспортные средства с автономным ходом – это транспортные средства оснащённые мобильными энергетическими установками, потребляющими энергию из накопителя, так же расположенного на борту

транспортного средства;

- транспортные средства, получающие электроэнергию от стационарных энергетических установок посредством линейной сети и не имеющие накопителя энергии, обеспечивающего автономность передвижения.

Инфраструктура топливно энергетического обеспечения обозначенных групп транспортных средств формируется под влиянием различных факторов. Ниже приведён анализ данных факторов и условий, определяющих эффективность применения различных видов энергоносителей и технологий преобразования и передачи энергии.

#### 1.2.1 Анализ условий, определяющих применение топлив нефтяного происхождения

Как было отмечено выше, значительную долю парка транспортных средств систем городского пассажирского транспорта составляют транспортные средства с автономным ходом, то есть транспортные средства, имеющие на борту запас периодически пополняемого энергоносителя. Традиционно, на протяжении многих десятилетий, большинство транспортных средств данного типа оснащались двигателями внутреннего сгорания, работающими на топливах нефтяного происхождения.

Рост мирового потребления нефти, обусловленный увеличением объёмов производства и численности населения, в сочетании с истощением действующих месторождений и сокращением данных о разведанных запасах, привели к значительному росту стоимости топлив нефтяного происхождения [77, 79, 86, 161]. Указанные тренды, по данным BP Statistical Review of World Energy, являются устойчивыми и сохраняют тенденцию к росту.

По разным оценкам [77, 161] в развитых странах автотранспорт является основным потребителем топлив нефтяного происхождения, потребляет от 40 до 52 % от общего объёма добываемой нефти. Кратный рост цен на рассматриваемые виды энергоносителей, произошедший за последнее

десятилетие, является одной из причин значительного роста затрат на эксплуатацию транспортных средств и повышения себестоимости перевозки пассажиров в рамках системы городского пассажирского транспорта.

Обострение обозначенной проблемы, осознание необходимости расширения энергетической базы транспортного комплекса, рост значимости экологических проблем обуславливают актуализацию научных исследований и практических мероприятий в направлении развития альтернативной энергетики, обеспечивающей повышение экономических и экологических показателей эффективности эксплуатации транспортных средств

### 1.2.2 Анализ направлений развития альтернативной транспортной энергетики

Поиск технологических и организационных решений, направленных на расширение спектра используемых энергоносителей, снижение зависимости автомобильного транспорта от топлив нефтяного происхождения, является актуальной технической и организационно-технологической задачей.

Все исследования данного направления можно разделить на несколько групп:

- поиск новых альтернативных видов топлив;
- совершенствование технологии применения известных, но масштабно не применяемых альтернативных видов топлив и других источников энергии;
- повышение эффективности применения альтернативных видов топлив, массово используемых на автомобильном транспорте в настоящее время.

Изучению вопросов и решению проблем связанных с применением альтернативных видов топлив и источников энергии на автомобильном транспорте посвящены труды многих отечественных и зарубежных учёных.

Исследованиям в области применения углеводородных газов и других альтернативных видов топлив на автомобильном транспорте посвящены труды Московских научных школ НИИАТ и МАДИ. Основателями и

продолжателями данного направления исследований являются учёные Е.Г. Григорьев, В.И. Ерохов, В. Льотко, В.Н. Луканин, Б.Д. Колубаев, А.И. Морев, А.С. Хачиян, А.М. Серафимов и другие авторы [39, 40, 106, 164]. В работах этих учёных рассмотрены основные физико-химические свойства углеводородных газов, исследованы технологические аспекты применения альтернативных видов топлива и источников энергии.

Проблемами, связанными с применением газомоторных топлив на автомобильном транспорте, так же занимаются учёные из творческого коллектива, основанного профессором Н.Г. Певневым (г. Омск): Л.Н. Бухаров, А.П. Ёлгин, А.П. Жигадло, М.Г. Левашов, В.А. Лисин, А.В. Трофимов [24, 67, 99, 100, 137, 186]. Труды учёных данной группы посвящены исследованию технологических параметров эксплуатации газобаллонных автомобилей, оснащённых двухтопливной системой питания.

Тематика применения альтернативных видов топлив приобретает всё большую актуальность и входит в сферу научных интересов многих учёных и научных школ. К числу таких исследователей следует отнести: Е.М. Иванникову, Н.Г. Кириллова, Е.С. Кольцову, В.Г. Систер, Ю.В. Синяка, А.А. Филиппова [84, 168, 196].

Рассмотренные научные труды охватывают широкий спектр вопросов, связанных с применением альтернативных видов топлив и других энергоносителей на автомобильном транспорте. В частности, рассмотрены конструктивные, технологические решения, вопросы нормирования, хранения, повышения безопасности и расширения условий применения. Определённый пробел в имеющихся знаниях, выявленный в ходе исследования, определяется отсутствием чётко описанной области эффективного применения альтернативных топлив, определяющих их эффективное использование, как элемента макроуровневой логистической системы. В качестве такой системы целесообразно рассмотреть транспортный комплекс, ограниченный рамками региона или транспортной системы (системы городского наземного пассажирского

транспорта).

С учётом научной и технологической проработки, альтернативными источниками энергии (схемами топливно-энергетического обеспечения) являются:

- Электроэнергия. Технологическая схема, предполагающая установку на транспортное средство накопителя электроэнергии и периодическую зарядку данного накопителя от стационарного источника.
- Альтернативные топлива дизельного и бензинового типов: биодизель, метанол.
- Водород. Например, технология (FCEV) базирующаяся на использовании электрохимических реакций, которые производят электрическую энергию для питания мотора.
- Гибридные топливно-энергетические схемы.
- Газовые углеводородные топлива (метан, пропан, бутан применяемые по однотопливной или двухтопливной технологической схеме монтажа газобаллонного оборудования. Возможное состояние для хранения на борту транспортного средства: в компримированном состоянии либо в сжиженном состоянии, в том числе, с использованием криогенных технологий).

Исследование структуры потребления различных топлив, выполненное в работах О.В. Мазуровой, Л.В. Эдера, И.В. Филимоновой, В.Ю. Немова, И.В. Проворной и ряда других авторов [110, 206], анализ результатов исследований, выполненных в разные годы для разных регионов России и мира, позволяет сделать заключение: основными видами энергоносителей, используемыми на автомобильном транспорте, являются:

- бензин;
- дизельное топливо;
- компримированный природный газ;
- сжиженный природный газ;
- биотопливо;
- электроэнергия.

В зависимости от региона процентное соотношение данных видов в общем объёме потребления существенно различается, но выявлены и общие тенденции. Установлено, что наиболее значимой составляющей являются топлива нефтяного происхождения, на их долю приходится от 60 до 100 % от общего объёма потребления. На втором месте по объёмам потребления, как правило, находятся газообразные топлива. За рубежом отчётливо прослеживается тенденция увеличения объёмов производства и потребления биотоплив. Доля остальных видов энергоносителей незначительна и даже в развитых странах не превышает одного процента.

По результатам анализа отмечена выраженная устойчивая тенденция сокращения объёмов потребления топлив нефтяного происхождения и увеличение долей других альтернативных энергоносителей.

Особенностью системы городского пассажирского транспорта является привязка подвижного состава к урбанизированной территории, где имеется технологическая возможность и экономическая целесообразность создания инфраструктуры, обеспечивающей применение альтернативных видов энергоносителей. Как правило, такими энергоносителями являются газообразные топлива или электроэнергия. Особенности электротранспортных систем рассмотрены в предыдущем подразделе работы. По результатам анализа структуры парка городского пассажирского транспорта ряда муниципальных образований отмечено, что при наличии развитой заправочной инфраструктуры, объёмы потребления газовых топлив пассажирскими транспортными средствами, как правило, значительно превышают объёмы потребления других видов энергоносителей.

Сложившаяся ситуация обусловлена технологической подготовленностью транспортного комплекса, развитием необходимой инфраструктуры и экономической ситуацией, сложившейся на рынке топливно-энергетических ресурсов. Благоприятные условия для развития обозначенного тренда во многом сформированы благодаря государственной политике, направленной на расширение топливно-энергетической базы

автотранспортного комплекса.

Так, например, 20 декабря 2017 года постановлением правительства РФ № 1596 утверждена Государственная программа Российской Федерации «Развитие транспортной системы», включающая в себя подпрограмму «Перевод автомобильного, железнодорожного, авиационного, морского и речного транспорта на использование газомоторного топлива» [144].

В плане выполнения обозначенной государственной программы, правление ПАО «Газпром» утвердило Программу по созданию газозаправочной инфраструктуры на промышленных площадках дочерних обществ на период 2017 - 2019 годов и Программу развития малотоннажного производства и использования сжиженного природного газа (СПГ).

Утверждены региональные целевые программы внедрения газомоторных топлив в таких регионах, как Республика Татарстан, Волгоградская область, город Санкт Петербург и других субъектах Российской Федерации.

Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» разработана и реализован проект модельной государственная программа субъекта Российской Федерации «Стимулирование использования газомоторного топлива и развития газозаправочной инфраструктуры в субъекте Российской Федерации на 2015 - 2023 годы» [58]. В настоящее время, проект модельной программы прошел апробацию в Краснодарском крае.

Применительно к транспортной отрасли органами исполнительной власти нашей страны последовательно проводятся работы по созданию условий для развития технологической базы и более широкого применения всего спектра альтернативных источников энергии.

Распоряжением Правительства Российской Федерации № 2290-р от 23 августа 2021 года утверждена «Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года» [87]. Концепция является документом

отраслевого планирования, синхронизированным с иными программными документами Российской Федерации, направленным на создание регулирующих, инвестиционных, инфраструктурных и технологических условий для обеспечения конкурентоспособности на глобальном рынке создаваемых в Российской Федерации электрического автомобильного транспорта и его компонентов. В Концепции под электрическим автомобильным транспортом понимаются транспортные средства, работающие на альтернативных источниках энергии (тяговая аккумуляторная батарея и водородный топливный элемент) и инфраструктура, обеспечивающая их функционирование. В принятом документе отражены: цель, задачи, источники финансирования, целевые показатели, сроки их достижения и другие необходимые положения.

Для решения концептуальных задач разработан ряд подзаконных актов и документация методического обеспечения. Так, например, для повышения заинтересованности хозяйствующих субъектов в реализации мероприятий, предусмотренных государственной политикой, разработаны «Методические рекомендации по стимулированию использования электромобилей и гибридных автомобилей в субъектах Российской Федерации», утвержденные распоряжением Минтранса России от 25.05.2022 № АК-131-р [117].

Следует отметить, что, государственная политика формирует условия для заданного направления развития транспортного комплекса, основной движущей силой обеспечивающей увеличение использования альтернативных видов топлива являются владельцы транспортных средств (хозяйствующие субъекты). Их заинтересованность и степень участия в программах по использованию альтернативных источников энергии, как правило, определяется производственной и экономической целесообразностью практического внедрения тех или иных инновационных решений.

Производственная и экономическая целесообразность внедрения инновационных технологических решений, с позиции хозяйствующего

субъекта, осуществляющего транспортную деятельность, во многом определяется состоянием инфраструктуры, формирующей условия для эффективной эксплуатации транспортных средств с использованием альтернативных топливно-энергетических технологий.

Создание инфраструктурного комплекса, формирующего условия для эффективной реализации альтернативных технологий топливно-энергетического обеспечения транспортных средств, как правило, является задачей муниципального или регионального уровня, предполагающей учёт численных, технологических и локационных параметров существующих и потенциальных потребителей.

Как правило, инфраструктура, обеспечивающая условия для эффективного внедрения альтернативных топливно-энергетических схем, включает в себя:

- сеть дилерских центров или производителей, обеспечивающих формирование парка транспортных средств заданной численности с заданными техническими, технологическими и эксплуатационными характеристиками;
- сеть сервисных предприятий, обеспечивающих проведение регламентных и ремонтных работ в рамках гарантийного и постгарантийного обслуживания транспортных средств или элементов инновационных топливно-энергетических систем;
- структуры, обеспечивающие переоснащение производственно-технической базы транспортных предприятий для соблюдения требуемых условий хранения и выпуска транспортных средств на линию;
- сеть заправочных (зарядных) станций, необходимой производительности, с локационными параметрами, обеспечивающими эффективную эксплуатацию транспортных средств.

Схема, характеризующая взаимосвязь инфраструктурных объектов и ключевых потребителей, представлена на рисунке 1.3.

На практике внедрение альтернативных схем топливно-

энергетического обеспечения сопряжено с проблемой координации инвестиционной политики хозяйствующих субъектов, осуществляющих транспортную деятельность и хозяйствующих субъектов, обеспечивающих формирование инфраструктурного комплекса.



Рисунок 1.3 - Взаимосвязь инфраструктурных объектов и ключевых потребителей

Приведённый выше перечень элементов, формирующих инфраструктуру альтернативной технологической схемы топливно-энергетического обеспечения, иллюстрирует необходимость привлечения к реализации инновационного проекта хозяйствующих субъектов разнонаправленных видов деятельности. При этом необходимо обеспечение условия эффективности инвестиций для каждого участника проекта.

Практикуемым в настоящее время способом решения обозначенной проблемы является разработка и реализация государственных программ, стимулирующих развитие инновационных процессов и, как правило, предусматривающих привлечение средств федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации и внебюджетных источников для

достижения целевых показателей.

Такой подход, реализуемый на федеральном уровне, позволяет сформировать общий тренд – направление развития больших систем, к числу которых относятся системы городского пассажирского транспорта общего пользования.

Задача формирования структурных параметров альтернативных схем топливно-энергетического обеспечения на региональном и муниципальном уровнях в настоящее время не решена в полном объёме ввиду отсутствия методологии, позволяющей определить взаимосвязанные (численные, технические, технологические и организационные) параметры парка эксплуатируемых транспортных средств в их взаимосвязи с параметрами инфраструктурных объектов.

Решение данной задачи может быть обеспечено на основе реализации логистического подхода, в рамках которого система городского пассажирского транспорта рассматривается как макроуровневая логистическая система с обобщённым целевым показателем.

Как отмечено в трудах В.А. Гудкова, В.П. Мельникова и Л.Б. Миротина [116, 120, 121, 133, 134], реализация логистического подхода предполагает:

- определение границ логистической системы и границ окружающей среды;
- определение цели системы и целевого показателя;
- определение структуры системы, сформированной, как совокупность элементов обладающих собственными структурными параметрами;
- моделирование ключевых структурных и функциональных параметров отдельных элементов и системы в целом.

Разработанная модель является инструментом, позволяющим произвести исследование характера влияния структурных параметров системы на целевые показатели. Комплексный анализ результатов данных исследований является основой для оптимизации её структурных

параметров.

Исходя из схемы, описывающей взаимодействие ключевых потребителей и инфраструктуры, формирующей условия практического применения альтернативных технологий топливно-энергетического обеспечения, целесообразно провести предварительное исследование факторов, определяющих целесообразность внедрения инновационных технологий, как со стороны потребителей, так и со стороны хозяйствующих субъектов, формирующих необходимую инфраструктуру.

### 1.2.3 Анализ факторов, определяющих эффективность практического внедрения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения

Исходя из коммерческих интересов транспортных предприятий, целесообразность практической реализации тех или иных инновационных решений, направленных на повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств, определяется соотношением объема необходимых инвестиций, экономией текущих эксплуатационных затрат и изменением производительности транспортных средств. Уровень эффективности реализуемых мероприятий определяется типовыми экономическим показателями, к числу которых относятся: объем инвестиций, ожидаемый экономический эффект и срок окупаемости капиталовложений.

Приемлемые значения срока окупаемости инвестиций, как правило, определяются сроком полезного использования основных фондов, приобретаемых на инвестируемые средства. Для транспортных средств и производственного оборудования установлен срок полезного использования 5 – 7 лет [207]. Для капиталоёмких сооружений с большим сроком полезного использования пропорционально может быть увеличен допустимый срок окупаемости, что необходимо учитывать при оценке перспективности инвестиционных проектов.

Структура факторов, определяющих эффективность применения

альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения системы городского пассажирского транспорта, представлена на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Структура факторов, определяющих эффективность применения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения системы городского пассажирского транспорта

При реализации инновационных программ, связанных с применением альтернативных технологий топливно-энергетического обеспечения, инвестиционные вложения предприятий-перевозчиков могут включать в себя следующие составляющие:

- затраты на обновление или модернизацию подвижного состава;
- затраты на техническое перевооружение производственно-технической базы;
- затраты на реализацию мероприятий, направленных на обеспечение безопасности производства, охрану труда и защиту окружающей среды;
- затраты на обучение и повышение квалификации персонала.

Внедрение инноваций неизбежно приводит к изменению структуры текущих эксплуатационных затрат. Как правило, внедрение альтернативных технологий топливно-энергетического обеспечения оказывает непосредственное влияние на величину следующих затратных статей:

- затраты на топливо (энергию);
- затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт транспортных средств;
- амортизационные отчисления на восстановление транспортных средств;
- затраты на содержание дополнительных средств оснащения производственно-технической базы.

Как было отмечено выше, применение альтернативных технологий топливно-энергетического обеспечения, зачастую оказывает непосредственное влияние на показатели, определяющие производительность транспортных средств. Применительно к подвижному составу системы городского пассажирского транспорта, к числу таких показателей относятся:

- пассажировместимость подвижного состава;
- средняя эксплуатационная скорость;
- общая продолжительность простоев, связанных с проведением технического обслуживания и текущего ремонта;
- средняя величина холостого пробега, обусловленного необходимостью восполнения запаса энергоносителя на борту транспортного средства;
- потери времени при работе транспортных средств на линии, обусловленные необходимостью восполнения запаса энергоносителя и необходимостью выполнения других технологических операций.

Представленные выше факторы являются величинами, вычисляемыми в процессе моделирования показателей эффективности внедрения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения. Численные значения данных факторов зависят от параметров, транспортно-технологического комплекса, реализующего альтернативную технологию и от параметров внешней среды, в условиях которой данный комплекс функционирует.

Параметрами транспортно-технологического комплекса, в рамках которого реализуется альтернативная технология топливно-энергетического обеспечения, являются:

- структурные, технические и эксплуатационно-технологическими характеристики подвижного состава, реализующего альтернативную технологию топливно-энергетического обеспечения;
- параметры инфраструктуры, формирующей условия применения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения.

К параметрам внешней среды, определяющим область эффективного применения рассматриваемой альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения, относятся:

- технологические параметры транспортного процесса;
- условия реализации транспортного процесса (природно-климатические, дорожные и т.д.).

Схема, иллюстрирующая разделение параметров транспортного процесса и внешней среды на группы, приведена на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Схема разделения параметров транспортного процесса и внешней среды на группы

С позиции предприятия перевозчика, принятие решения о практическом внедрении альтернативной технологической схемы топливно-энергетического обеспечения происходит на основании результатов технико-экономического анализа, определяющего экономическую целесообразность инвестирования инновационных технологий. При этом, параметрами, управляемыми с позиции перевозчика (организатора перевозок) являются структурные, технические и эксплуатационно-технологические характеристики подвижного состава. Управление осуществляется путём определения оптимальных структурных параметров парка для заданных условий, формируемых существующей инфраструктурой и параметрами внешней среды.

Предприятия-перевозчики, управляя структурными параметрами парка транспортных средств, оказывают опосредованное влияние на инфраструктурные параметры альтернативной топливно-энергетической схемы. Данное влияние является взаимным. Перевозчики, управляя структурными параметрами парка, формируют условия, обеспечивающие целесообразность формирования требуемой инфраструктуры с заданными технологическими и локационными параметрами. В свою очередь, сформированная инфраструктура обеспечивает оптимальные условия для практического внедрения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения, что, в свою очередь, способствует формированию парка ключевых потребителей.

Исходя из вышеизложенного, обеспечить сбалансированное развитие транспортно – технологического комплекса, включающего в свой состав хозяйствующие субъекты, осуществляющие транспортную деятельность и субъекты, формирующие сеть инфраструктурных объектов, возможно в рамках логистического подхода, предполагающего определение оптимальных структурных параметров системы городского пассажирского транспорта, как единой системы с обобщённым целевым показателем. Как правило, таким показателем является себестоимость формируемого

общественного продукта, минимальные значения которого обеспечиваются при заданных показателях качества в существующих условиях внешней среды. Параметры внешней среды в совокупности с инфраструктурными параметрами, в данном случае, формируют область эффективного применения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения в условиях её реализации парком транспортных средств с заданными структурными и эксплуатационно - технологическими характеристиками. Ранжирование параметров, формирующих область эффективного применения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения, определение их весомости, вариабельности и управляемости является одной из задач, решаемых в данной работе.

#### 1.2.4 Анализ факторов, определяющих эффективность функционирования инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения

Как было отмечено выше, инфраструктура, формирующая условия применения альтернативных технологий топливно-энергетического обеспечения транспортного комплекса, является сложной многоуровневой системой, эффективность которой определяется комплексом факторов, структура которых представлена на рисунке 1.4.

Высокая важность транспортной инфраструктуры, её капиталоёмкость и значительное влияние на эффективность работы транспортной отрасли, обуславливает повышенное внимание к вопросам развития инфраструктурных комплексов, органов исполнительной власти, научного сообщества и хозяйствующих субъектов профильных отраслей.

Программным документом, во многом формирующим общий вектор развития транспортной отрасли, и, в частности, инфраструктурной составляющей, является «Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года», утверждённая распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р [183]. В программе сформулирована основная миссия государства в

сфере обеспечения функционирования и развития транспортной системы страны, развития её транспортного потенциала, реализуемая посредством опережающего развития транспортной инфраструктуры и расширения доступа к безопасным и качественным транспортным услугам с минимальным воздействием на окружающую среду и климат. По итогам анализа лучших мировых практик, современных документов государственного стратегического планирования в области транспорта, определены ключевые тренды развития транспортных систем, в числе которых: приоритетное развитие экологически чистого общественного транспорта; снижение уровня выбросов за счёт электрификации транспорта, переход на новые виды топлива. Транспортная инфраструктура, в части инвестиций, определена, как ключевой приоритет.

В разделе, определяющем тенденции применения на транспорте альтернативных видов топлив (энергии) и технологий топливно-энергетического обеспечения, особое внимание уделено таким перспективным направлениям, как:

- применение сжиженного природного газа;
- развитие электротранспорта с источником энергии от аккумуляторных батарей;
- применение водородных топливных элементов.

Программой установлены целевые показатели, предусматривающие увеличение доли автобусов с электропитанием от аккумуляторных батарей до 25 %. Ожидается увеличение количества стационарных заправочных станций природным газом с 506 ед. в 2019 году до 1273 ед. в 2024 году.

Отмечено, что массовое внедрение технологий водородной энергетики на автомобильном транспорте ожидается за пределами прогнозного периода (в 2036 – 2050 годах). Вместе с тем, отмечена перспективность данного направления и целесообразность проведения работ по промышленному внедрению водородных топливных элементов на транспорте.

Основные положения стратегии развития транспортной стратегии во

многом перекликаются с основными положениями Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года, утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р [210]. В данном документе отмечена устойчивая тенденция, характерная как для общемирового, так и для внутреннего рынка энергоресурсов, заключающаяся в устойчивой тенденции роста энергопотребления, при снижении объёмов потребления энергоресурсов нефтяного происхождения. Отмечено, что развитие технологий использования на транспорте сжиженного природного газ и водородных топливных элементов потребует развитие инфраструктурных объектов, которое должно осуществляться опережающими темпами.

Научные труды, посвящённые решению вопросов, связанных с развитием транспортно-энергетической инфраструктуры целесообразно разделить на две группы. Первая группа – это работы рассматривающие вопросы формирования инфраструктурных параметров на макроуровне. Примером работы такого уровня является монография «Транспортная и энергетическая инфраструктура в развитии производительных сил макрорегиона», под научной редакцией М.Б. Петрова [182]. В данной работе комплексно рассмотрен круг вопросов системной организации энергетики и транспорта крупных территорий, воздействие этих структур на экономику страны, её регионов и макрорегионов с учётом наличия прямых и обратных связей параметров развития транспортно-энергетической инфраструктуры с состоянием и функционированием региональных производственных сил.

Вопросам развития транспортной и транспортно-энергетической инфраструктуры региона посвящены труды З.В. Альметовой, Ю.Н. Гольской, М.В. Иванова, А.М. Кудрявцева, и других авторов [10, 44, 74, 91]. Данные работы посвящены определению обоснованных макроэкономических параметров транспортной и транспортно-энергетической инфраструктуры с учётом взаимосвязи с уровнем развития комплекса отраслей и социальной сферы экономики региона. Транспорт и транспортная инфраструктура

рассмотрены в качестве системообразующих отраслей региональной экономики, обеспечивающих единство экономического пространства, формирующих условия для реализации инновационной модели экономического роста.

Более предметно и детализировано транспортно-энергетическая инфраструктура, как объект исследования рассмотрена в работах Е.В. Бондаренко, С.А. Воробьёва, А.А. Вельниковского, М.А. Овсянникова, М.Б. Петрова, А.А. Филиппова, В.В. Шалай, Р.Т. Шайлина [23, 30, 198, 130, 182, 202, 230].

В работах данной направленности сформулированы требования к инфраструктуре заправочного комплекса. Требования включают в себя такие пункты, как минимизация плеч заправки, удовлетворение спроса, обеспечение безопасности и ряд других позиций.

Научное решение обозначенной практической задачи в большинстве работ обеспечено за счёт разработки математических моделей, описывающих влияние инфраструктурных параметров от оптимизируемых показателей и характеристик.

В большинстве работ оптимальные параметры сети формируются исходя из условий обеспечения эффективного функционирования перевозчиков, обеспечения условий способствующих снижению эксплуатационных затрат и сокращения затрат времени на заправку автотранспортных средств. При этом, условие эффективности инвестирования с позиции хозяйствующих субъектов, обеспечивающих формирование и функционирование сети инфраструктурных объектов, в данных работах, обеспечивается за счёт определения оптимальных количественных параметров сети и учётом степени её загруженности. Определение технико – экономических показателей сети, как объекта инвестирования, не включено в перечень задач, решаемых в большинстве рассмотренных научных работ. Предприятия - перевозчики и предприятия, обеспечивающие функционирование инфраструктурных объектов, в

большинстве работ рассмотрены как отдельные хозяйствующие субъекты, деятельность которых оценивается обособленными показателями эффективность. Исходя из этого, целесообразно провести комплексный анализ показателей функционирования системы городского пассажирского транспорта, включающего в свой состав все необходимые структурные компоненты, в том числе, инфраструктурные объекты топливно-энергетического обеспечения.

Эффективность инвестиций, направленных на создание и развитие инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского пассажирского транспорта, при рассмотрении этой системы, как обособленного субъекта хозяйственно-экономической деятельности, определяется типовыми экономическими показателями, определяемыми за расчётный период. К числу таких показателей относятся: общий доход; суммарные эксплуатационные затраты; объём инвестиций (капиталовложений), необходимых для реализации проектных решений. Данные показатели, в свою очередь, определяют итоговые критерии экономической эффективности инвестиционных проектов, к числу которых относятся: общая и чистая прибыль, срок окупаемости.

Большинство типовых экономических показателей, в той или иной степени определяются исходя из эксплуатационных и технико-экономических параметров объектов, формирующих инфраструктуру топливно-энергетического обеспечения и параметров спроса, определяемых на основе структурных характеристик парка ключевых потребителей и показателей интенсивности эксплуатации данного парка.

Наиболее распространённым альтернативными видами топлив, используемыми на автотранспорте, в том числе для подвижного состава системы городского пассажирского транспорта, являются углеводородные газы (метан и пропан-бутановая смесь). Существует целый комплекс технологических схем, реализующих возможность применения этих газов в качестве автомобильного топлива.

Исходя из факта широкой распространённости углеводородных газов, проведён анализ нормативной документации, регламентирующей условия проектирования, строительства и эксплуатации заправочных станций [140, 145, 163, 174, 195].

Изучена серия прикладных и научных работ, посвящённых тематике проектирования и эксплуатации инфраструктурных объектов автомобильного газозаправочного комплекса.

К числу таких работ относятся труды Л.А. Гнедова, К.А. Гриценко, А.А. Евстифеева, С.В. Люгай, Е.П. Мовчан, И.Ф. Никорука, В.В. Петряхина, А.П. Черепанова, [64, 65, 66, 105, 200] и ряд других научных работ данной направленности.

Результаты анализа информации, приведённой в перечисленных источниках, послужил основой для моделирования показателей эффективности функционирования инфраструктурных объектов автомобильного газозаправочного комплекса.

Применительно к заправочному (зарядному) комплексу, параметрами, определяющими объём инвестиций, и последующие текущие затраты на обслуживание, являются: мощность единичного объекта инфраструктуры (максимально-возможный объём реализуемого энергоносителя за заданный расчётный период); производительность единичного объекта инфраструктуры, (максимально-возможное количество обслуживаемых потребителей за заданный расчётный период); количество точек обслуживания на каждом инфраструктурном объекте; количество инфраструктурных объектов, формирующих сеть.

Общий доход, получаемый хозяйствующим субъектом, обеспечивающим функционирование заправочного (зарядного) комплекса определяется: фактически реализуемым объёмом энергоносителя; закупочной ценой единицы энергоносителя; розничной ценой единицы энергоносителя. Установленная величина дохода является основой для расчёта чистой прибыли. В обобщённом виде расчёт прибыли производится

по формуле:

$$P = ((\varphi_p - \varphi_3) \cdot V_{факт} - З_3) \cdot \left(1 - \frac{H_{II}}{100}\right), \quad (1.2)$$

где  $\varphi_p$  – розничная цена на энергоноситель, руб./ед.;

$\varphi_3$  – закупочная цена на энергоноситель, руб./ед.;

$V_{факт}$  – фактический объём реализуемого энергоносителя, ед.;

$З_3$  – эксплуатационные затраты, руб.;

$H_{II}$  – ставка налога на прибыль, %.

Исходя из величины чистой прибыли и объёма инвестиционных вложений, необходимых для создания инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения, с учётом дисконтирования доходов последующих периодов, определяется срок окупаемости инвестиций и принимается решение о целесообразности практической реализации инновационных мероприятий.

Структурная схема, иллюстрирующая взаимосвязь параметров, определяющих целесообразность создания или модернизации инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения транспортного комплекса, приведена на рисунке 1.6.

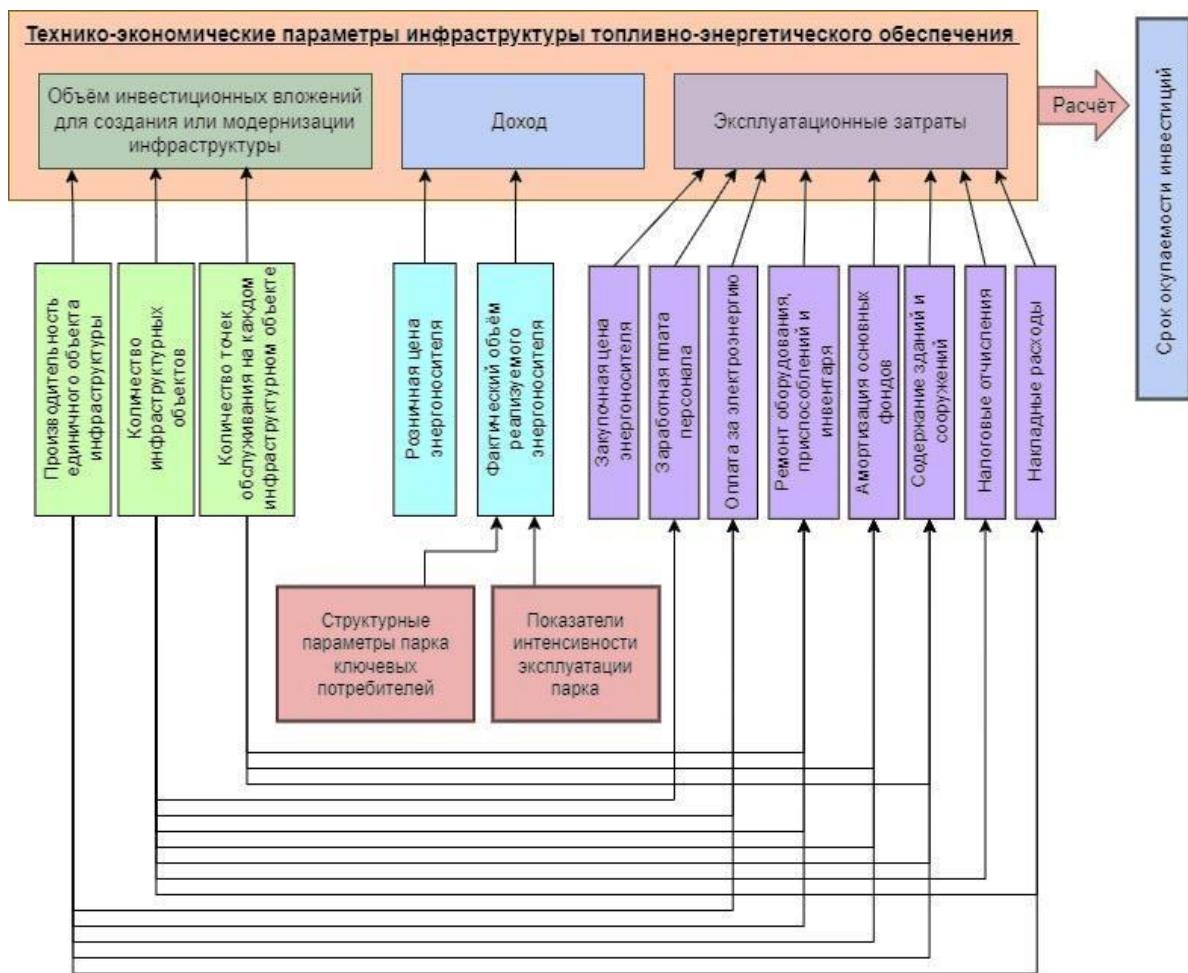


Рисунок 1.6 – Структурная схема параметров, определяющих целесообразность создания или модернизации инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения

Анализ нормативной документации и научных работ, направленных на решение вопросов, связанных с определением параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения транспортного комплекса, позволил сделать предварительный вывод о том, что формирование инфраструктуры, обеспечивающей эффективную реализацию альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения, в условиях рыночной конкурентной борьбы связано с рядом объективных и субъективных трудностей.

Большинство специалистов сходятся во мнении о том, что сфера топливно-энергетического снабжения автомобильного транспорта является достаточно сложной и рискованной для частных инвесторов, нацеленных на создание локальные инфраструктурные объектов. Сложность обусловлена

целым рядом факторов, к числу которых следует отнести:

- высокую капиталоёмкость инфраструктурных объектов;
- наличие комплекса ограничений, связанных с экологическими, технологическими требованиями и требованиями по обеспечению правил безопасной эксплуатации;
- длительные сроки окупаемости инвестиций, обусловленные высокой капиталоёмкостью инфраструктурных объектов и инертностью рынка ключевых потребителей;
- высокая зависимость от региональных поставщиков энергоносителей;
- наличием риска выхода на растущий рынок крупных «игроков», способных сформировать сеть объектов с последующей монополизацией производства.

Исходя из обозначенных проблем, в рамках реализуемого логистического подхода, применительно к системе городского пассажирского транспорта, целесообразно применить методы централизованного планирования, определяющие формирование структурных параметров системы, организацию материальных, информационных и финансовых потоков системы, как единого целого.

#### 1.2.5 Особенности формирования городской линейной электротранспортной инфраструктуры

Характерной особенностью городских пассажирских электротранспортных систем является необходимость создания и дальнейшего содержания развитой энергетической сети, встроенной в общую структуру городской энергосистемы. Необходимыми условиями практической реализации проектов, связанных с развитием электротранспортной инфраструктуры являются: достаточно высокий уровень централизации производственной деятельности; наличие инвестора, в роли которого, как правило, выступают органы государственной власти; объективная потребность, обусловленная существующими проблемами в

области удовлетворения транспортных потребностей населения.

Высокая капиталоёмкость инфраструктурных объектов электротранспорта в сочетании с существующими ограничениями в области тарифной политики, обуславливают длительный срок окупаемости инвестиций. В ряде случаев, при отрицательной рентабельности производства, формальная окупаемость подобных проектов не обеспечивается.

Тем не менее, при формировании структурных параметров электротранспортных систем, для обеспечения приемлемых технико-экономических показателей их функционирования, следует обеспечить соблюдение определённого баланса между объёмом инвестиций, во многом определяемых экстенсивными характеристиками маршрутной сети (её протяжённостью) и предполагаемым уровнем доходности, определяемым интенсивными параметрами транспортного процесса (объём перевозок).

Вопросам определения оптимальных инфраструктурных параметров городских электротранспортных систем посвящены работы А.Л. Ганзбурга, Д.В. Капского, Т.Н. Сокульевой, А.А. Штанга [11, 41, 170, 204]. В указанных научных работах рассмотрены технологические, экологические и экономические аспекты формирования городских электротранспортных систем. В большинстве работ обозначена проблема высокой капиталоёмкости электротранспортной инфраструктуры, определены условия, необходимые для гармоничного встраивания пассажирского электротранспорта в общую структуру городских транспортных систем, намечены пути повышения эффективности. В ряде работ определены современные тенденции развития наземного электрического транспорта, проведён анализ возможности практической реализации передовых научных разработок применительно к городским электротранспортным системам.

Городская электротранспортная инфраструктура является достаточно сложной разветвлённой системой, включающей в себя такие элементы, как: контактная сеть, тяговые подстанции, трансформаторы, зарядные станции,

контрольно-измерительные приборы и комплексы, коммутационные устройства, резервные и аварийные источники электропитания.

Решение задачи определения оптимальных структурных параметров ключевых подсистем системы городского пассажирского транспорта и, в частности, определение целесообразности включения в её состав городских электротранспортных систем, решается в двух возможных исходных состояниях:

- 1) инфраструктура городской электротранспортной системы уже существует, и, рассматривается вопрос о целесообразности её содержания;
- 2) инфраструктура городской электротранспортной системы отсутствует, и, рассматривается вопрос о целесообразности её создания и последующего содержания.

Актуальная информация о средней стоимости строительства инфраструктурных объектов городских пассажирских электротранспортных систем приведена в аналитическом отчёте за 2022 год, составленном Транспортным университетом и Российской академией транспорта «Троллейбусный транспорт в России. Состояние и перспективы рынка» [184]. Информация, содержащаяся в данном издании, приведена в таблице 1.5.

Представленные данные носят усреднённый характер. Очевидно, что точная стоимость строительства электротранспортной инфраструктуры определяется на основе разработки сметной документации после детальной проработки проекта.

Затраты на содержание инфраструктурных объектов городских пассажирских электротранспортных систем исследованы в работах О.Ю. Матанцевой и отражены в принятых нормативно-методических документах [111, 118].

В Методических рекомендациях по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования [118] приведены данные о

величине базовых годовых удельных расходов на содержание контактно-кабельной сети, тяговых подстанций и расходы на содержание и ремонт трамвайного пути.

Утверждённой методикой расчёта себестоимости перевозки пассажира, в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта, подвижной состав и линейная инфраструктура, обеспечивающая его энергообеспечение и передвижение, рассматриваются как единая организационно-технологическая система, затраты на содержание которой включены в себестоимость перевозок. Целесообразность такого объединения объясняется организационным единством данных структурных составляющих. Как правило, содержание электротранспортных средств и линейной инфраструктуры осуществляется в рамках одного предприятия-перевозчика на безальтернативной основе. Исходя из описанной особенности, вопросы оптимизации технологических параметров линейной инфраструктуры городских электротранспортных систем выведены за рамки исследования.

### **1.3 Анализ методов определения структурных параметров производственно-технической базы транспортных и сервисных предприятий системы городского пассажирского транспорта**

Работоспособность подвижного состава системы городского пассажирского транспорта обеспечивается за счёт проведения комплекса профилактических и ремонтных работ, выполняемых на производственно-технической базе различных по функциональному назначению предприятий транспортной отрасли. В соответствии с существующей классификацией [43, 55, 125], эти предприятия подразделяются на автотранспортные, автообслуживающие (сервисные) и авторемонтные.

Одно из принципиальных отличий между автотранспортными и сервисными предприятиями заключается в видах деятельности, являющихся

основным источником дохода. Основным видом деятельности автотранспортных предприятий (АТП) является перевозка грузов и пассажиров. На комплексных АТП дополнительно выполняются работы по техническому обслуживанию, текущему ремонту, хранению подвижного состава и материально-техническому обеспечению производства. Уровень развития производственно-технической базы (ПТБ) данных предприятий во многом определяется численностью подвижного состава, интенсивностью и условиями эксплуатации транспортных средств, наличием сервисной инфраструктуры, формами организации производственной деятельности.

В зависимости от формы организации производственно-хозяйственной деятельности, АТП подразделяются на комплексные и кооперированные [43, 55, 125]. Комплексное АТП – это самостоятельное предприятие, которое, наряду с транспортной работой, осуществляет работы по хранению, техническому обслуживанию и текущему ремонту транспортных средств. Кооперированные АТП - это объединения, в состав которых входит базовое предприятие и подчинённые ему филиалы. В этом случае, производится кооперирование структурных подразделений, входящих в объединение, по результатам которого наиболее сложные и капиталоёмкие производства концентрируются на единой производственной базе, что способствует более эффективному использованию производственных мощностей, повышению качества выполняемых работ, а также ликвидации малоэффективных мелких производств. Границы технологической, организационно-правовой и финансовой самостоятельности подразделений, входящих в объединение, весьма различны и определяются исходя из исторически сложившейся структуры производства в заданных конкретных условиях.

Исходя из имеющегося исторического опыта [43, 55, 125], можно сделать заключение, что создание кооперированных производственных объединений целесообразно, при выполнении крупных взаимосвязанных объёмов транспортной работы в рамках единых социальных или

производственных комплексов.

В современной России создание кооперированных автотранспортных объединений возможно в рамках городских пассажирских транспортных систем, в условиях крупных концернов, естественных монополий и крупных корпораций.

Несмотря на наличие объективных предпосылок, кооперированные производственные объединения не получили широкого распространения в структуре пассажирских транспортных систем большинства городов Российской Федерации. Действующее нормативно-правовое регулирование [190] (открытый конкурс на право осуществления перевозок по муниципальным городским маршрутам), привело к формированию в большинстве муниципальных образований кластера автотранспортных предприятий, структурные параметры парка которых, сформированы, исходя из конкурсных требований для одного или группы городских регулярных маршрутов. При этом целевые показатели, определяющие правила конкурсного отбора устанавливаются уполномоченным органом местного самоуправления, и, как правило, диаметрально расходятся с целевыми показателями предприятий-перевозчиков, как коммерческих структур.

В сложившихся условиях транспортное обслуживание городских пассажирских маршрутов, как правило, осуществляется группой автотранспортных предприятий (хозяйствующих субъектов) различных организационно-правовых форм, не объединённых в единый комплекс технологическими и организационно-экономическими связями. Каждое из предприятий – перевозчиков самостоятельно решает задачу поддержания эксплуатируемого парка транспортных средств в работоспособном состоянии, самостоятельно определяет целесообразную структуру собственной производственно-технической базы и уровень кооперации с сервисными предприятиями. Сервисные предприятия, оказывающие услуги по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств городских пассажирских транспортных систем, так же разрозненны, их деятельность,

как правило, не скординирована между собой, структурные параметры сформированы стихийно в условиях действия рыночных механизмов. В сложившихся условиях характерными чертами состояния производств по техническому обслуживанию и текущему ремонту подвижного состава систем городского пассажирского транспорта являются децентрализация производственных процессов. Следствием высокой раздробленности производств является сокращение объёмов инвестиций в развитие производственно-технической базы, снижение темпов воспроизводства основных фондов, моральное и физическое старение оборудование. В итоге указанные тенденции оказывают отрицательное влияние на показатели эффективности транспортных средств.

Исходя из результатов анализа состояния производственно-технической базы систем городского пассажирского транспорта муниципальных образований, сформулированы следующие положения:

- работоспособность подвижного состава систем городского пассажирского транспорта, как правило, обеспечивает совокупность автотранспортных и автообслуживающих предприятий;
- уровень развития производственно-технической базы предприятий городского пассажирского транспорта во многом определяется историей развития, размерами и формами организации производственной деятельности, социально-экономическим состоянием региона и муниципального образования;
- анализ состояния производства существующих транспортных предприятий показывает, что их производственно-техническая база не полностью обеспечивает возлагаемые на неё функции и не в полной мере соответствует структурным параметрам парка эксплуатируемых транспортных средств;
- на ряде транспортных предприятий отмечен существенный дефицит технологического оборудования, его значительный моральный износ и физическое старение;

- несовершенство производственно-технической базы транспортных предприятий приводит к нарушениям технологической дисциплины, низкому качеству выполняемых работ и, как следствие, к снижению эффективности эксплуатации подвижного состава.

Вопросам обеспечения подвижного состава автомобильного транспорта производственно-технической базой, её эффективному использованию, техническому и технологическому обеспечению производства посвящены труды многих отечественных учёных: А.П. Апсина, М.Н. Бедняка, А.П. Болдина, В.П. Воронова, Н.Я. Говорущенко, Л.Н. Давидовича, А.В. Дехтеринского, В.А. Зенченко, В.И. Карагодина, Г.В. Крамаренко, Е.С. Кузнецова, И.П. Курникова, Н.А. Ляпина, В.А. Максимова, Л.В. Мирошникова, Г.М. Напольского, А.Н. Ременцова, В.В. Тарасова, А.П. Федина, Г.А. Шахалевича, С.А. Ширяева и других авторов [2, 3, 14, 19, 36, 43, 55, 60, 72, 81, 83, 95, 96, 109, 112, 122, 125, 151, 166, 169, 171, 176, 178, 179, 180, 203, 82, 189]. Данные научные направления разрабатывались на базе таких организаций и учреждений, как Гипроавтотранс, НИИАТ, МАМИ, МАДИ и других.

Авторы большинства исследований отмечают, что для многих комплексных АТП в сложившихся условиях характерен недостаточный уровень оснащённости производства необходимым оборудованием. Одной из причин такой тенденции является консервативность элементов производственно-технической базы, которая за свой срок службы обслуживает несколько «поколений» транспортных средств, имеющих различные конструктивные особенности, и связанные с этим особенности технологических процессов ТО и ремонта. Трансформация реализуемых технологических процессов требует от производственно-технической базы большей гибкости, способности быстро реагировать на инновационные изменения. Однако на практике в условиях автотранспортного предприятия зачастую этого не происходит, так как в отношении малочисленных групп автомобилей не всегда обеспечивается окупаемость инвестиционных

вложений.

Исходя из сложившейся практики отмечено, что сервисные предприятия более эффективно справляются с задачей технологического обновления производства, так как это позволяет увеличить объёмы выполняемых работ (за счёт расширения спектра оказываемых услуг и за счёт привлечения новых клиентов), получить дополнительный доход и обеспечить окупаемость инвестиций.

Исходя из данных положений, очевидно, что обоснованный уровень кооперации автотранспортных и сервисных предприятий при выполнении работ по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава является действенным мероприятием, направленным на повышение эффективности эксплуатации транспортных средств.

Исходной информацией при организации производственных процессов технического обслуживания ремонта транспортных средств, как правило, являются данные, полученные по результатам технологического проектирования. Основой большинства известных методов технологического проектирования производственной базы транспортных предприятий является ОНТП-01-91 (РД 3107938-0176-91) «Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта» [131]. В соответствии с основными положениями данного документа, проектирование осуществляется последовательно, в несколько этапов:

Первый этап - расчёт производственной программы, объёмов работ и численности работающих производится на основе исходных данных. В результате расчёта определяются: периодичность видов ТО; пробег до капитального ремонта; трудоёмкость ТО и ТР для данного АТП с учётом конкретных условий эксплуатации подвижного состава; годовая и суточная производственные программы ТО; годовые объёмы работ по ТО, ТР и самообслуживанию АТП и их распределение по производственным зонам и участкам предприятия; численность производственного персонала. Кроме того, рассчитывается численность вспомогательных рабочих,

эксплуатационного (водителей, кондукторов), административно-управленческого, инженерно-технического и младшего обслуживающего персонала, а также персонала пожарно-сторожевой охраны.

Второй этап - технологический расчёт производственных зон, участков и складов. Основой для технологического расчёта различных зон, участков и складов являются: производственная программа, объём работ ТО и ТР, режим работы АТП и подвижного состава. В состав расчёта входят: выбор и обоснование режима работы зон и участков, методов организации ТО и диагностирования подвижного состава; расчёт числа постов и линий для ТО, числа постов для текущего ремонта; определение потребности в технологическом оборудовании; расчёт уровня механизации производственных процессов ТО и ТР; определение состава и расчёт площадей производственных, складских помещений, площадей зон: хранения и площадей вспомогательных помещений.

На основе результатов технологического расчёта, с учётом требований технологического процесса и строительных норм, производится разработка планировочных решений (третий этап), которая включает в себя: разработку технологических планировок зон и участков, разработку или корректировку генерального плана предприятия, и объёмно-планировочных решений зданий.

Четвёртым этапом технологического проектирования АТП является оценка результатов проектирования, которая производится на основе сопоставления удельных показателей (числа постов, площади производственных помещений, численности производственных рабочих и др.), достигнутых в проекте, с эталонными показателями, с целью определения технического уровня разработанных проектных решений.

Заключительным (пятым) этапом является подготовка технологических заданий. Задания необходимы для разработки смежных частей проекта (строительной, сантехнической, электротехнической, сметной и экономической).

Традиционная методика проектирования [14, 55, 95, 125, 131] предусматривает формирование структурных параметров производственно-технической базы комплексного транспортного предприятия исходя из технологической необходимости проведения основных и вспомогательных видов работ. Такой подход сформировался в годы плановой экономики, когда структурные общественного производства, в том числе в рамках системы городского пассажирского транспорта, определялась централизовано, без участия рыночных механизмов. В таких условиях, при разработке плановых показателей, формировались АТП мощность которых формировалась объём работ по обслуживанию и ремонту транспортных средств, обеспечивающий эффективность производства по всем видам выполняемых работ.

Целесообразность кооперации производства, предполагающая выполнение каких либо видов работ на базе сервисного предприятия, в рамках действующих нормативов, не рассматривается. Корректировка структурного состава производства предусмотрена лишь за счёт объединения технологически совместимых производств на одном производственном участке. Эффективность проектных решений, как правило, оценивается комплексно, для предприятия в целом, без детализации, предполагающей оценку эффективности функционирования отдельных производственных подразделений. Очевидно, что выполнение сравнительного анализа, предполагающего сравнение показателей эффективности производственно-технической базы в составе комплексного АТП, с альтернативными вариантами, предполагающими развитие кооперационных связей и организацию крупных централизованных производств, действующими типовыми методами проектирования не предусмотрено.

Работы многих отечественных и зарубежных учёных, занимающихся вопросами организации производства и технологического проектирования производственно-технической базы предприятий транспортной отрасли направлены на детализацию и более точный расчёт проектных параметров и эффективное выполнение основных операций исследуемых процессов.

Так, например, работы Ю.В. Андрианова и А.А. Бачурина [12, 13, 17, 18] затрагивают экономические аспекты эксплуатации и восстановления транспортных средств. В частности, в этих работах приводятся методики определения стоимости и трудоёмкости ремонта автомобилей, а так же методика расчёта их остаточной стоимости.

В работах В.П. Апсина, Л.В. Дехтеринского, А.П. Пославского, В.В. Сорокина [14, 151, 171] и других авторов исследованы характеристики объектов ремонта, описаны технологические процессы, представлены основные методы повышения эффективности производственных процессов, разработаны научные основы управления качеством ремонта автотранспортных средств и проектирования технологических процессов восстановления деталей. Работы так же содержат сведения по теории ведения промышленных экспериментов в области технологии ремонта автомобилей.

В работах В.И. Карагодина, Н.Н. Митрохина [81, 82, 83] изложены основы авторемонтного производства и общие положения по организации ремонта автомобилей. Подробно рассмотрен технологический процесс капитального ремонта автотранспортных средств и базовых агрегатов. Приведены типовые технологические процессы ремонта деталей и узлов.

Е.С. Кузнецов [178, 189] в своих исследованиях рассматривает современное состояние технической эксплуатации автотранспортных средств как отрасли науки и практической деятельности, исследует причины изменения технического состояния автотранспортных средств, планово-предупредительную систему технического обслуживания (ТО) и ремонта, ее нормативы, закономерности формирования оптимальных структурных параметров средств обслуживания. Так же в работах Е.С. Кузнецова и других исследователей отражены методы управления производством автотранспортных и авторемонтных предприятий, общие принципы организации материально-технического обеспечения, рекомендации по построению системы технической эксплуатации автомобилей в особых условиях, методы обеспечения экологической безопасности

производственных процессов и перспективы развития системы технической эксплуатации автомобилей.

Традиционно, большинство исследователей отмечают два возможных пути развития производств в системе технической эксплуатации транспортных средств. Первый путь - совершенствование технологического обеспечения производства в рамках производственно-технической базы комплексного АТП (повышение уровня механизации производства, внедрение передовых технологических процессов, реализация оптимальных организационных решений и др.). Второй путь - концентрация, специализация и кооперация производства с целью укрупнения программ, создания новых типов предприятий по ТО и ремонту транспортных средств. Второй путь является более перспективным направлением в плане улучшения условий для использования достижений научно-технического прогресса и обеспечения необходимого уровня загруженности производственных мощностей. В результате концентрации и специализации производства увеличивается производительность труда, растёт фондоотдача, сокращается потребность в ресурсах для развития ПТБ.

Концентрация производства возможна, как в условиях действия рыночных механизмов, так за счёт применения административных методов, на основе создания единой организационно-управленческой структуры для группы хозяйствующих субъектов. Оба метода реализуемы в рамках системы городского пассажирского транспорта, выбор метода определяется структурными особенностями и организационной моделью управления транспортной системой. Анализ структурных параметров пассажирских транспортных систем муниципальных образований Оренбургской области позволяет сделать заключение о том, что исходный уровень кооперации производственных процессов, как правило, невелик и составляет порядка 15 - 20 % при оптимальном уровне 60 - 70 % (по Е.С. Кузнецову) [178, 189].

Опыт централизации, кооперирования и специализации производств ТО и ремонта транспортных средств в рамках системы городского

пассажирского транспорта свидетельствует, с одной стороны, что подобная перестройка по сравнению с традиционным развитием комплексных АТП обеспечивает значительную экономию всех ресурсов и интенсификацию производства, с другой - показывает, что совершенствование ПТБ является сложным и достаточно продолжительным динамическим процессом, протекающим во времени и пространстве, требующим в условиях действующих АТП и ограниченности ресурсов четкого определения приоритетов, распределения ресурсов и поэтапной реализации намеченных мероприятий. Выполнение этих требований позволит обеспечить годовой прирост производительности труда персонала на 3 - 5 %, сократить удельные капиталовложения в развитие производственно-технической базы на 10 - 15 %, снизить затраты на ТО и ремонт на 15 - 20 % и повысить техническую готовность парка на 3 - 5 % [178, 189].

По мнению ряда авторов [19, 36, 55, 59, 72, 95], концентрация и специализация структурных элементов производственно-технической базы рассматривается, как один из наиболее перспективных методов повышения эффективности эксплуатации транспортных средств. Но, следует отметить недостаточную проработанность методов определения оптимальных структурных параметров производственно-технической базы, как комплексных АТП, так и сервисных предприятий, выполняющих работы по ТО и ремонту транспортных средств на принципах кооперации.

Решению задачи определения оптимальных структурных параметров производственно-технической базы комплексного АТП посвящены научные труды Г.А. Шахалевича, Д.А. Дрючина, Н.Н. Якунина [59, 60, 203]. Авторами выдвинута гипотеза, подтверждаемая другими исследователями, о том, что оптимальная структура производственно-технической базы АТП и эффективность её использования зависят, главным образом, от объёма выполняемых работ, определяющего степень загруженности производственных мощностей и персонала. Исследователями предложен подход, основанный на сравнительном анализе величины суммарных затрат

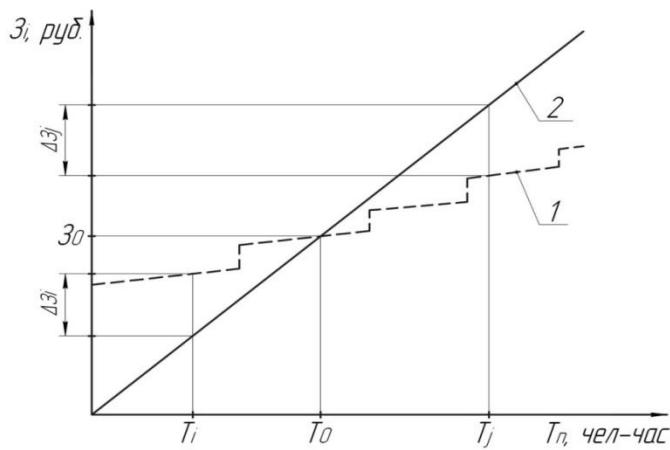
при реализации двух рассматриваемых стратегических подходов: при выполнении работ по ТО и ремонту транспортных средств на базе АТП; либо, при выполнении того же объёма работ по кооперации на базе сервисного предприятия. Предлагаемый подход иллюстрируется при помощи графиков, представленных на рисунке 1.7.

График 1 на рисунке 1.7 в обобщённом виде иллюстрирует зависимость суммарных производственных затрат от объёма работ по ТО и ремонту транспортных средств при их выполнении на производственно-технической базе комплексного АТП. График 2, представленный на том же рисунке, в обобщённом виде характеризует зависимость суммарных затрат от объёма работ по ТО и ремонту транспортных средств при их выполнении по кооперации на производственно-технической базе сервисного предприятия.

Как видно из графиков, представленных на рисунке 1.7, существует точка пересечения рассматриваемых зависимостей, определяющая граничное значение объёма работ  $T_0$ , при котором величина затрат на проведение работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств на собственной производственно-технической базе становится равной затратам на проведение того же объёма работ по кооперации на производственной базе сервисного предприятия.

При фактическом объёме работ, имеющим меньшее по сравнению с  $T_0$  значение, ( $T_i < T_0$ ), рассматриваемый ( $i$  – ый) вид работ целесообразно выполнять по кооперации на производственно-технической базе сервисного предприятия. В обратном случае отмечается целесообразность выполнения рассматриваемого ( $i$  – го) вида работ на производственно-технической базе комплексного АТП. Авторами разработана математическая модель, позволяющая выполнить расчёт основных параметров, определённых в теоретической части исследования. Установлены необходимые расчётные параметры и зависимости, определяющие величину переменных и постоянных затрат на выполнение заданного объёма основных видов работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту транспортных средств.

В качестве итогового результата выполненной работы приведены численные значения граничных объёмов работ для основных производственных подразделений комплексного АТП. Данные значения приведены в диссертационной работе Г.А. Шахалевича [203] и на рисунке 1.8.



1 – проведение работ по ТО и ремонту транспортных средств на базе комплексного АТП; 2 – проведение работ ТО и ремонту транспортных средств по кооперации на базе сервисного предприятия;  $Z_i$  – суммарные затраты на выполнение  $i$ -го вида работ по ТО и ремонту транспортных средств;  $T_i$  – объём  $i$ -го вида работ по ТО и ремонту транспортных средств

Рисунок 1.7 – Общий вид зависимостей суммарных затрат на выполнение работ по ТО и ремонту транспортных средств от их объёма:

Полученные данные являются основой для разработки методики определения оптимальных структурных параметров производственно-технической базы комплексного АТП, исходя из численности эксплуатируемого подвижного состава, его состояния, условий и интенсивности эксплуатации. Представляется перспективным определение многопараметрических зависимостей, позволяющих установить долю работ по ТО и ремонту транспортных средств, целесообразных к выполнению на производственно-технической базе комплексных АТП.

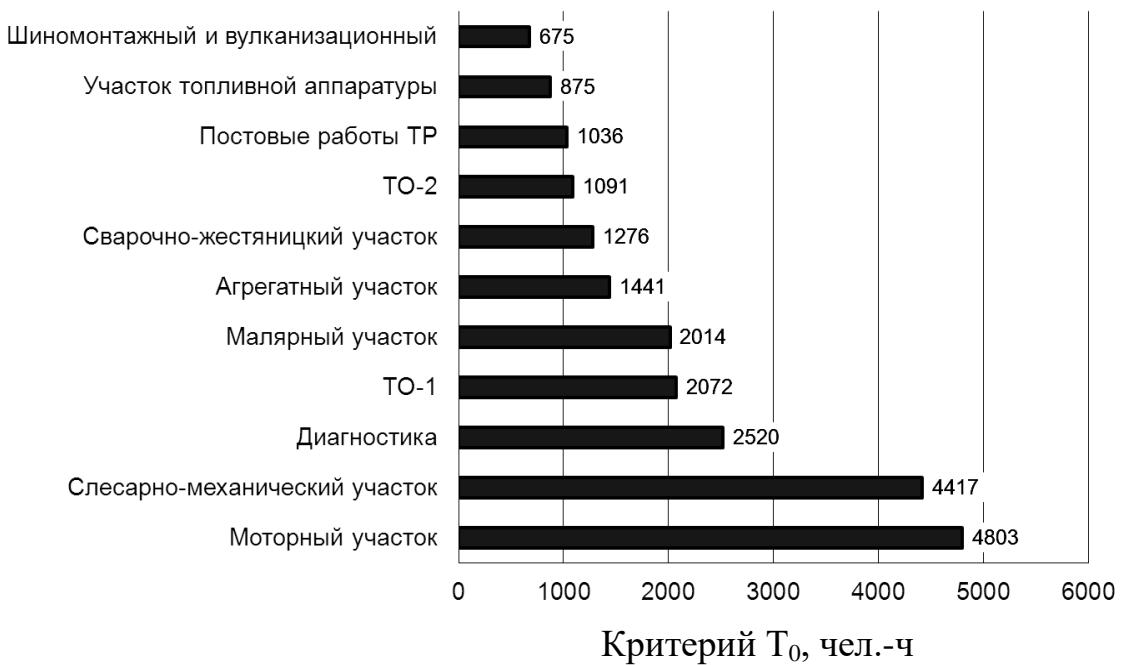


Рисунок 1.8 - Численные значения граничных объёмов работ для основных производственных подразделений комплексного АТП [203]

Объёмы и виды работ, выполнение которых не целесообразно на оптимизированной производственно-технической базе транспортных предприятий системы городского пассажирского транспорта, формируют структурные параметры объёмов работ, выполнение которых целесообразно на базе автобслуживающих предприятий на принципах кооперации и специализации. Таким образом, может быть произведено прогнозирование рынка сервисных услуг, предполагаемого к освоению сервисными предприятиями муниципального образования.

Оптимизация структурных параметров производственно-технической базы предприятий системы городского пассажирского транспорта, выполненная на основе предлагаемых методов, вероятно, приведёт к снижению общих затрат на поддержание подвижного состава в исправном состоянии. Данное обстоятельство необходимо учитывать при определении оптимальных структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты системы городского пассажирского транспорта.

Таким образом, оптимизация структурных параметров парка транспортных средств и структурных параметров производственно-технической базы, является взаимосвязанным многошаговым процессом, характеризуемыми наличием обратной связи, и выполняемым за несколько итераций.

В качестве итогов выполненного анализа следует отметить:

- в настоящее время существует острая потребность в создании методики, позволяющей комплексно учесть многообразие действующих факторов при определении оптимальных структурных параметров производственно-технической базы транспортных систем, в том числе, системы городского пассажирского транспорта;

- одним из направлений повышения эффективности производства работ по поддержанию парка транспортных средств в исправном состоянии является определение оптимального уровня кооперации автотранспортных и сервисных предприятий в рамках единой логистической системы;

- формирование сбалансированной производственно-технической базы автотранспортных и сервисных предприятий системы городского пассажирского транспорта возможно на принципах взаимной финансовой заинтересованности хозяйствующих субъектов в условиях его трансформации в макроуровневую логистическую систему.

Данные положения во многом определяют обоснованность, и актуальность выполнения данного раздела диссертационной работы.

#### **1.4 Логистический подход, как основа определения структурных параметров системы городского пассажирского транспорта**

Проводимое исследование направлено на оптимизацию сложной многоуровневой системы, функционирование которой определяется множеством разнородных факторов, которые могут быть идентифицированы, как материальные, информационные и финансовые потоки.

Традиционно, одним из эффективных подходов к решению задачи оптимизации функционирования таких систем, является логистический подход, предусматривающий формирование единого материального потока в рамках всей системы, определением целевых требований к параметрам данного потока и разработку мероприятий по достижению данных показателей.

Основные положения, описывающие логистический подход и общие принципы построения многоуровневых логистических систем, приведены в работах Б.А. Аникина, А.К. Антонюка, А.М. Гаджинского, М.Н. Григорьева, А.П. Долгова, И.В. Карапетянц, Е.С. Кузнецова, В.П. Мельникова, Л.Б. Миротина, Е.И. Павловой, Т.А. Родкиной, А.Г. Схиртладзе, С.А. Уварова и многих других авторов [38, 48, 92, 101, 102, 116, 120, 121, 133, 134, 229]. Материал, представленный в трудах указанных авторов, носит фундаментальный системообразующий характер. В работах описаны: сущность, концепция и функции логистического подхода; основные понятия; методический аппарат логистики; функциональные области и разделы.

Принципиальным отличием логистического подхода к управлению материальными потоками, формирующими целевые характеристики производимого общественного продукта, заключается в следующем:

- в выделении единой функции управления прежде разрозненными материальными потоками, формируемыми в рамках отдельных предприятий;
- в технической, технологической, экономической и методологической интеграции отдельных звеньев макроуровневой логистической цепи в единую систему, обеспечивающую эффективное управление сквозными материальными потоками.

Исходя из уровня организации рассматриваемой системы различают микроуровневый и макроуровневый масштаб интеграции логистических элементов. В макроуровневых системах звеном логистической цепи является предприятие, а в более масштабной интерпретации, структурный элемент, сформированный несколькими предприятиями. Микроуровневой системой,

как правило, является предприятие, а в качестве звеньев логистической цепи рассматриваются производственные подразделения данного предприятия.

Общий принцип построения макроуровневых логистических систем иллюстрирует схема, представленная на рисунке 1.9.



Рисунок 1.9 – Схема построения макроуровневых логистических систем

Как было отмечено ранее, основным отличием от традиционного подхода к управлению макросистемами является наличие нового объекта управления – сквозного материального потока, преобразующегося на выходе из системы в общественно-полезный продукт. Для системы городского пассажирского транспорта таким продуктом (услугой) является перемещение городского населения с целью обеспечения его транспортных потребностей.

Макроуровневые логистические системы, к числу которых, в разрезе применяемого методического подхода, отнесены системы городского наземного пассажирского транспорта, обладают следующими свойствами:

- Целостность и членимость. В макрологистической системе элементом является подсистема (структурный элемент), который, в свою очередь

сформирован совокупностью предприятий (хозяйствующих субъектов);

- Связь. В макрологистических системах элементы связаны товарно-денежными и производственно-технологическими отношениями. Данные связи являются основой для формирования финансовых и информационных потоков. В ряде случаев, организация данных потоков является отдельной логистической задачей;

- Организация системы. В макрологистических системах это свойство определяется структурой производственно-технологических и хозяйственных связей;

- Интегративные свойства. Построенная на основе логистических принципов макроуровневая система приобретает свойства, характерные для этой системы, как для единого целого. Но эти свойства не присущи ни одному из элементов системы в отдельности. Наличие интегративных свойств показывает, присутствие определённого синергетического эффекта, определяемого тем, что свойства системы хотя и зависят от свойств отдельных элементов, но не определяются ими полностью и не являются их суммой.

Исходя из вышеизложенного, материальные потоки практически любой сложной макросистемы необходимо дополнить финансовыми и информационными потоками, а также структурными элементами, осуществляющими управление данными потоками (рисунок 1.12).

Согласно одному из определений [48]: «Логистика – это наука об управлении потоками и запасами». Как правило, звенья логистической цепи, имеют различную пропускную способность, а материальный поток меняет свои количественные, дискретные и скоростные характеристики в процессе преобразования. Как следствие, прямолинейная логистическая цепь, изображённая на рисунке 1.10, на практике имеет более сложную структуру, предполагающую разделение, слияние материальных потоков, наличие параллельных звеньев и накопителей, предназначенных для сглаживания неравномерностей материального потока.



Рисунок 1.10 – Структурная схема сложной макросистемы с прямолинейным характером движения материального потоком

Более сложный вариант структурной схемы, иллюстрирующей взаимодействие элементов логистической макросистемы, представлен на рисунке 1.11. В представленной логистической системе сквозной материальный поток, в процессе продвижения и преобразования, исходя из пропускной способности звеньев, разбивается на параллельные составляющие, а для сглаживания неравномерностей потока предусмотрены накопители – склады. Усложнение логистической системы привело к пропорциональному усложнению схем распределения финансовых и информационных потоков.

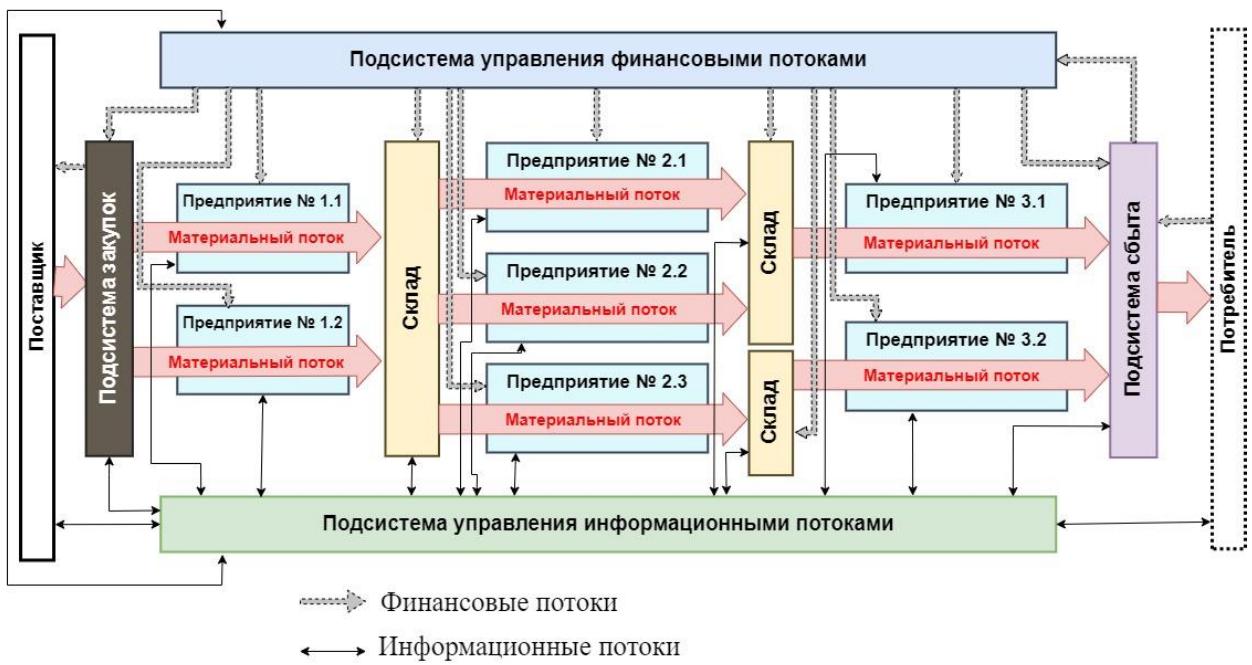


Рисунок 1.11 – Схема логистической системы с параллельными материальными потоками

Как видно из структурных схем, представленных на рисунках 1.9, 1.10 и 1.11, логистические системы могут иметь разнообразное структурное построение и различный уровень сложности. Их описание, во многом определяемое характером решаемых задач, может иметь различную детализацию. Но, следует отметить, что общей чертой любой логистической системы является наличие единых целевых показателей, определяющих эффективность её функционирования. Данные показатели, зачастую, оказывают решающее влияние на структурные параметры системы и, во многом определяют вектор её развития.

Анализ различных видов сложных многоуровневых логистических систем позволил установить, что все существующие системы можно разделить на два типа.

Первый тип – системы спроектированные, сформированные и организационно выстроенные по логистическим принципам.

Второй тип – сложные многоуровневые социально-технические

системы, сформированные без учёта логистических принципов, но частично использующие данные принципы, как инструмент повышения эффективности функционирования.

Система городского пассажирского транспорта относится к системам второго типа. Пассажирский транспорт органично встроен в производственные и социально-экономические процессы муниципальных образований. Характерными чертами пассажирских транспортных систем современных городов, как правило, являются:

- сложная, многоуровневая структурная схема построения;
- наличие элементов и связей различного происхождения;
- разнонаправленность целевых показателей работы, определяемых интересами потребителей, организаторов и исполнителей производственных функций;
- высокая социальная значимость.

Реализация логистических принципов управления в отношении больших систем второго типа, предполагает выполнение ряда системообразующих мероприятий, к числу которых относятся:

- определение границ и ключевых элементов логистической системы;
- определение параметров внешней среды, оказывающих влияние на показатели работы логистической системы и учитываемых при моделировании её функционирования;
- определение перечня показателей, характеризующих эффективность работы системы и целевых значений данных показателей.

При реализации данных мероприятий в отношении системы городского наземного пассажирского транспорта необходимо учитывать, что данная система является структурным элементом систем более высокого уровня: региональной транспортной системы или транспортной системы республиканского уровня.

Для иллюстрации изложенного материала рассмотрены основные подсистемы системы городского пассажирского транспорта, которые условно

можно разделить на три категории:

**I. Материальные объекты:**

- подвижной состав;
- производственно-техническая база транспортных предприятий;
- производственно-техническая база сервисных предприятий;

**II. Инфраструктурные объекты:**

- городская транспортная сеть;
- транспортная инфраструктура;
- маршрутная сеть регулярных пассажирских перевозок;
- инфраструктура топливно-энергетического обеспечения;
- информационно-справочная инфраструктура;
- инфраструктура материально-технического обеспечения;

**III. Организационно-управленческие структуры:**

- система управления финансовыми потоками;
  - система информационного обеспечения и управления информационными потоками;
  - система административно-хозяйственного управления;
  - система нормативно-правового обеспечения;
  - система технологического обеспечения;
- и другие элементы.

Каждый из перечисленных структурных элементов можно представить как мезо- или микро- уровневую логистическую систему, функционирующую в рамках макроуровневой системы городского пассажирского транспорта.

Построение логистической системы, охватывающей все элементы системы городского наземного пассажирского транспорта, является крайне сложной многопараметрической задачей. Добавление каждого структурного элемента к существующей логистической цепи на порядок усложняет математическую модель, описывающую систему и моделирующую целевые показатели её функционирования. Исходя из этого, большинство

исследователей, рассматривающих систему городского пассажирского транспорта, как логистическую систему, придерживаются следующего плана её построения:

- определение целевых показателей оптимизации;
- аналитическое исследование значимости действующих факторов;
- формирование перечня наиболее значимых структурных элементов;
- определение границ логистической системы;
- формирование перечня переменных величин и параметров, характеризующих состояние окружающей среды.

Процесс формирования логистических систем в рамках системы городского пассажирского транспорта проиллюстрирован при помощи диаграммы, представленной на рисунке 1.12.

Возможность и целесообразность реализации логистического подхода в отношении пассажирских транспортных систем рассмотрена в научных и прикладных работах: В.И. Бережного, Е.В. Бережной, А.В. Гузенко, В.С. Лукинского, Д.Ю. Мелентьева, Л.Б. Миротина, Е.Е. Поповой и других исследователей [52, 107, 115, 120, 138].

В работах данных авторов уточнено понятие пассажирских транспортно-логистических систем, обозначены их основные свойства, рассмотрены основные принципы проектирования и функционирования данных систем на микро-, мезо- и макроуровнях, определены цели и критерии оценки функционирования. Работы большинства авторов построены исходя из решения ключевых вопросов, решаемых в процессе определения принципов функционирования любой транспортно-логистической системы. Определены границы, сформированы перечни управляемых системных факторов и учитываемых параметров внешней среды.



Рисунок 1.12 – Диаграмма формирования логистических систем в рамках системы городского пассажирского транспорта

Например, в ряде научных работ [35, 120, 138, 157], при формировании транспортно-логистических систем, заложен принцип централизации функций управления и координации деятельности независимых субъектов в рамках сформированной логистической системы.

Другой пример реализации логистических принципов в отношении систем городского пассажирского транспорта представлен в диссертационном исследовании Е.В. Поповой [138]. Основная идея работы заключается в изменении механизма организации перевозок. В плане совершенствования организационной структуры регионального пассажирского транспорта, автором предложено создание регионального транспортно-логистического центра. Основная функция данного центра - маршрутизация пассажиропотоков, с целью обеспечения оказания

транспортных услуг с оптимальным сочетанием значений показателей качества. Интересной идеей, реализованной в рамках данной работы, является выбор пассажиром приоритетных критериев качества транспортного обслуживания и формировании, на основании поданной заявки оптимальной маршрутной схемы движения. При этом, региональный пассажирский транспортно-логистический комплекс рассмотрен, как совокупность многочисленных взаимосвязанных звеньев транспортно логистической инфраструктуры, обеспечивающей перевозку пассажиров и оказание сервисных услуг на различных этапах обслуживания.

Другой разновидностью реализации логистических принципов в отношении системы городского пассажирского транспорта является идея внедрения так называемого брутто-контракта. Данный метод распределения финансовых потоков описан в публикациях В.В. Валдина, В.А. Студеникина, М.Р. Якимова, Н.В. Якуниной, и других авторов [26, 214, 222]. Целесообразность внедрения данного метода периодически обсуждается на различных публичных площадках, научных и практических конференциях, научной общественностью, представителями органов местного самоуправления и представителями предприятий, осуществляющих хозяйственную деятельность в системе городского пассажирского транспорта.

Суть идеи брутто-контракта заключается в том, что организатор перевозок – структура образованная субъектом Российской Федерации или органом местного самоуправления, закупает весь необходимый объём транспортной работы по перевозке пассажиров у субъектов (перевозчиков), осуществляющих транспортную деятельность. Пассажиры при этом оплачивают свои поездки, а собранные деньги передаются обратно в бюджет города. При этом, организатор перевозок осуществляет контроль за качеством оказываемых транспортных услуг и осуществляет оплату транспортных услуг исходя из фактического пробега транспортных средств на маршрутах, выполненного в соответствии с расписанием. Внедрение

брутто-контракта, в той или иной степени, позволяет решить проблемы с контролем расписания, со сбором выручки, уплаты налогов, с обеспечением контроля за работой транспорта и борьбой с нелегальными перевозками.

В диссертационной работе А.В. Гузенко [52] рассмотрена возможность введения государственного регулирования работы городского общественного транспорта. Экономическая эффективность такого регулирования, целевые показатели и общие принципы осуществления построены исходя из основных принципов логистического подхода. В работе рассмотрены общие принципы регулирования параметров транспортной системы исходя из предложенного автором комплекса целевых показателей. Определены три уровня логистического менеджмента, предполагающих решение стратегических, тактических и оперативных задач. Исходя из экономической направленности диссертационного исследования, технические и технологические вопросы, связанные с реализацией предложенных мероприятий, выведены за его рамки и определены, как целесообразные к разработке перспективные направления.

Таким образом, выявлен пробел в существующих знаниях, определяемый как отсутствие методического обеспечения в решении вопросов определения оптимальных структурных параметров материальной базы системы городского наземного пассажирского транспорта, на основе применения логистического подхода к решению данного вопроса.

Для определения границ моделируемой логистической системы построено дерево систем, иллюстрирующее структурное содержание элементов городского наземного пассажирского транспорта (рисунок 1.13).

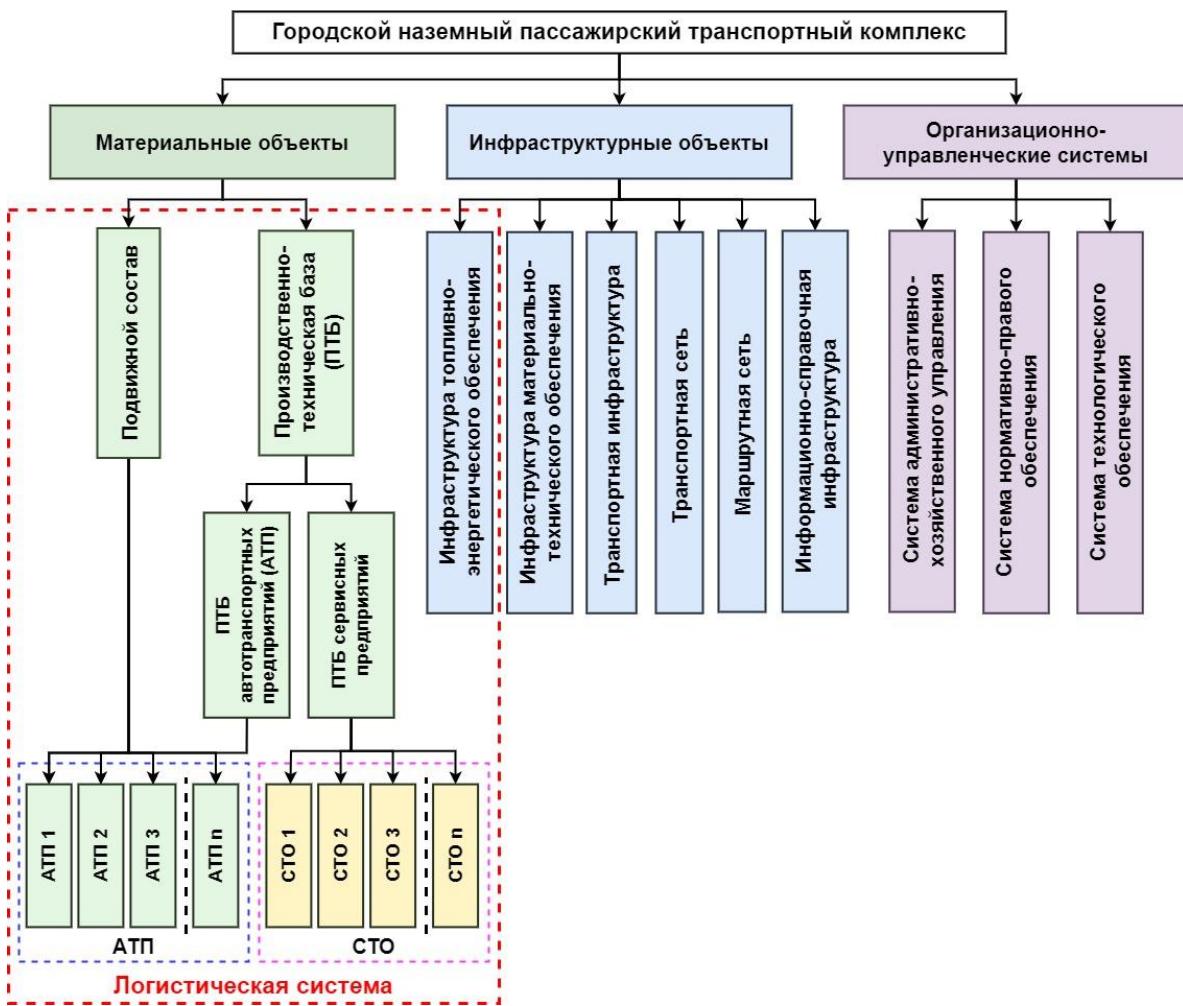


Рисунок 1.13 – Дерево систем городского наземного пассажирского транспорта

Ключевыми элементами одного из верхних уровней формируемой логистической системы являются наиболее ресурсо- и капиталоёмкие структурные элементы, составляющие основу материальной базы системы городского наземного пассажирского транспорта:

- подвижной состав, осуществляющий транспортное обслуживание населения;
- производственно-техническая база транспортных и сервисных предприятий, обеспечивающая условия для проведения работ по поддержанию парка эксплуатируемых транспортных средств в исправном состоянии;

- инфраструктура топливно-энергетического обеспечения, формирующая условия для эффективного применения, как традиционных, так и альтернативных источников энергии для осуществления транспортного процесса.

В рамках проводимого исследования данные структурные объекты выбраны в качестве основы для построения оптимизируемой логистической системы, определяющей её границы.

Другие инфраструктурные объекты, такие как: транспортная и маршрутная сети, транспортная инфраструктура, инфраструктура материально-технического обеспечения, наряду с информационно-справочной инфраструктурой, выведены из перечня объектов, управляемых на уровне разрабатываемой логистической системы и рассматриваются как объекты окружающей среды с заданными параметрами.

В структуру разрабатываемой логистической системы так же не включены организационно-управленческие подсистемы системы городского наземного пассажирского транспорта.

Формирование структурного состава и принципов организации функционирования ключевых элементов, включённых в логистическую систему, как правило, рассматривается, как отдельные оптимизационные задачи, решаемые исходя из условия достижения целевых показателей, установленных для каждой из рассматриваемых подсистем. При этом, состояние смежных подсистем рассматривается в качестве характеристик внешней среды, оказывающей влияние на состояние смежной подсистемы.

Каждый из ключевых элементов, как правило, сформирован группой предприятий (хозяйствующих субъектов), зачастую находящихся в состоянии острой конкурентной борьбы, обусловленной ограниченной ёмкостью рынка транспортных и сервисных услуг.

Традиционно управление каждым из предприятий, осуществляющих свою деятельность в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта, осуществляется собственниками обособлено. При этом, задача

управления сквозными материальными, информационными и финансовыми потоками в рамках транспортной системы не формулируется и, очевидно, не решается. Не выделяется так же категория «сквозной поток» применительно к каждой из рассматриваемых подсистем. Как следствие, такие показатели материального потока, как относительный объём, надёжность поступления, диапазон колебаний и другие, формируются по итогам работы транспортной системы, складываются во многом стихийно и, как правило, далеки от оптимальных.

Одним из возможных направлений решения данной проблемы, является применение логистического подхода к процессам определения структурных параметров и организации работы системы городского пассажирского транспорта. При этом, система городского пассажирского транспорта общего пользования рассматривается как макроуровневая логистическая система, включающая в свой состав транспортные предприятия, являющиеся звенями единой логистической цепи.

Практическая реализация логистического подхода позволит сократить производственные издержки в ключевых элементах транспортных систем на основе оптимизации их структурных параметров.

В рамках проводимого исследования определён состав ключевых элементов, определяющий границы логистической системы:

- подвижной состав транспортных средств;
- производственно-технической базы автотранспортных предприятий;
- производственно-технической базы сервисных предприятий;
- инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения.

Эффект достигается за счёт оптимального распределения производственных мощностей их более полной загрузки, обеспечения необходимого уровня концентрации и специализации производства.

Выполненный литературный обзор, анализ известных результатов применения логистических методов в отношении больших систем, позволяет выдвинуть гипотезу о том, что результат комплексной оптимизации может

проявиться не только как сумма эффектов, полученных в звеньях цепи, но и как дополнительная синергетическая составляющая, получаемая в результате обеспечения эффективной работы транспортной системы, как единого целого.

## **1.5 Выводы по первой главе, цель и задачи исследования**

1. Система городского наземного пассажирского транспорта является сложной многоуровневой системой, оказывающей значительное влияние на качество жизни городского населения. Система включает в свой состав взаимосвязанные разнородные макроэлементы: средства материального производства; инфраструктурные объекты и организационно-управленческие системы. Согласованность структурного состава данных элементов и их гармоничное взаимодействие, во многом определяет качество транспортного обслуживания городского населения.

2. Одним из известных методов повышения эффективности функционирования больших социально-технических систем, является логистический подход, для реализации которого необходимо: определить комплекс целевых показателей функционирования системы, как единого целого; установить: границы системы, ключевые структурные элементы, входные и выходные параметры, а так же параметры окружающей среды, оказывающие влияние на работу системы; сформировать в рамках системы сквозной материальный поток, финансовые и информационные потоки, определяющие взаимодействие структурных элементов; определить оптимальные структурные и функциональные параметры системы, исходя из условия достижения заданных значений целевых показателей.

3. Сформированный комплекс ключевых показателей, включающий в себя экономические, экологические составляющие, а так же показатели энергоэффективности транспортного процесса, принят в качестве основы для формирования целевой функции управления системой городского наземного

пассажирского транспорта. На основе сформированного перечня показателей (критериев) эффективности определены границы городского наземного пассажирского транспортного комплекса как логистической системы. В качестве ключевых элементов, формирующих границы и структурные параметры транспортного комплекса, приняты наиболее ресурсо- и капиталоёмкие подсистемы: подвижной состав; производственно-техническая база транспортных и сервисных предприятий; инфраструктура топливно-энергетического обеспечения.

4. Анализ научных работ, нормативной документации и имеющегося практического опыта в области определения структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского наземного пассажирского транспорта, позволил установить, что исходными данными, для решения данной задачи являются: объёмы перевозок пассажиров по городским маршрутам, параметры распределения пассажиропотоков по участкам маршрутов и временным интервалам, технологические параметры транспортного процесса и технико-экономические характеристики рассматриваемых видов транспорта и категорий транспортных средств. Установлено, что при существующей организации функционирования системы городского наземного пассажирского транспорта имеет место разнонаправленность интересов участников транспортного процесса, несогласованность целевых показателей работы хозяйствующих субъектов, осуществляющих перевозку пассажиров по городским маршрутам. Указанные обстоятельства в сочетании с условиями конкурентной борьбы на рынке транспортных услуг являются существенными препятствиями в формировании оптимальных структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих городские маршруты. Решить обозначенную проблему представляется возможным на основе реализации логистического подхода, предполагающего объединение ключевых элементов системы городского пассажирского транспорта в единую логистическую систему, и решение задачи определения

оптимальных структурных параметров ключевых элементов системы, исходя из условия достижения заданных значений целевых показателей, установленных для системы в целом.

5. По результатам анализа факторов, определяющих эффективность процесса перевозки пассажиров в рамках городского наземного транспортного комплекса, установлено, что существенное влияние на показатели эффективности транспортного процесса оказывает состояние и структурные параметры производственно-технической базы транспортных и сервисных предприятий, обеспечивающих поддержание парка транспортных средств в исправном состоянии. Обзор научных и прикладных работ, посвящённых решению вопросов технологического проектирования и разработки планировочных решений производственно-технической базы транспортных и сервисных предприятий, позволяет сделать заключение о том, что типовые методы проектирования предполагают формирование структуры производственной базы, исходя из технологической потребности. Отсутствуют однозначно установленные критерии, определяющие структурные параметры производственно-технической базы транспортных предприятий. Не установлены факторы, определяющие условия формирования объёма и структуры работ, целесообразных к выполнению на производственно-технической базе сервисных предприятий. Применение традиционных методов проектирования в условиях децентрализованного рынка, сформированного множеством транспортных предприятий различной мощности, приводит к возникновению диспропорций, проявляющихся в нерациональном использовании производственных мощностей или отсутствии технологического обеспечения сложных капиталоёмких производств. Решение обозначенной проблемы так же возможно на основе реализации логистического подхода, предполагающего включение производственно-технической базы, сформированной совокупностью производственных мощностей транспортных и сервисных предприятий, в логистическую цепь и определение структурных параметров данного

макроэлемента на основе заданных значений целевых показателей всей логистической системы.

6. Результаты анализа структуры эксплуатационных затрат и оценки влияния инфраструктурных макроэлементов на показатели эффективности функционирования системы городского наземного пассажирского транспорта послужили основанием для включения инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения в состав формируемой логистической системы. Установлено наличие взаимного влияния параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения и структурных параметров парка транспортных средств, определяющих численность ключевых потребителей различных видов энергоресурсов. Определено, что для решения задачи оптимизации структурных параметров подсистемы топливно-энергетического обеспечения системы городского наземного пассажирского транспорта необходимо:

- параметрически описать многомерную область эффективного применения альтернативных технологических схем топливно-энергетического обеспечения;
- определить структурные параметры парка ключевых потребителей и объёмов потребляемых энергоресурсов;
- определить целесообразность создания инфраструктуры альтернативных технологических схем топливно-энергетического обеспечения при установленных целевых показателях функционирования системы городского пассажирского транспорта;
- выполнить расчёт технологических параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского пассажирского транспорта.

7. Обоснованная целесообразность применения логистического подхода к решению задачи формирования оптимальных структурных параметров ключевых макроэлементов системы городского пассажирского транспорта является основанием для разработки методологии, позволяющей

учесть взаимосвязь структурных параметров звеньев логистической цепи и определить их оптимальное сочетание, обеспечивающее заданное значение результирующих показателей эффективности функционирования системы, как единого целого.

На основе анализа информации, приведённой в данном разделе, сформулирована цель диссертационного исследования и определены задачи, решение которых обеспечивает её достижение.

**Цель работы** - Повышение эффективности функционирования системы городского наземного пассажирского транспорта на основе единого целеполагания, определяющего направления согласованного развития и параметрической взаимосвязи структурных частей.

**Задачи исследования:**

1) Разработать концепцию структурного построения системы городского пассажирского наземного транспорта на основе технико-экономической и экологической оценки функционирования подсистем, входящих в её состав.

2) На основе математического моделирования показателей эффективности транспортного процесса разработать методические комплексы, позволяющие определить оптимальные структурные параметры парка подвижного состава системы городского пассажирского наземного транспорта, исходя из условия минимизации комплексных затрат, включающих в себя затраты на перевозку пассажиров и затраты на компенсацию экологического ущерба.

3) Разработать методику определения оптимальных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского пассажирского наземного транспорта с учётом структуры, интенсивности эксплуатации и территориального расположения парка подвижного состава.

4) Обосновать критерии целесообразного уровня кооперации транспортных и сервисных предприятий при организации работ по обеспечению исправного состояния подвижного состава. Разработать

методику определения оптимальных структурных параметров производственно-технической базы предприятий системы городского пассажирского наземного транспорта..

5) Разработать методику решения оптимизационной задачи, обеспечивающей логическое единство разработанных моделей и методов, определяющей состояние и взаимное влияние подсистем системы городского пассажирского наземного транспорта, формирующей минимальное значение совокупных затрат на перевозку пассажиров.

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ НАЗЕМНОГО ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

### **2.1 Описание структуры наземного городского пассажирского транспорта**

Исходя из рассматриваемых подсистем системы городского наземного пассажирского транспорта, разработана его структурная схема, представленная на рисунке 2.1.

Схема является основой для реализации логистических принципов при определении сочетания структурных параметров, характеризующих её оптимальное состояние. На схеме приведены ключевые элементы городского наземного пассажирского транспорта, к числу которых относятся:

- подвижной состав транспортных средств, осуществляющих перевозку пассажиров по регулярным городским маршрутам;
- производственно-техническая база транспортных и сервисных предприятий;
- инфраструктура зарядно-заправочного комплекса;
- маршрутная сеть муниципальных регулярных перевозок;
- транспортная инфраструктура;
- организационно-управленческая структура.

Городской пассажирский транспорт функционирует в условиях городской среды. Исходя из этого, на его работу непосредственное влияние оказывают параметры, определяемые планировкой городской территории и параметры улично-дорожной сети, данные факторы так же включены в схему, представленную на рисунке 2.1.

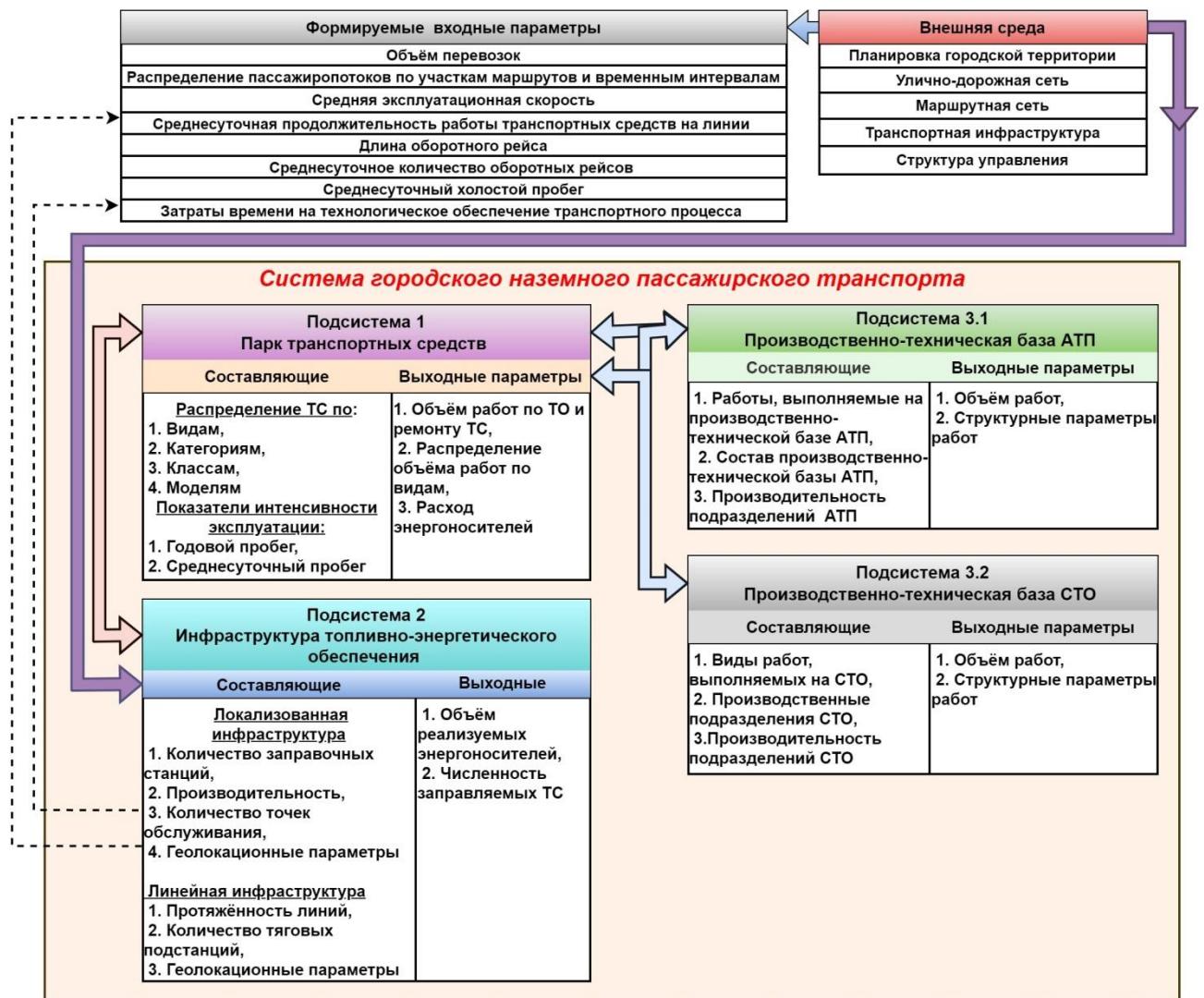


Рисунок 2.1 – Схема взаимодействия ключевых подсистем системы городского пассажирского наземного транспорта

В состав оптимизируемой логистической системы включены наиболее капиталоёмкие структурные элементы, составляющие материальную основу системы городского пассажирского транспорта. К числу таких элементов отнесены: подвижной состав; производственно-техническая база транспортных предприятий; производственно-техническая база сервисных предприятий; инфраструктура топливно-энергетического обеспечения. Разработка методологии оптимизации структурных параметров рассматриваемой логистической системы является одной из ключевых задач диссертационного исследования. Структурные параметры ключевых элементов системы городского пассажирского транспорта, в рамках

исследования, рассматриваются как управляемые переменные величины, изменяемые в заданных пределах.

Другие элементы системы городского пассажирского транспорта, к числу которых отнесены: планировочные решения городской территории; улично-дорожная сеть; маршрутная сеть; транспортная инфраструктура; подсистема организации и управления не включены в состав логистической системы. Данные элементы, их структурные и функциональные параметры приняты в качестве постоянных величин, формирующих условия функционирования исследуемой транспортной системы. К числу факторов, формируемых внешней средой, отнесены:

- 1) объём перевозок;
- 2) распределение пассажиропотоков по участкам маршрутов и временным интервалам;
- 3) средняя скорость сообщения;
- 4) среднесуточная продолжительность транспортных средств на линии;
- 5) длина оборотного рейса;
- 6) среднесуточное количество оборотных рейсов;
- 7) среднесуточный холостой пробег и др.

Численные значения перечисленных факторов могут в значительной степени варьироваться для различных маршрутов в пределах оной транспортной системы. Исходя из этого, перечисленные факторы подлежат детальному учёту применительно к каждому маршруту транспортной системы. Оптимальные структурные параметры парка транспортных средств для всей совокупности маршрутов транспортной системы могут быть определены как сумма численных значений данных параметров, определённых для каждого маршрута.

Оптимизируемыми структурными параметрами парка транспортных средств (рисунок 2.1) являются: общая численность транспортных средств и её распределение по видам транспорта, категориям, классам и моделям. Очевидно, что область предпочтительного применения рассматриваемых

видов транспорта, категорий и классов транспортных средств задаётся сочетанием вышеуказанных входных параметров. Количество входных параметров определяет размерность области исследования.

Размерность области исследования во многом определяет сложность математического аппарата, адекватность восприятия и возможность практического применения результатов исследования. Достаточно легко воспринимаются и описываются двух и трёхмерные области исследования. Исходя из этого, область проводимого исследования целесообразно свести к двух или трёхмерной размерности.

В соответствии со схемой, представленной на рисунке 2.1, на формирование оптимальных структурных характеристик парка транспортных средств, обслуживающих городские пассажирские маршруты, оказывает влияние семь факторов. Исследование функции, формируемой семью переменными величинами, является неоправданно сложной математической задачей, требующей упрощения за счёт сокращения размерности. Исходя из этого, в качестве предварительного этапа исследования произведена оценка значимости (ранжирование) входных параметров. При получении результатов, являющихся основанием для сокращения размерности целевой функции, необходимо исключить малозначимые параметры из числа факторов, определяющих размерность целевой функции. Методика определения значимости входных параметров и обоснования размерности области эффективного применения рассматриваемых классов и категорий транспортных средств, приведена в последующих главах работы.

Дополнительно структурные параметры парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского пассажирского транспорта, определяются параметрами существующей инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения. От выбора энергоносителя и технологии его применения во многом зависят экономические и экологические показатели, определяющие эффективность транспортного процесса. Кроме того, параметры инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения

оказывают влияние на такие показатели эксплуатации транспортных средств, как холостой пробег и затраты времени на организационно-технологическое обеспечение транспортного процесса. В ряде случаев данные факторы могут оказать решающее влияние на эффективность эксплуатации рассматриваемых видов транспорта и категорий транспортных средств.

Обоюдный характер влияния структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского пассажирского транспорта и инфраструктурных параметров системы топливно-энергетического обеспечения, в ряде случаев является препятствием для внедрения альтернативных видов энергоносителей и технологий топливно-энергетического обеспечения транспортного процесса.

Инновационные технологии топливно-энергетического обеспечения, как правило, формируют условия для повышения эффективности эксплуатации транспортных средств и расширения топливно-энергетической базы транспортного комплекса. Эффективность эксплуатации, при этом, как правило, определяется сочетанием экологических и экономических показателей. Приобретение или модернизация транспортных средств, обеспечивающих возможность реализации альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения, как правило, является задачей, решаемой на уровне предприятия-перевозчика, и требует с его стороны определённого объёма инвестиций. Очевидным условием инвестирования является получение дополнительной прибыли, обеспечивающей приемлемый срок окупаемости капиталовложений. Благоприятные условия для инвестирования процессов внедрения альтернативных технологий топливно-энергетического обеспечения могут быть сформированы, как естественным путём, формируемым технико-экономическими показателями их внедрения, так и за счёт реализации мероприятий предусмотренных государственными или региональными целевыми программами, направленными на стимулирование внедрения данных инноваций.

Обеспечение обозначенных условий является необходимым, но не

достаточным для практического внедрения альтернативных технологий топливно-энергетического обеспечения. Другим обязательным условием является наличие инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения, формирующей условия эффективного внедрения инновационной технологии.

Формирование такой инфраструктуры, в условиях экономической разобщённости элементов пассажирского наземного транспортного комплекса, является задачей, реализуемой инвестором, осуществляющим предпринимательскую деятельность в данной сфере. Целесообразность инвестирования, традиционно, определяется соотношением объёма инвестиций и получаемой прибыли. Данные параметры определяются такими факторами, как: объем реализуемого энергоносителя; разница между закупочной и розничной ценой энергоносителя; проектная производительность и разветвлённость проектируемой сети; эксплуатационные затраты на её содержание и др. Многие из указанных факторов определяются структурными параметрами парка ключевых потребителей, их локационными данными, показателями интенсивности эксплуатации транспортных средств и другими факторами.

В ряде случаев формирование инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения связано с решением обратной задачи. В ситуации, когда инфраструктура создана и функционирует в течение длительного срока, за который произошли существенные изменения структурных параметров парка ключевых потребителей. В этой связи, с определённой периодичностью возникает вопрос о целесообразности модернизации существующей инфраструктуры.

Таким образом, задача формирования и взаимной гармонизации структурных параметров парка транспортных средств системы городского наземного пассажирского транспорта, и структурных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения носит многошаговый итерационный характер, решается за несколько итераций при комплексном использовании методик определения оптимальных параметров

рассматриваемых элементов в рамках сформированной логистической системы.

Следует обратить внимание на то, что существует два типа инфраструктурных подсистем топливно-энергетического обеспечения (рисунок 2.1): локализованная и линейная.

Локализованная подсистема - предполагает наличие автономных транспортных средств, имеющих определённый запас энергоносителя на борту, и пополняющих этот запас на заправочных (зарядных) станциях, формирующих сеть, обладающую необходимыми параметрами доступности и производительности. Проектная производительность, как правило, определяется такими параметрами, как количество точек обслуживания и среднее время одной заправки (зарядки) и др. Доступность реализуемого в рамках сети энергоносителя определяется расположением заправочных станций на территории города. Указанные параметры оказывают непосредственное влияние на непроизводственные потери времени, обусловленные условиями осуществления процесса заправки.

Линейная инфраструктура топливно-энергетического обеспечения – это инфраструктура, обеспечивающая эксплуатацию электротранспортных средств (троллейбус, трамвай, троллейбус с автономным ходом и др.), потребляющих энергию от контактной сети. Такое потребление может быть организовано на протяжении всего маршрута или на какой-то его части (при наличии устройств, обеспечивающих накопление энергии на борту транспортного средства). Контактная сеть представляет собой комплекс устройств для передачи электроэнергии от тяговых подстанций к подвижному составу через токоприемники. В состав сети, помимо контактного провода, входит комплекс сооружений и устройств (опоры, изоляторы, несущие конструкции, подвесы и т.д.). Для питания контактного провода током организован комплекс тяговых подстанций, защитных устройств и преобразователей электроэнергии. При внедрении в структуру

системы городского пассажирского транспорта рельсовых видов транспорта, дополнительно учитываются затраты на обустройство и обслуживание путей.

Следующей структурной составляющей системы городского наземного пассажирского транспорта является производственно-техническая база, обеспечивающая выполнение работ по поддержанию подвижного состава в исправном состоянии. Большинство транспортных систем современных городов были сформированы много десятилетий назад, в годы плановой экономики. Централизованный характер формирования производственно-технической базы обеспечивал её органичное, экономически и технологически обоснованное включение в структуру комплексных транспортных предприятий, являвшихся основными производственными элементами системы городского пассажирского транспорта. Обоснованная мощность транспортных предприятий обеспечивала необходимую загрузку всех производственных подразделений производственно-технической базы, что являлось основой их эффективной работы и служило основанием для выполнения всего комплекса работ на базе транспортного предприятия, осуществляющего эксплуатацию транспортных средств.

Процессы социально-экономической трансформации национальной экономики, наряду с внедрением рыночных отношений в сферу хозяйственной деятельности, привели к децентрализации транспортной отрасли, способствовали приходу на рынок транспортных услуг широкого спектра транспортных предприятий разнообразной мощности. Возросла актуальность вопроса о целесообразности формирования полноразмерной производственно-технической базы в рамках комплексного транспортного предприятия малой и средней мощности. Мощность таких предприятий, как правило, не позволяет сформировать объём работ по обслуживанию ремонту транспортных средств, обеспечивающий полную загрузку подразделений производственно-технической базы. Как следствие, в условиях транспортного предприятия средней и малой мощности не формируются условия эффективной работы наиболее капиталоёмких производственных

подразделений. Практика показывает, что в сложившихся условиях, наблюдается тенденция к сокращению использования высокопроизводительного дорогостоящего оборудования и не полному выполнению работ, предусмотренных типовыми технологиями и регламентами.

Решение обозначенной проблемы возможно на основе разработки и реализации мероприятий по обеспечению обоснованного уровня кооперации транспортных и сервисных предприятий в рамках одной транспортной системы, например, системы городского пассажирского транспорта. Реализация данных мероприятий предполагает структурирование производственных мощностей предприятий, входящих в состав транспортной системы. Структурирование производится на основе технико-экономических критериев, определяющих обоснованный уровень концентрации и специализации производства с целью укрупнения производственных программ, улучшения условий для использования достижений научно-технического прогресса, применения капиталоёмкого высокопроизводительного оборудования. В настоящее время обозначенные тенденции проявляются во многом стихийно в условиях отсутствия сформированных критериев, определяющих рациональное структурирование производственных мощностей. Включение совокупной производственно-технической базы транспортных и сервисных предприятий в состав макроуровневой логистической системы городского наземного пассажирского транспорта позволяет вывести решение обозначенной проблемы на принципиально новый уровень, обеспечивающий формирование структурных параметров производства, исходя из критериев, определяющих эффективность функционирования всей системы.

Исходя из приведённого выше описания, производственно-техническая база системы городского пассажирского транспорта представлена в виде двух подсистем (рисунок 2.1): производственно-технической базы транспортных предприятий и производственно-технической базы сервисных

предприятий. Основой для технологического проектирования производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта являются структурные параметры парка эксплуатируемых транспортных средств (распределение численности транспортных средств по категориям, маркам и моделям) и показатели интенсивности эксплуатации транспортных средств на городских пассажирских маршрутах. Совокупность выходных параметров, формируемых парком транспортных средств, являются исходными данными для расчёта структурных параметров производственно-технической базы. В ходе расчёта формируется массив промежуточных данных, включающий в себя: производственную программу основных видов работ; объём основных видов работ и их распределение по транспортным предприятиям. Оптимальный уровень кооперации транспортных и сервисных предприятий целесообразно определять на основе комплексного сравнения производственных затрат при выполнении заданного объёма каждого вида работ, выполняемых на базе транспортного и сервисного предприятий. Производимое сравнение указывает на то, что помимо структурных параметров парка, на структурные параметры производственно-технической базы ключевое влияние оказывает характер распределения транспортных средств по предприятиям-перевозчикам.

Следует так же обратить внимание на наличие обратного эффекта - состояние производственно-технической базы, как транспортных, так и сервисных предприятий, её специализация на обслуживании определённого вида транспорта, определённых марок и моделей транспортных средств, оказывает влияние на структурные параметры парка транспортных средств, посредством обеспечения оптимального уровня эксплуатационных затрат. Следовательно, взаимно-сбалансированные структурные параметры парка транспортных средств и производственно-технической базы могут быть определены на основании циклического расчёта, выполняемого за несколько итераций.

Таким образом, сформирован комплекс ключевых структурных элементов системы городского наземного пассажирского транспорта, составляющих его материальную основу. Установлены организационные и технологические взаимосвязи, определяющие взаимное влияние функциональных параметров структурных элементов рассматриваемой транспортной системы. Наличие и характер взаимосвязей позволяет сделать предварительное заключение о возможности и целесообразности объединения обозначенной группы структурных элементов в единую макроуровневую логистическую систему, с обобщённым комплексом критериев, определяющих эффективность её функционирования. В рамках сформированной системы, исходя из совокупности значений комплексных критериев эффективности, принятых в качестве целевой функции, представляется возможным определить оптимальные структурные параметры системы городского наземного пассажирского транспорта, что является одной из ключевых задач исследования.

## **2.2 Методология оптимизации структурных параметров парка подвижного состава системы наземного городского пассажирского транспорта**

Структурные параметры парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского наземного пассажирского транспорта, в рамках проводимого исследования, описываются, как распределение численности транспортных средств по следующим параметрами:

- пассажировместимость;
- вид транспорта (автобус, троллейбус, троллейбус с автономным ходом, трамвай);
- реализуемая технология топливно-энергетического обеспечения (вид топлива, технология хранения и энергопреобразования на борту транспортного средства);

- модельный ряд.

Как было отмечено выше, подбор транспортных средств производится исходя из условия обеспечения требуемых показателей качества транспортного обслуживания населения. Следует обратить внимание на то, что установленные действующими нормативами [155] показатели качества можно условно разделить на три группы:

- комплексные, формируемые совокупностью структурных и функциональных характеристик парка транспортных средств;
- количественные, определяемые численностью и пассажировместимостью подвижного состава;
- функциональные, определяемые техническими характеристиками транспортных средств.

К комплексным показателям качества отнесены: ценовая доступность поездок и экологичность транспортных средств.

Количественные показатели качества транспортного обслуживания населения: частота обслуживания остановочных пунктов, надёжность и соблюдение норм вместимости.

Функциональными показателями качества транспортного обслуживания населения являются: доступность транспортных средств для маломобильных групп населения, уровень шума и температура в салоне транспортных средств. Данные показатели обеспечиваются техническими характеристиками и комплектацией модельного ряда транспортных средств, осуществляющих транспортное обслуживание населения.

Исходя из множественности обозначенных критериев, формирующих совокупность требований к условиям реализации транспортного процесса, необходимо формирование комплексного критерия, используемого в качестве целевой функции процесса оптимизации и формулирование комплекса ограничений, обеспечивающих выполнение полного комплекса требований к качеству предоставляемых услуг.

2.2.1 Обоснование комплексного критерия оценки оптимального состояния структурных параметров парка транспортных средств городского наземного пассажирского транспортного комплекса

Управление структурными параметрами парка транспортных средств, осуществляющих перевозку пассажиров системы городского наземного пассажирского транспорта, производится исходя из условия обеспечения максимально-возможного, в заданных условиях, уровня качества транспортного обслуживания населения.

В соответствии с содержанием научных работ А.Е. Кравченко, Н.В. Якуниной, О.М. Дьячковой, П.П. Володькина [32, 63, 90, 220], а так же сведений, содержащихся в нормативной документации [155], качество транспортного обслуживания населения определяется комплексом показателей, часть из которых напрямую зависит от структурных параметров парка транспортных средств. К числу таких показателей относятся:

1. Доступность:

1.1 Доступность транспортных средств для маломобильных групп населения;

1.2 Ценовая доступность поездок;

1.3 Частота обслуживания остановочных пунктов;

2. Надёжность;

3. Комфортность:

3.1 Уровень шума в салоне транспортных средств;

3.2 Температура в салоне транспортных средств;

3.3 Соблюдение норм вместимости;

3.4 Экологичность.

Один из представленных показателей, а именно, ценовая доступность во многом определяется уровнем достижения других показателей качества и, как правило, при отсутствии мер по регулированию тарифов, эта зависимость носит обратный характер, то есть, чем выше численные значения других показателей качества, тем ниже ценовая доступность, и наоборот.

Так же следует отметить, что в современных реалиях показатель экологичности общественного транспорта имеет более широкую трактовку, по сравнению с его оценкой, приводимой в социальном стандарте транспортного обслуживания населения [155]. Современный подход к оценке экологических показателей транспортной деятельности предполагает не только определение объёма выбросов токсичных компонентов в месте потребления энергоресурсов, но и анализ экологической чистоты полного технологического процесса производства и транспортировки энергоносителя. С учётом возрастающей остроты мировых проблем, связанных с изменением климата, экологичность транспортного процесса целесообразно рассматривать исходя из удельного объёма совокупной эмиссии токсичных компонентов и парниковых газов, приходящегося на одного пассажира перевезённого в рамках системы городского пассажирского транспорта.

На основе изложенного, в качестве критерия эффективности транспортного процесса предложено использовать новый комплексный показатель оценки эффективности, основанный на интегрированном учёте численных значений экономических и экологических показателей. Для приведения экономических и экологических показателей к сопоставимым единицам измерения, экономическую эффективность транспортного процесса предложено оценивать исходя из себестоимости перевозки одного пассажира, а воздействие транспортных средств на окружающую среду, исходя из удельной величины предотвращённого экологического ущерба, отнесённого к общей численности перевезённых пассажиров.

Обобщённый показатель эффективности транспортного процесса, целесообразно определить, как сумму себестоимости перевозки одного пассажира и удельной величины предотвращённого экологического ущерба, приходящегося на одного перевезённого пассажира.

Предложенный показатель эффективности транспортного процесса может быть использован в качестве целевой функции оптимизации структурных параметров парка транспортных средств, при ограничениях

определеняемых минимально-допустимыми значениями показателей качества транспортного обслуживания населения. В обобщённом виде, система, иллюстрирующая целевую функцию, с указанными ограничениями, имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_{KOM} = (CC_1 + \mathcal{E}K_{\Sigma 1}) \rightarrow \min \\ I \leq [I] \\ P_{\Sigma MAX} \geq Q_{MAPSH}^{MAX} \end{array} \right., \quad (2.1)$$

где  $Z_{KOM}$  – комплексный показатель оценки эффективности транспортного процесса, руб./пасс.;

$CC_1$  – себестоимость перевозки пассажира, руб./пасс.;

$\mathcal{E}K_{\Sigma 1}$  – удельный экологический ущерб, руб./пасс.;

$I$ ,  $[I]$  – расчётный и максимально-допустимый интервал движения транспортных средств;

$P_{\Sigma MAX}$  – провозная способность парка транспортных средств, работающих на маршруте, пасс/час;

$Q_{MAPSH}^{MAX}$  – максимальный пассажиропоток в часы пик на наиболее нагруженном участке маршрута, пасс/час.

Оптимальные структурные параметры парка транспортных средств определяются на основе сравнения значений целевой функции, определяемой циклически выполняемым расчётом для рассматриваемой номенклатуры видов транспорта и категорий транспортных средств в отношении каждого маршрута системы городского наземного пассажирского транспорта.

Себестоимость перевозки одного пассажира определяется в соответствии с типовой методикой [118], исходя из величины суммарных эксплуатационных затрат и общего объёма перевозок за заданный, фиксированный период времени:

$$CC_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (3_{iT})}{OП_T}, \quad (2.2)$$

где  $\sum_{i=1}^n (3_{iT})$  - суммарные эксплуатационные затраты на перевозку пассажиров

за период времени  $T$ , руб.;

$OП_T$  – общий объём перевозок за период времени  $T$ , пасс.

Суммарные эксплуатационные затраты на перевозку пассажиров за определённый период времени, зависят от структурных параметров парка и показателей интенсивности его эксплуатации, включают в себя прямые и косвенные расходы, состоящие из следующих затратных статей:

- расходы на оплату труда водителей и кондукторов [187, 188];
- отчисления на социальные нужды от величины расходов на оплату труда водителей и кондукторов;
- расходы на энергоносители (топливо/электроэнергия);
- расходы на замену и восстановление шин [146];
- расходы на смазочные и прочие эксплуатационные материалы;
- расходы на обслуживание и ремонт транспортных средств;
- амортизационные отчисления на восстановление подвижного состава;
- расходы на содержание службы движения;
- прочие расходы по обычным видам деятельности;
- обязательные платежи и сборы.

Как было отмечено выше, установленное взаимное влияние структурных параметров производственно-технической базы и парка эксплуатируемых транспортных средств, обуславливает необходимость выполнения циклического расчёта, выполняемого за несколько итераций. Как следствие, расчёт показателей эффективности транспортного процесса так же выполняется итерационно.

Отличительной особенностью выполняемого расчёта, обусловленной структурным составом формируемой логистической системы, является детализированный расчёт расходов на обслуживание и ремонт транспортных средств, выполняемый, начиная со второй и последующей итерации (в ходе выполнения первой итерации, затраты на обслуживание и ремонт транспортных средств определяются укрупнённо). Так как, в структуру логистической системы включены такие макроэлементы, как производственно-техническая база транспортных предприятий и производственно-техническая база сервисных предприятий, то расходы на обслуживание и ремонт транспортных средств в ходе выполнения детализированного расчёта разделены на две составляющие:

- затраты на выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств, выполняемых на базе транспортного предприятия;
- затраты на оплату услуг сервисного предприятия, выполняющего работы по техническому обслуживанию ремонту транспортных средств.

Экологический ущерб определяется в соответствии с методическими подходами, предложенными в работах Е.Р. Магарил, Л.Л. Абржиной, О.Е. Медведевой, А.И. Артемникова, а так же в нормативных документах, посвящённых вопросам защиты окружающей среды и оценке экологического ущерба [1, 37, 114]. Приведённый экологический ущерб определяется, как суммарный ущерб от выброса токсичных веществ, выброса парниковых газов и использования природного ресурса на техногенные цели (формула 1.1).

Слагаемые числителя формулы 1.1, могут быть определены на основании выражений, представленных во временной методике определения предотвращённого экологического ущерба и использованной в работе Л.Л. Абржиной и Е.Р. Магарил [1, 37]:

$$\sum Y\mathcal{E}_{TB} = Y_{уд} \cdot \left( \sum_{i=1}^N (m_i \cdot k_i) \right) \cdot k_3, \quad (2.4)$$

где  $Y_{уд}$  – показатель удельного ущерба атмосферному воздуху, наносимого выбросом единицы приведённой массы загрязняющих веществ для экономического района РФ, руб./ усл.т;

$m_i$  – фактическая масса  $i$ -го загрязняющего вещества, производимого в течение отчётного периода, т;

$k_i$  – коэффициент относительной эколого-экономической опасности  $i$ -го загрязняющего вещества;

$k_3$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха для данного региона.

Суммарный ущерб от выброса парниковых газов ( $\Sigma V\mathcal{E}_{ПАР}$ ), производимый вследствие движения транспортных средств и функционирования системы топливно-энергетического обеспечения, с учётом преобладания в качестве основного компонента углекислого газа, определяется по формуле:

$$\sum Y\mathcal{E}_{ПАР} = (1 - S_{PER}) \cdot Y_{CO_2} \cdot Q_{CO_2}, \quad (2.5)$$

где  $Y_{CO_2}$  – удельный экологический ущерб от поступления в атмосферный воздух одной тонны углекислого газа, руб./т;

$Q_{CO_2}$  - фактическая масса поступившего в атмосферный воздух углекислого газа за расчётный период, т.;

$S_{PER}$  - единый коэффициент удельного сокращения выбросов парниковых газов (в долях единицы), определяемый с учетом цели достижения углеродной нейтральности субъекта Российской Федерации.

Количество углекислого газа, образующегося при сжигании углеводородных топлив, можно рассчитать из условия, что на окисление углерода в составе топлива в среднем идёт 67 % от общего объёма потребляемого кислорода [193]. Исходя из этого условия, расчёт производится по формуле:

$$Q_{CO_2} = Q_{O_2} \cdot 0,67 \cdot \frac{44}{32} = 0,92 \cdot Q_{O_2}, \quad (2.6)$$

где  $Q_{O_2}$  - вес кислорода, расходуемого на окисление углерода, т.

44 – относительная молекулярная масса двуокиси углерода ( $CO_2$ ), ед.;

32 – относительная молекулярная масса кислорода ( $O_2$ ), ед.

Исходя из условия, что на сгорание 1 кг топлива необходимо 15 кг воздуха, а содержание кислорода в воздухе, в среднем, составляет 23 % [1], зависимость массы потребляемого кислорода от массы потребляемого топлива имеет вид:

$$Q_{O_2} = Q_T \cdot 15 \cdot 0,23 = 3,45 \cdot Q_T, \quad (2.7)$$

где  $Q_T$  – расход топлива за расчётный период, т.

Подставив выражения 2.6 и 2.7 в формулу 2.5 получаем выражение для расчёта суммарного ущерба от выброса парниковых газов при использовании жидкого топлива:

$$\sum Y \mathcal{E}_{MAP} = (1 - S_{PER}) \cdot Y_{CO_2} \cdot Q_{CO_2} = (1 - S_{PER}) \cdot Y_{CO_2} \cdot 0,92 \cdot Q_{O_2} = (1 - S_{PER}) \cdot Y_{CO_2} \cdot 3,17 \cdot Q_T, \quad (2.8)$$

При использовании в качестве автомобильного топлива компримированного природного газа вместо постоянного коэффициента 3,17

в формуле 2.8 используется коэффициент 1,971 [1].

Большинство исследователей сходятся во мнении о том, что при оценке экологического ущерба необходимо учитывать объём потребляемых природных ресурсов, являющихся составной частью сбалансированной экосистемы.

Величина восстановительной стоимости одной тонны кислорода (по данным 1999 года, 1,74 руб./т). Экологический ущерб от техногенного потребления кислорода при сжигании автомобильных топлив определён при помощи выражения [193]:

$$\sum Y\mathcal{E}_{pp} = 3,45 \cdot Z_K \cdot Q_T \cdot K_H, \quad (2.9)$$

где  $Z_K$  – восстановительная стоимость свободного кислорода, руб./т;

$K_H$  – коэффициент индексации цен;

$Q_T$  – вес израсходованного топлива за расчётный период, т.

Коэффициент индекса цен, определённый при помощи инфляционного калькулятора [76]  $K_H = 8,556$ .

Следует обратить внимание, на то, что оценка экологических показателей работы электротранспорта должна производиться с учётом способа генерации электроэнергии. Типовым, наиболее распространённым вариантом является потребление электроэнергии из общей энергосети. В этом случае, целесообразно установить долю электроэнергии генерируемой тепловыми электростанциями и произвести расчёт экологического ущерба исходя из объёма топлива, затрачиваемого на генерацию заданного объёма энергии.

Объединение выражений 2.2, 2.3, 2.4, 2.8 и 2.9 позволило получить обобщённое выражение для расчёта обобщённого показателя эффективности транспортного процесса:

$$\mathcal{Z}_{КОМ} = \frac{\sum_{i=1}^n (\mathcal{Z}_{iT}) + Y_{уд} \cdot \left( \sum_{i=1}^N (m_i \cdot k_i) \right) \cdot k_3 + 3,17 \cdot Y_{CO_2} \cdot Q_T \cdot (1 - S_{PER}) + 3,45 \cdot \mathcal{Z}_K \cdot Q_T \cdot K_H}{OП_T}, \quad (2.10)$$

Таким образом, предложен и обоснован критерий оценки эффективности обслуживания населения в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта, предполагающий совокупный учёт экологических и экономических показателей работы транспортных средств. Данный показатель целесообразно использовать в качестве целевой функции, минимальное значение которой, при обеспечении заданного уровня других показателей качества транспортного обслуживания населения, соответствует оптимальному состоянию транспортной системы.

На практике обслуживание маршрутов системы городского наземного пассажирского транспорта осуществляется хозяйствующими субъектами, обладающими парком транспортных средств с определёнными структурными параметрами. Исходя из интересов хозяйствующего субъекта, изменение структурных параметров парка определяется экономической целесообразностью инвестирования средств, затрачиваемых на реализацию данных мероприятий. Дополнительно следует учесть, тот факт, что система городского пассажирского транспорта имеет важное социальное значение, определяющее уровень социально-экономического развития городской территории и качество жизни городского населения. Исходя из этого, органами государственного и муниципального управления разрабатываются и реализуются программы, направленные на развитие городских транспортных систем, в том числе систем городского пассажирского транспорта. В рамках реализации данных программ, как правило, предусмотрено дополнительное финансирование процессов реструктуризации.

Исходя из вышеизложенных положений, объём инвестиций в обобщённом виде определяется при помощи выражения:

$$\Delta K = K_{ПС} + K_{ПБ} - D_{ПС} - D_{доп}, \quad (2.11)$$

где  $K_{ПС}$  – капиталовложения, связанные с приобретением транспортных средств, руб.;

$K_{ПБ}$  – затраты на модернизацию производственно-технической базы, руб.;

$D_{ПС}$  – доход, получаемый в результате списания (продажи) транспортных средств, не соответствующих оптимальным структурным параметрам парка, руб.;

$D_{доп}$  – дополнительное финансирование, обусловленное реализацией государственных и муниципальных программ развития систем городского пассажирского транспорта, руб.

Критерием целесообразности капиталовложений является срок окупаемости инвестиций, в упрощённом виде определяемый по формуле:

$$T_{OK} = \frac{(Z_{КОМ}^{DO} - Z_{КОМ}^{ПОСЛЕ}) \cdot ОП_T}{\Delta K}, \quad (2.12)$$

где  $Z_{КОМ}^{DO}$  – обобщённый показатель эффективности транспортного процесса существующим парком транспортных средств, руб./пасс.;

$Z_{КОМ}^{ПОСЛЕ}$  – обобщённый показатель эффективности транспортного процесса парком транспортных средств с проектными структурными параметрами, руб./пасс.;

$ОП_T$  – общий объём перевозок за период времени  $T$ , пасс.

Более точный расчёт сроков окупаемости инвестиций может быть выполнен с учётом дисконтирования доходов в соответствии с традиционной методикой оценки эффективности инвестиций [89].

Допустимое значение срока окупаемости инвестиционных вложений, как правило, определяется сроком полезного использования основных фондов, в отношении которых производится инвестирование. На автомобильном транспорте, традиционно, в качестве допустимого значения принят срок окупаемости продолжительностью шесть лет. В случае реализации инвестиционных проектов, направленных на развитие транспортных систем, имеющих более длительные сроки полезного использования, целесообразно пропорциональное увеличение целесообразных сроков окупаемости инвестиций.

### 2.2.2 Расчёт численности и пассажировместимости транспортных средств, закреплённых за маршрутом

Анализ методов расчёта ключевых факторов, определяющих значение целевой функции (формула 2.10) позволяет сделать заключение, что основными параметрами, определяющими, как себестоимость перевозки одного пассажира, так и удельные экологические характеристики транспортного процесса, являются численность транспортных средств, закреплённых за маршрутом и общий пробег транспортных средств за расчётный период.

Достижение необходимого уровня количественных показателей качества транспортного обслуживания населения, определяется выполнением двух условий:

- соблюдение максимально-допустимых интервалов движения транспортных средств на обслуживаемых маршрутах в пиковое, межпиковое и послепиковое время;
- обеспечение обслуживания всех пассажиров в часы пиковых пассажиропотоков, в том числе, на наиболее нагруженных участках маршрута.

Выполнение первого условия определяется численностью транспортных средств, закреплённых за каждым из городских маршрутов;

второе условие – провозной способностью данного парка транспортных средств.

Для маршрута, обладающего заданной протяжённостью, с условиями движения, определяющими среднюю скорость перемещения транспортных средств, минимально-необходимая численность транспортных средств, обеспечивающая соблюдение заданного (максимально-допустимого) интервала движения, определяется при помощи выражения:

$$N_{ABT}^{\min I} = \frac{L_{MAPSH}}{I^{\max} \cdot V_{MAPSH}^{CP}}, \quad (2.13)$$

где  $L_{MAPSH}$  – общая протяжённость маршрута (протяжённость оборотного рейса), км.;

$V_{MAPSH}^{CP}$  - средняя скорость движения транспортных средств на маршруте, км/ч;

$I^{\max}$  - заданный (максимально-допустимый) интервал движения транспортных средств на маршруте, час.

Численность транспортных средств, обеспечивающая выполнение второго условия - обслуживание всех пассажиров в часы пиковых пассажиропотоков, в том числе, на наиболее нагруженных участках маршрута может быть определена по формуле:

$$N_{ABT}^{\min II} = \frac{Q_{MAPSH}^{\max} \cdot L_{MAPSH}}{P \cdot V_{MAPSH}^{cp}}, \quad (2.14)$$

где  $Q_{MAPSH}^{\max}$  - максимальный часовой объём перевозок в часы пиковых пассажиропотоков на наиболее нагруженном участке маршрута, пасс/час;

$P$  – максимальная пассажировместимость транспортных средств, обслуживающих маршрут, пасс.

Максимально-допустимый интервал движения автобусов на маршруте - величина, определяющая обеспечение такого показателя качества транспортного обслуживания населения, как частота обслуживания остановочных пунктов. Рекомендуемые численные значения данного показателя приведены в отраслевом стандарте Р 3112178-034-95. Как правило, интервал движения транспортных средств на маршруте, определяется утверждённым расписанием, что устанавливается типовым договором, заключаемым между администрацией муниципального образования и предприятием-перевозчиком. На практике, максимально-допустимые интервалы движения транспортных средств, принятые в большинстве муниципальных образований составляют: в пиковое время – 10 минут; в межпиковое и послепиковое время – 30 минут.

Для второго условия формирования структурных параметров парка, определяемого выражением 2.14, ключевым расчётным параметром является максимальный часовой объём перевозок в период пиковых пассажиропотоков на наиболее нагруженном участке маршрута. Для определения численного значения данной величины необходимо провести анализ пассажиропотоков маршрутов городского наземного пассажирского транспорта и выявить характер взаимосвязи годового объёма перевозок со значением максимального часового объёма перевозок на наиболее нагруженном участке маршрута.

Известно, что пассажиропоток на маршрутах городского пассажирского транспорта является не стационарным. Он циклически изменяется по различным временным интервалам с вложенными периодами циклов имеющих продолжительность: один год; неделя и сутки. Исходя из этого, при известном значении годового объёма перевозок, для определения значений пассажиропотока в любой заданный момент времени, необходимо

знать характер распределения годового объёма перевозок по неделям года, недельного объёма перевозок по дням недели и суточного объёма перевозок по времени суток. Кроме того, существует геолокационная неравномерность распределения транспортных корреспонденций населения по территории города, следствием чего является регулярно повторяющаяся неравномерность распределения пассажиропотока по направлениям и участкам маршрута. Указанные неравномерности схематично иллюстрируются диаграммами, представленными на рисунке 2.2.

Исходя из предложенного подхода к определению численности транспортных средств закреплённых за маршрутом, с учётом циклического изменения пассажиропотоков, введено понятие «коэффициент неравномерности распределения объёма перевозок».

Коэффициент неравномерности распределения объёма перевозок – это отношение максимального значения объёма перевозок, установленного в одном из интервалов цикла к среднему значению объёма перевозок, определённого в результате анализа всех интервалов рассматриваемого цикла.

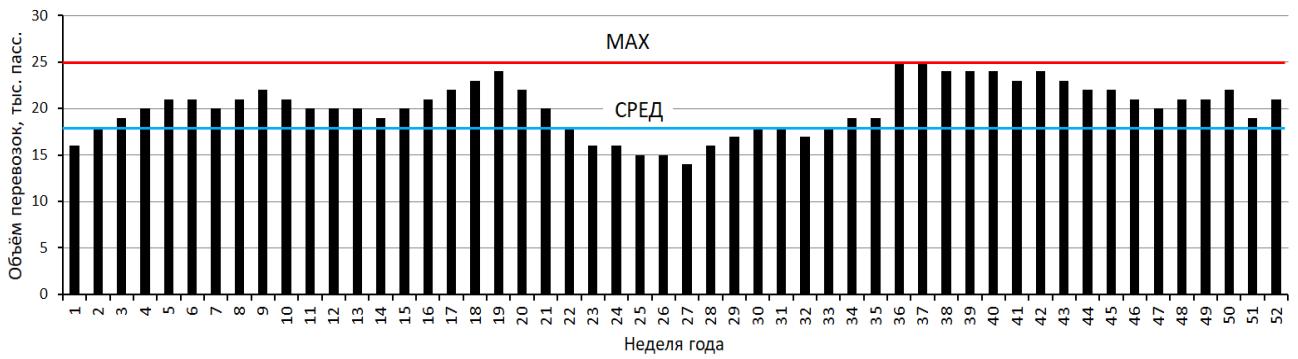
Коэффициент неравномерности распределения объёма перевозок по неделям года определяется по формуле:

$$K_H^{НЕД} = \frac{Q_{НЕД}^{MAX} \cdot 52}{Q_{ГОД}}, \quad (2.15)$$

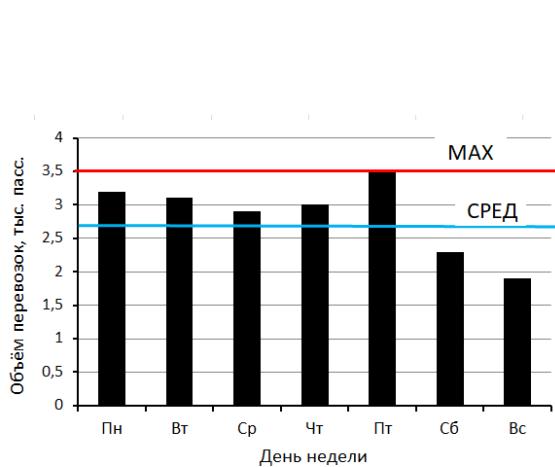
где  $Q_{НЕД}^{MAX}$  - максимальный объём перевозок, зафиксированный в одной из недель года; пасс;

$Q_{ГОД}$  – объём перевозок за год, пасс;

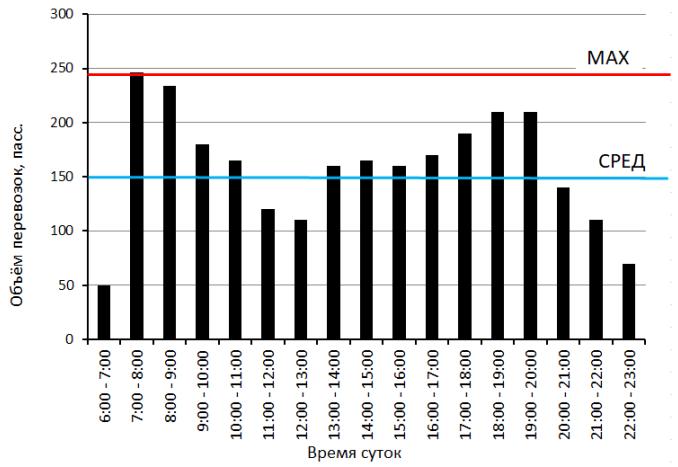
52 – количество периодов (недель) в году.



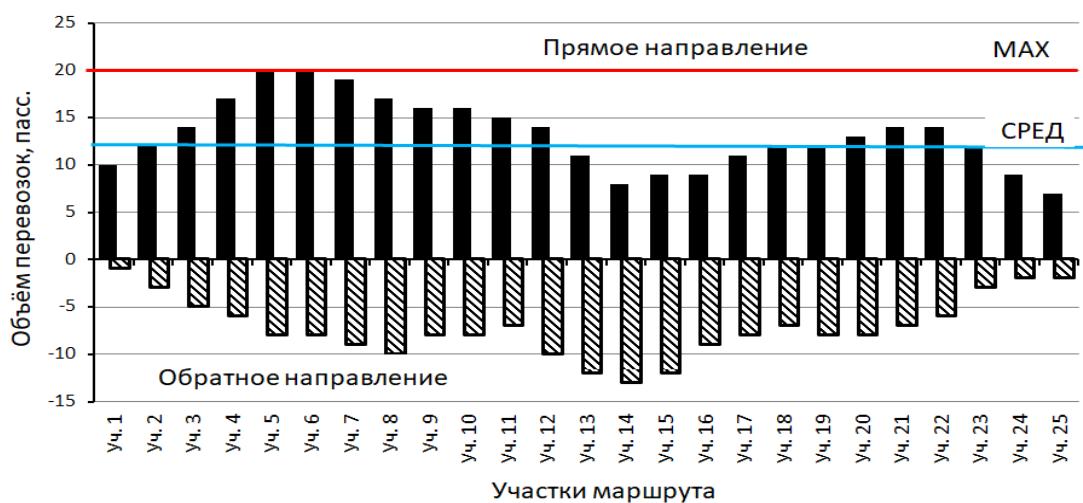
а) распределение объёма перевозок по неделям года;



б) распределение пассажиропотоков по дням недели



в) распределение пассажиропотоков по времени суток



г) распределение пассажиропотоков по участкам маршрута

Рисунок 2.2 – Распределение пассажиропотоков по временным периодам и участкам маршрута

Исходя из формулы 2.15, определено выражение для определения максимального недельного объёма перевозок:

$$Q_{\text{НЕД}}^{\text{MAX}} = \frac{Q_{\text{ГОД}} \cdot K_H^{\text{НЕД}}}{52}, \quad (2.16)$$

Аналогично определяются коэффициенты неравномерности по остальным временными периодам. Так, максимальный суточный объём перевозок определяется по формуле:

$$Q_{\text{СУТ}}^{\text{MAX}} = \frac{Q_{\text{НЕД}}^{\text{MAX}} \cdot K_H^{\text{СУТ}}}{7}, \quad (2.17)$$

где  $K_H^{\text{СУТ}}$  - коэффициент неравномерности распределения объёма перевозок по дням недели;

7 – количество дней в неделе.

Формула для расчёта максимального часового объёма перевозок имеет вид:

$$Q_{\text{ЧАС}}^{\text{MAX}} = \frac{Q_{\text{СУТ}}^{\text{MAX}} \cdot K_H^{\text{ЧАС}}}{T_M}, \quad (2.18)$$

где  $T_M$  – продолжительность работы транспортных средств на маршруте в течении суток, час.

Максимальный часовой объём перевозок на наиболее нагруженном участке маршрута определяется из выражения:

$$Q_{MAPSH}^{MAX} = Q_{qAC}^{MAX} \cdot K_H^{MAPSH} = Q_{qAC}^{MAX} \cdot \frac{\Pi_C^{MAX} \cdot n}{\sum_{i=1}^n \Pi_i}, \quad (2.19)$$

где  $\Pi_C^{MAX}$  - максимальное количество пассажиров в салоне транспортного средства за время выполнения оборотного рейса, пасс;

$\sum_{i=1}^n \Pi_i$  - сумма численностей пассажиров в салоне транспортного

средства на всех перегонах маршрута, пасс;

$n$  - количество перегонов маршрута, ед.

Преобразование формул 2.16, 2.17, 2.18 и 2.19 позволяет определить выражение для расчёта максимального часового объёма перевозок на наиболее нагруженном участке маршрута:

$$Q_{MAPSH}^{MAX} = \frac{Q_{год} \cdot K_H^{НЕД} \cdot K_H^{СУТ} \cdot K_H^{qAC} \cdot K_H^{MAPSH}}{T_M \cdot 7 \cdot 52} = \frac{Q_{год} \cdot K_H^{НЕД} \cdot K_H^{СУТ} \cdot K_H^{qAC} \cdot K_H^{MAPSH}}{T_M \cdot \Delta_{год}}, \quad (2.20)$$

Подставив выражение 2.20 в формулу 2.14, получаем выражение для расчёта численности транспортных средств, обслуживающих маршрут, исходя из условия обеспечения необходимой провозной способности парка:

$$N_{ABT}^{\min II} = \frac{Q_{год} \cdot K_H^{НЕД} \cdot K_H^{СУТ} \cdot K_H^{qAC} \cdot K_H^{MAPSH} \cdot L_{MAPSH}}{P_{Agen} \cdot V_{MAPSH}^{cp} \cdot T_M \cdot \Delta_{год}}, \quad (2.21)$$

Очевидно, что в рамках предложенного подхода, численность транспортных средств, обеспечивающих выполнение заданного объёма транспортной работы и осуществляющих обслуживание остановочных пунктов маршрута с заданной частотой, определяется, как максимальная из величин, определённых по формулам 2.13 и 2.21. Дополнительно, при определении необходимой численности транспортных средств следует

обеспечить запас подвижного состава, определяемый исходя из величины коэффициента выпуска. Исходя из этого, итоговое выражение, используемое для определения необходимой численности транспортных средств закреплённых за маршрутом, имеет вид:

$$N_{ABT}^{\min} = \frac{\text{MAX}\left(N_{ABT}^{\min I}; N_{ABT}^{\min II}\right)}{\alpha_B}, \quad (2.22)$$

где  $\alpha_B$  – коэффициент выпуска транспортных средств на линию.

Значение коэффициента выпуска транспортных средств на линию определяется уровнем организации производства работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств, а так же возрастными и конструктивными особенностями подвижного состава.

Традиционно, коэффициент выпуска транспортных средств на линию определяется как отношение количества автомобилей работы транспортных средств на линии к общему количеству автомобилей. В рамках исследования, реализуемый логистический подход предполагает оценку влияния условий проведения работ по поддержанию парка в исправном состоянии, а так же реализуемой технологии и параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения на показатели эффективности эксплуатации транспортных средств. Исходя из данного условия, целесообразно произвести оценку потерь времени, связанных с выполнением работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств, и потерь времени, обусловленных реализацией принятой технологии топливно-энергетического обеспечения.

Общая оценка потерь времени может быть произведена за счёт более точного расчёта коэффициента выпуска, определяемого, как отношение общего годового количества автомобилечасов работы на маршруте к общему годовому количеству автомобилечасов. Расчёт выполняется по формуле:

$$\alpha_B = \frac{\sum A\chi_{MAPSH}}{\sum A\chi_{общ}} = \frac{\frac{L_{MAPSH} \cdot N_{год}}{V_{MAPSH}^{CP}}}{\frac{L_{MAPSH} \cdot N_{год}}{V_{MAPSH}^{CP}} + T_{TOuP}^{год} + T_{ЭНЕРГ}^{год}}, \quad (2.23)$$

где  $\sum A\chi_{MAPSH}$  - общее годовое количество автомобилечасов работы на маршруте, а-ч;

$\sum A\chi_{общ}$  - общее годовое количество автомобилечасов, а-ч;

$N_{год}$  - годовое количество оборотных рейсов, выполненных в соответствии с расписанием, ед.;

$T_{TOuP}^{год}$  - годовое количество автомобилечасов (простоев) в техническом обслуживании и ремонте, ч;

$T_{ЭНЕРГ}^{год}$  - годовые потери времени, связанные с реализацией принятой технологии топливно-энергетического обеспечения, ч.

После преобразования формула 2.23 имеет вид:

$$\alpha_B = \frac{L_{MAPSH} \cdot N_{год}}{L_{MAPSH} \cdot N_{год} + T_{TOuP}^{год} \cdot V_{MAPSH}^{CP} + T_{ЭНЕРГ}^{год} \cdot V_{MAPSH}^{CP}}, \quad (2.24)$$

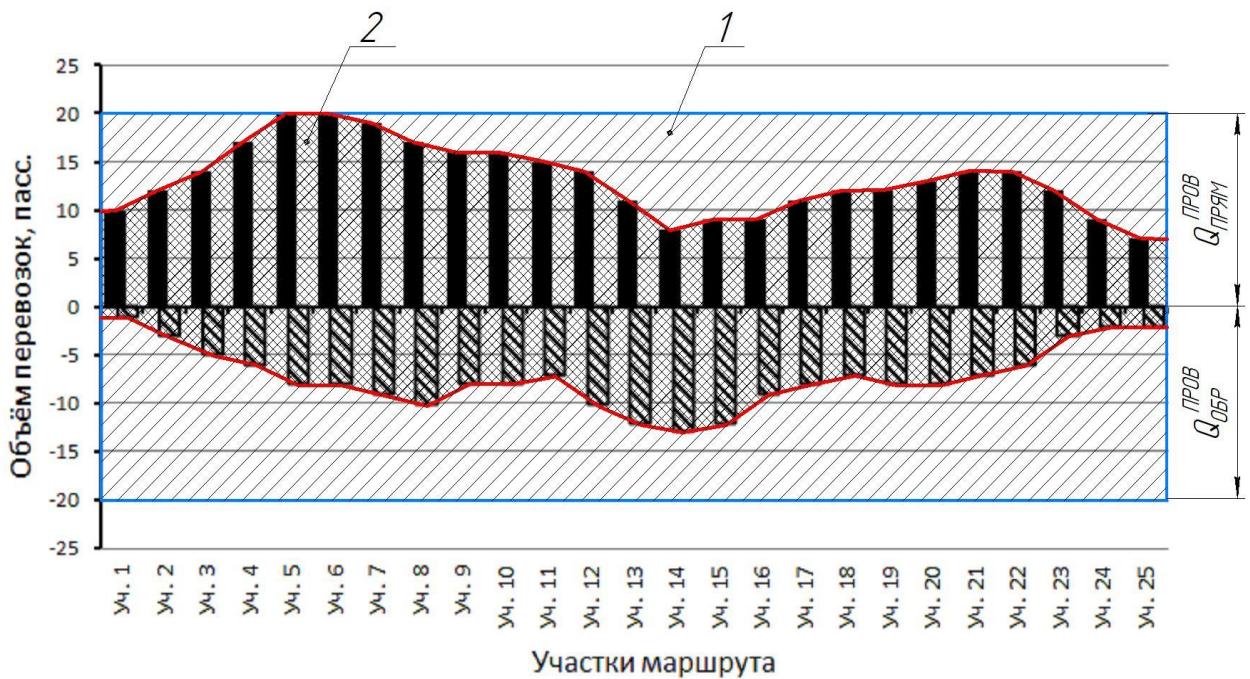
Таким образом, сформирован методический подход, позволяющий выполнить расчёт величины одного из параметров, определяющих численное значение целевой функции исследования.

### 2.2.2.2 Расчёт годового пробега транспортных средств на маршруте

Одним из параметров, характеризующим способность парка транспортных средств удовлетворять транспортные потребности населения, является провозная способность, определяемая как максимальный объём транспортной, работы, которую может выполнить вся совокупность

транспортных средств, закреплённых за маршрутом, при полном использовании их пассажировместимости.

Очевидно, что эффективность использования подвижного состава, во многом определяется отношением объёма фактически выполняемой транспортной работы к величине провозной способности совокупности транспортных средств, фактически осуществляющих обслуживание маршрута в заданный интервал времени. Это соотношение определяется средним коэффициентом использования пассажировместимости, определённым на заданном временном интервале. Соотношение величин, определяющих значение среднего коэффициента пассажировместимости, на примере транспортной работы, совершающейся за один оборотный рейс, иллюстрируется диаграммой, представленной на рисунке 2.3. Площадь фигуры 1 на данном рисунке – определяет общую провозную способность парка транспортных средств за рейс; площадь фигуры 2 соответствует фактическому объёму транспортной работы, совершённой за тот же оборотный рейс. Отношение площади фигуры 2 к площади фигуры 1 соответствует численному значению среднего коэффициента использования пассажировместимости за рейс. Очевидно, что, чем меньше относительная разница между провозной способностью парка и фактическим объёмом выполняемой транспортной работы, тем выше коэффициент использования пассажировместимости, и, как следствие, выше показатели эффективности работы транспортных средств.



1 – провозная способность парка транспортных средств;

2 – объём фактически выполненной транспортной работы

Рисунок 2.3 – Диаграмма соотношения величин, определяющих коэффициент использования пассажировместимости за оборотный рейс

В рамках существующей городской планировки, при заданных параметрах маршрутной сети, пассажиропоток является не изменяемой величиной (в рамках исследования – это один из параметров внешней среды). С учётом этого условия, повышение эффективности эксплуатации транспортных средств, за счёт увеличения коэффициента использования пассажировместимости, может быть достигнуто путём снижения провозной способности парка, например, за счёт изменения количества транспортных средств, фактически работающих на маршруте, в заданный период времени. Применительно к различным временным интервалам, данный подход имеет различную степень и эффективность применения, что обусловлено рядом технологических ограничений.

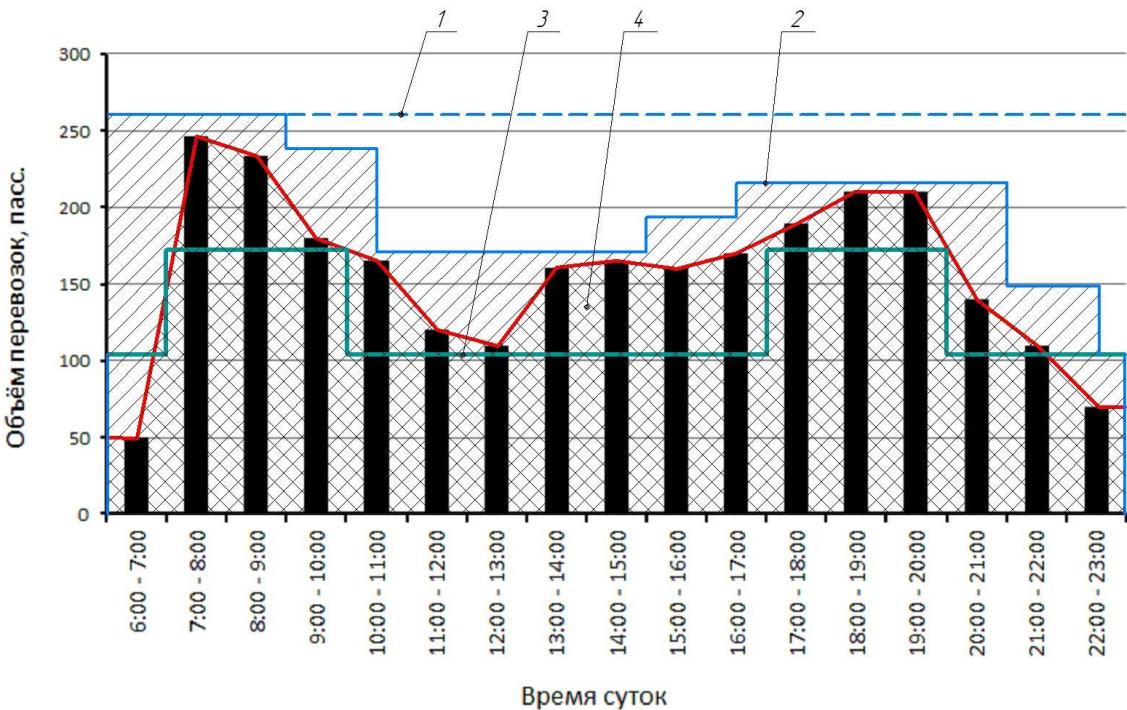
В рамках всех временных периодов действует ограничение, определяемое требованием к величине максимально-допустимого интервала движения транспортных средств на маршруте.

Применительно к интервалу времени, соответствующему продолжительности оборотного рейса, возможность изменения провозной способности транспортных средств, фактически работающих на маршруте, весьма ограничено, что обусловлено невозможностью вывода транспортных средств после их выхода в рейс. Фактически может быть произведён лишь частичный ввод транспортных средств на маршрут с наиболее нагруженного участка.

Для интервала, ограниченного продолжительностью рабочей смены, возможность регулирования провозной способности парка реализуется за счёт дифференцирования времени начала рабочей смены транспортных средств, периодами их отстоя и временем окончания рабочей смены. Но, обеспечение точного соответствия провозной способности парка объёмам перевозок, для данного интервала ограничено тремя обстоятельствами:

- необходимостью обеспечения минимально-допустимого интервала движения;
- возможностью организации отстоя транспортных средств лишь по окончании рейса, продолжительность выполнения которого, как правило, превышает продолжительность пиковых периодов;
- дискретным характером изменения провозной способности парка с шагом равным номинальной пассажировместимости одного транспортного средства.

Изложенные положения проиллюстрированы при помощи схемы, представленной на рисунке 2.4.



- 1 – максимальная провозная способность, определяемая численностью транспортных средств, закреплённых за маршрутом;
- 2 – провозная способность парка с учётом фактического графика работы транспортных средств на маршруте;
- 3 – провозная способность парка с численностью транспортных средств, определённой исходя из нормированного интервала движения;
- 4 – объём фактически выполненной транспортной работы

Рисунок 2.4 – Диаграммы распределения суточного объёма перевозок и провозной способности парка транспортных средств по часам суток

Исходя из описанного выше подхода, эффективность использования парка транспортных средств на данном уровне определяется соотношением площади фигуры 2, соответствующей суточной провозной способности парка, к площади фигуры 4 (рисунок 2.4), соответствующей суточному объёму перевозок. Кривая 3 соответствует минимально-допустимому уровню провозной способности парка, определяемой максимально-допустимыми интервалами движения транспортных средств на городских маршрутах. То есть граница, очерченная ломанной 2, не может опуститься ниже линии 4.

Аналогично, условие обеспечения эффективной организации транспортного процесса, определяемое максимально-возможным соответствием провозной способности парка и объёмов выполняемой транспортной работы, при соблюдении максимально-допустимых интервалов движения, определено для других временных интервалов, что проиллюстрировано при помощи обобщённых диаграмм, представленных на рисунке 2.5.

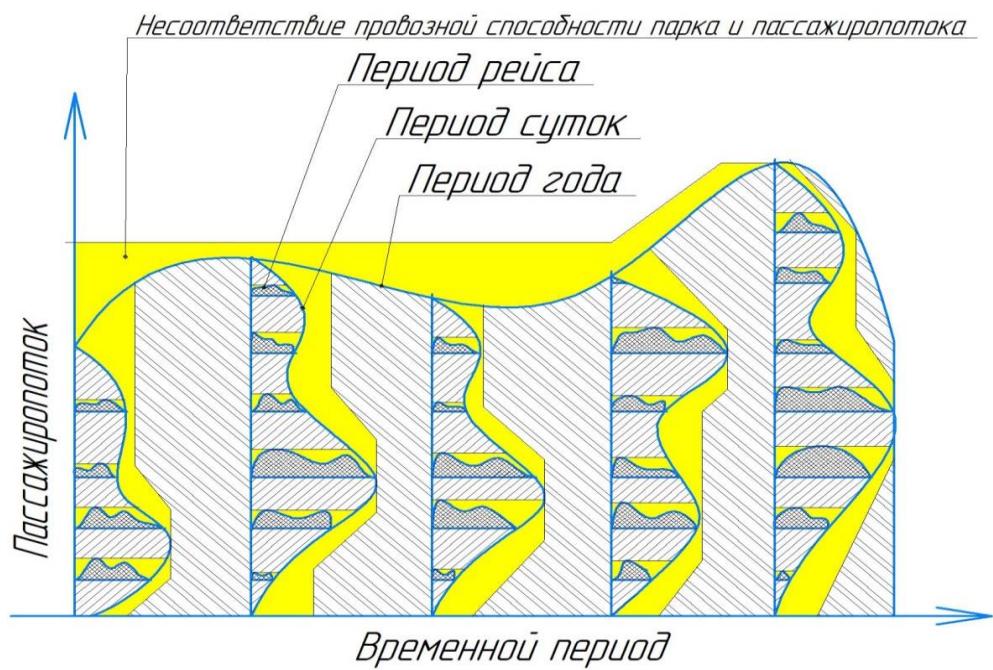


Рисунок 2.5 – Диаграммы соответствия провозной способности парка и объёмов перевозок для различных временных интервалов (периодов)

Данный подход к формированию эффективных условий организации транспортного процесса, принят как исходное условие при определении пробегов транспортных средств.

Исходная формула для расчёта годового пробега транспортных средств, обслуживающих маршруты в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта, имеет вид:

$$L_{год} = l_{cc} \cdot \Delta P_{год} \cdot N_{авт}^{MAPШ}, \quad (2.25)$$

где  $l_{cc}$  – среднесуточный пробег одного транспортного средства на маршруте, км;

$\Delta P_{год}$  – годовое количество дней обслуживания маршрута, ед.;

$N_{авт}^{MAPШ}$  – среднесуточная численность транспортных средств, одновременно работающих на маршруте, ед.

Среднесуточный пробег одного транспортного средства:

$$l_{cc} = L_{MAPШ} \cdot n_{cc}, \quad (2.26)$$

где  $n_{cc}$  – среднесуточное количество оборотных рейсов, совершаемых одним транспортным средством, ед.;

$L_{MAPШ}$  – длина оборотного рейса, км.

Среднесуточное количество оборотных рейсов, совершаемых одним транспортным средством:

$$n_{cc} = T_M \cdot V_{MAPШ}^{CP} / L_{MAPШ}, \quad (2.27)$$

где  $T_M$  – продолжительность работы транспортных средств на маршруте в течение суток, час.

Среднесуточная численность транспортных средств, одновременно работающих на маршруте, для случая, когда численность транспортных средств определена исходя из максимально-допустимого интервала:

$$N_{ABT1}^{MAPIII} = \frac{\frac{L_{MAPIII}}{V_{MAPIII}^{CP}} \cdot \left( \frac{T_{ПИК}}{I_{max}^{ПИК}} + \frac{(T_M - T_{ПИК})}{I_{max}^{НЕПИК}} \right)}{T_M}, \quad (2.28)$$

где  $T_{ПИК}$  – общая продолжительность пиковых периодов в течении суток, час.

Для случая, когда численность транспортных средств определена исходя из возможности обеспечения перевозки пассажиров имеющимся парком, выдвинута гипотеза о том, что численность транспортных средств, одновременно работающих на маршруте, пропорциональна среднечасовому пассажиропотоку в заданный временной период времени:

$$N_{ABT2}^{MAPIII} = \frac{Q_{qAC} \cdot L_{MAPIII}}{P_{A\&m} \cdot V_{MAPIII}^{cp}}, \quad (2.29)$$

Среднечасовой пассажиропоток, при расчётом периоде в один год:

$$Q_{CP} = \frac{Q_{год}}{T_M \cdot \Delta P_{год}}, \quad (2.30)$$

При выполнении расчёта по формуле 2.29, с использованием в качестве среднечасового пассажиропотока значения полученного по формуле 2.30, необходимо осуществить проверку условия регулярности перевозок, предполагающего, что фактический интервал движения автобусов на маршруте меньше максимально-допустимого значения.

Часовой пассажиропоток в межпиковое время имеет значение определяемое по формуле:

$$Q_{MIN} = \frac{T_M}{(T_M - T_{ПИК})} \cdot \left( Q_{CP} - \frac{Q_{MAX} \cdot T_{ПИК}}{T_M} \right), \quad (2.31)$$

где  $Q_{MAX}$  – часовой пассажиропоток в пиковое время, пасс/час;

$Q_{CP}$  – средний часовой пассажиропоток, пасс/час

Максимальный часовой пассажиропоток на маршруте в пиковое время определяется по формуле:

$$Q_{MAX} = \frac{Q_{ГОД} \cdot K_H^{MEC} \cdot K_H^{НЕД} \cdot K_H^{СУТ} \cdot K_H^{ЧАС}}{T_M \cdot Д_{ГОД}}, \quad (2.32)$$

Средний часовой пассажиропоток на маршруте в дни и недели с максимальным пассажиропотоком определяется по аналогичной формуле, при этом из выражения исключён коэффициент неравномерности распределения пассажиропотоков по часам суток ( $K_H^{ЧАС}$ ):

$$Q_{CP} = \frac{Q_{ГОД} \cdot K_H^{НЕД} \cdot K_H^{СУТ}}{T_M \cdot Д_{ГОД}}, \quad (2.33)$$

Подставив выражения 2.30 и 2.31 в формулу 2.29, получим итоговое выражение для расчёта часового пассажиропотока на маршруте в межпиковое время:

$$Q_{MIN} = \frac{T_M}{(T_M - T_{ПИК})} \cdot \frac{Q_{ГОД} \cdot K_H^{MEC} \cdot K_H^{НЕД} \cdot K_H^{СУТ}}{T_M \cdot Д_{ГОД}} \left( 1 - \frac{K_H^{ЧАС} \cdot T_{ПИК}}{T_M} \right), \quad (2.34)$$

Для данного значения часового пассажиропотока численность транспортных средств может быть определена из выражения 2.29:

$$N_{ABT2}^{MAPSH} = \frac{T_M}{(T_M - T_{ПИК})} \cdot \frac{Q_{ГОД} \cdot K_H^{НЕД} \cdot K_H^{СУТ} \cdot L_{MAPSH}}{T_M \cdot Д_{ГОД} \cdot P_{Aен} \cdot V_{MAPSH}^{cp}} \left( 1 - \frac{K_H^{ЧАС} \cdot T_{ПИК}}{T_M} \right), \quad (2.35)$$

Полученное при помощи формулы 2.35 значение, сравнивается с численностью транспортных средств, определённых по формуле 2.13 при принятии в качестве максимально-допустимого интервала значения, установленные для межпикового времени.

В том случае, если выполняется условие  $N_{ABT1}^{MAPSH} < N_{ABT2}^{MAPSH}$ , среднесуточная численность транспортных средств, одновременно работающих на маршруте, определяется по формуле:

$$N_{ABT}^{MAPSH} = \frac{Q_{ГОД} \cdot L_{MAPSH}}{P_{Aен} \cdot V_{MAPSH}^{cp} \cdot T_M \cdot Д_{ГОД}}, \quad (2.36)$$

Если неравенство  $N_{ABT1}^{MAPSH} < N_{ABT2}^{MAPSH}$  не выполняется, среднесуточная численность транспортных средств, одновременно работающих на маршруте, определяется исходя из соотношения продолжительностей пикового и межпикового периодов и принятой численности транспортных средств, работающих на маршруте в пиковое время  $N_{ABT}^{\min II}$  (формула 2.22) и численности транспортных средств, работающих на маршруте в межпиковое время  $N_{ABT1}^{MAPSH}$  (формула 2.28). Расчёт производится по формуле:

$$N_{ABT}^{MAPSH} = \frac{N_{ABT}^{\min II} \cdot T_{ПИК} + N_{ABT1}^{MAPSH} \cdot (T_M - T_{ПИК})}{T_M}, \quad (2.37)$$

Полученное значение среднесуточной численности транспортных средств используется при расчёте годового пробега, производимого по формуле 2.25.

Алгоритм расчёта численности и среднесуточного пробега транспортных средств, закреплённых за маршрутом системы городского пассажирского транспорта, представлен на рисунке 2.6.

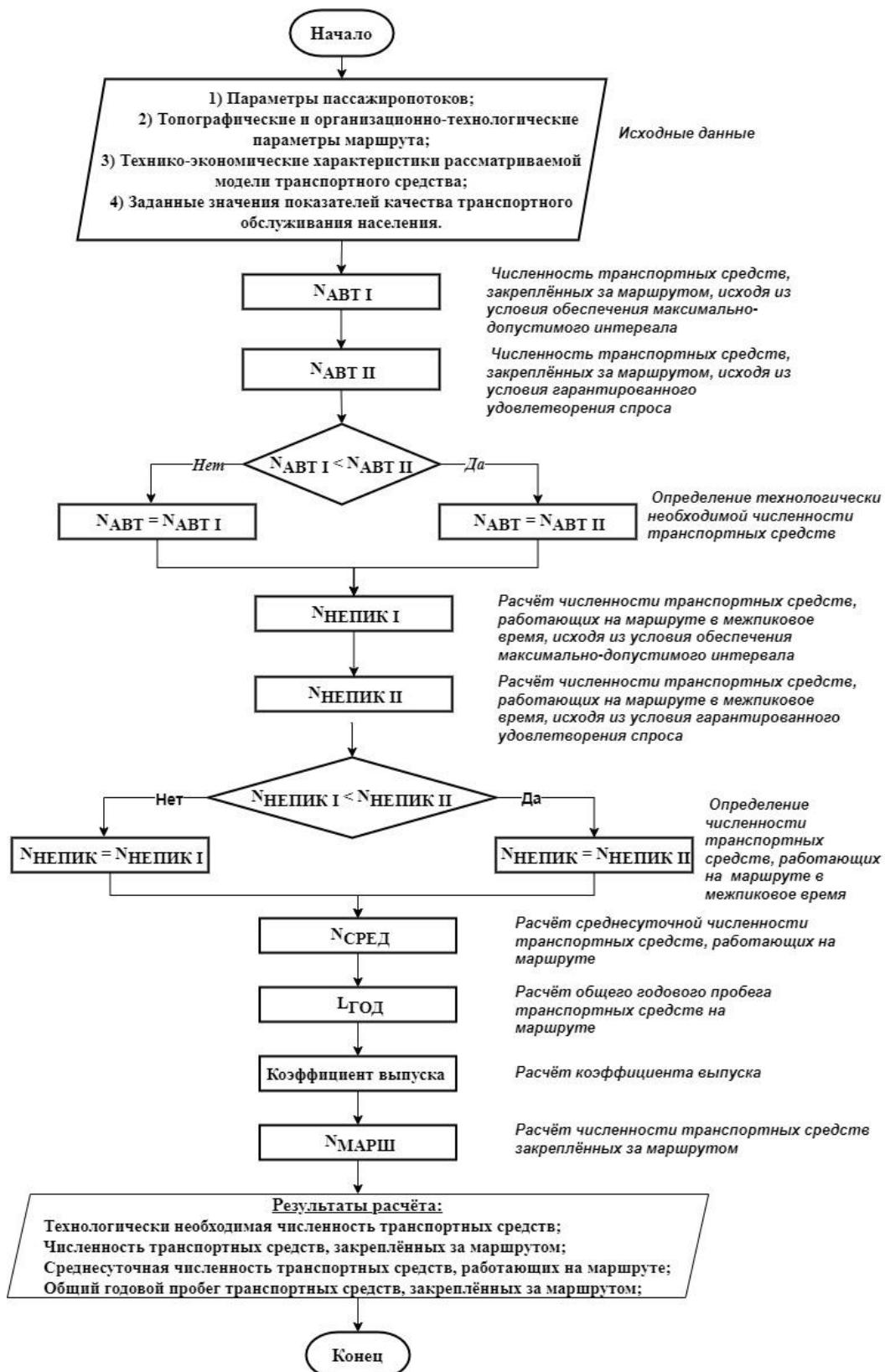


Рисунок 2.6 - Алгоритм расчёта численности и среднесуточного пробега транспортных средств, закреплённых за маршрутом системы городского наземного пассажирского транспорта

2.2.3 Формирование структурных параметров парка транспортных средств по показателю реализуемой технологии топливно-энергетического обеспечения подвижного состава

Выбор той или иной технологии топливно-энергетического обеспечения транспортных средств, осуществляющих транспортное обслуживание населения в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта, тесно увязан с решением задачи определения оптимальных структурных параметров парка транспортных средств, предполагающей выбор наиболее предпочтительного для заданных условий вида транспорта. Исходя из современного уровня развития наземных транспортно-технологических систем, в рамках диссертационного исследования, в качестве основных видов городского пассажирского транспорта рассматриваются: автобус, троллейбус, трамвай, троллейбус с автономным ходом. Критерий эффективности транспортного процесса, определяющий выбор того или иного вида транспорта, реализующего определённую технологию топливно-энергетического обеспечения, а также методика расчёта численных значений данного критерия представлены в предыдущем разделе работы. С учётом обозначенного подхода, определение оптимальных структурных параметров парка транспортных средств в разрезе реализуемых технологий топливно-энергетического обеспечения предполагает проведение исследований в соответствии со следующим планом:

- оценка области эффективного применения рассматриваемых альтернативных технологий топливно-энергетического обеспечения;
- определение технико-экономических характеристик наиболее эффективных технологий топливно-энергетического обеспечения, реализуемых в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта;
- определение оптимальных структурных параметров парка транспортных средств, реализующего рассматриваемые технологии

топливно-энергетического обеспечения.

Первоначальным действием, проводимым в рамках определения оптимальной технологии топливно-энергетического обеспечения, является анализ существующих альтернатив, применимых по отношению к видам транспорта, входящим в структуру системы городского наземного пассажирского транспорта.

Оценка эффективности внедрения  $i$ -го варианта альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения, может быть произведена исходя из величины комплексного показателя эффективности транспортного процесса (формула 2.10) с учётом объёма инвестиций, необходимых для реализации мероприятий по реструктуризации парка транспортных средств. Обобщённый эффект от внедрения альтернативной технологии может быть определён по формуле:

$$\mathcal{E}_i = (\mathcal{Z}_{KOM0} - \mathcal{Z}_{KOMi}) \cdot Q_{год} - K_i \cdot E_H, \quad (2.38)$$

где  $\mathcal{Z}_{KOM0}$  - комплексный показатель оценки эффективности транспортного процесса при реализации существующей технологии топливно-энергетического обеспечения, руб./пасс.;

$\mathcal{Z}_{KOMi}$  - комплексный показатель оценки эффективности транспортного процесса при реализации альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения, руб./пасс.;

$Q_{год}$  – годовой объём перевозок, пасс.;

$K_i$  – объём инвестиций, необходимых для внедрения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения, руб.;

$E_H$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений (инвестиций).

Инвестиции, необходимые для внедрения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения, как правило, включают в себя

затраты на замену или модернизацию подвижного состава и затраты на перевооружение производственно-технической базы, обеспечивающей нормативные условия технической эксплуатации транспортных средств.

Концептуальный подход, положенный в основу исследования, для выбора предпочтительной технологии топливно-энергетического обеспечения предполагает выполнение следующих действий:

- проведение структурного анализа факторов, определяющих эффективность внедрения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения, выявление наиболее значимых из них;
- определение многомерной области, позволяющей оценить совокупное влияние наиболее значимых факторов на величину обобщённого экономического эффекта, получаемого в результате внедрения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения;
- выявление варианта технологии, обеспечивающей максимальный эффект от внедрения в заданных условиях.

Обобщённый эффект от внедрения альтернативной технологии (формула 2.38) принят в качестве результирующей функции. Ограничения результирующей функции определяются ограниченным количеством рассматриваемых переменных и их предельными значениями, определяющими диапазон проводимого исследования. Данное условие описывается системой:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathcal{E}_k = \text{MAX} \{ \mathcal{E}_{ki} \} \\ i = 1, \dots, n \\ \Pi_{ijMIN} \leq \Pi_{ij} \leq \Pi_{ijMAX} \end{array} \right., \quad (2.39)$$

где  $n$  – количество рассматриваемых топливно-энергетических схем;

$\Pi_{ij}$  – текущее значение  $j$ -го фактора  $i$ -ого вида топливно-энергетической схемы;

$P_{ijMIN}$  – минимальное значение j-го фактора i-ого вида топливно-энергетической схемы;

$P_{ijMAX}$  – максимальное значение j-го фактора i-ого вида топливно-энергетической схемы;

$\mathcal{E}_{Ki}$  – показатель эффективности применения i-ого вида топливно-энергетической схемы в заданных условиях.

Ключевыми параметрами в выражении для расчёта обобщённого показателя эффективности транспортного процесса (формула 2.10) являются суммарные эксплуатационные затраты на перевозку пассажиров за определённый период времени и слагаемые, определяющие величину экологического ущерба. Ниже представлены методики, позволяющие произвести расчёт числовых значений данных величин.

#### 2.2.3.1 Расчёт эксплуатационных затрат, обусловленных применением альтернативных схем топливно-энергетического обеспечения

В основу методики расчёта эксплуатационных затрат положен типовой расчёт эксплуатационных расходов на осуществление транспортной работы.

Все затратные составляющие данного расчёта разделены на две группы.

Первая группа - затраты не зависящие от интенсивности эксплуатации транспортного средства (Постоянные затраты -  $Z_{ПОСТ}$ ).

Вторая группа - затратные составляющие, пропорционально зависящие от интенсивности эксплуатации транспортного средства (Переменные затраты -  $Z_{ПЕРЕМ}$ ).

Структура эксплуатационных затрат представлена на рисунке 2.7.



Рисунок 2.7 – Структура эксплуатационных затрат

Постоянными являются затраты, объём которых не зависит от интенсивности и условий эксплуатации.

К данной категории, отнесены следующие затратные статьи:

- амортизационные отчисления на восстановление подвижного состава;
- дополнительные затраты на содержание производственно-технической базы, связанные с применением альтернативных топливно-энергетических схем.

Данные затраты равномерно распределены в течение года. Их величина рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{пост}} = A \cdot \frac{N_A}{\alpha_B \cdot \alpha_T \cdot \gamma} + Z_{\text{ПТВ}}, \quad (2.40)$$

где  $A$  - амортизационные отчисления на восстановление единицы подвижного состава, руб.;

$N_A$  - количество транспортных средств заданной пассажировместимости, технологически необходимых для выполнения заданного объёма транспортной работы, ед.;

$\alpha_B$  – коэффициент выпуска транспортных средств на линию;

$\alpha_T$  – коэффициент использования рабочего времени;

$\gamma$  - коэффициент использования пассажировместимости;

$Z_{PTB}$  – дополнительные затраты на содержание производственно-технической базы, связанные с применением альтернативных технологий топливно-энергетического обеспечения, руб.

Коэффициент пассажировместимости ( $\gamma$ ), в данном случае, определяется как соотношение технологически необходимой и фактической пассажировместимости транспортного средства.

Исходя из специфики проводимого исследования, методика расчёта коэффициента выпуска транспортных средств на линию должна учитывать особенности рассматриваемой технологии топливно-энергетического обеспечения.

Применяемый тип топливно – энергетической системы, несомненно, оказывает влияние, как на полноту использования фонда рабочего времени, так и на использование пассажировместимости транспортных средств. Возможное снижение эффективности эксплуатации обусловлено:

- необходимостью проведения дополнительных профилактических и ремонтных воздействий;
- дополнительной нагрузкой на транспортное средство, связанной с установкой элементов альтернативной топливно-энергетической системы, а также связанное с этим сокращение пассажировместимости;
- увеличением нулевых пробегов, связанным необходимостью выполнения специальных технологических операций при существующей схеме расположения инфраструктурных объектов.

Данное влияние оценивается величиной снижения относительных коэффициентов (коэффициента выпуска, коэффициента использования рабочего времени, коэффициента использования пассажировместимости), обусловленного применением альтернативной топливно-энергетической

схемы. Численные значения данных коэффициентов оказывают непосредственное влияние на численность транспортных средств, закреплённых за маршрутом системы городского наземного пассажирского транспорта.

Эксплуатация автотранспортных средств с использованием альтернативных топливно-энергетических схем зачастую требует внесения изменений в состав производственно-технической базы предприятия. Данные изменения, как правило, включают в себя: организацию подразделений обеспечивающих обслуживание и ремонт топливных систем; обеспечение необходимых условий хранения подвижного состава, комплектующих и материалов; обеспечение условий заправки транспортных средств альтернативными видами топлив (источниками энергии) и ряд других изменений, обусловленных технологическими особенностями внедряемых топливных схем.

Указанные изменения производственно-технической базы зачастую приводят к возникновению дополнительных затрат на её содержание. Данные затраты включают в себя:

- затраты на амортизацию и ремонт зданий, сооружений, технологического оборудования и производственного инвентаря;
- затраты на оплату труда ИТР, служащих и вспомогательного персонала;
- затраты на коммунальные услуги;
- затраты на электроэнергию, топливо, сжатый воздух, пар и др.;
- затраты на содержание дополнительных коммуникаций (систем пожаротушения, пожарной и газовой сигнализации, вентиляции, топливопроводов и т.д.).

Структура дополнительных затрат на содержание производственно-технической базы определяется технологическими особенностями внедряемой технологии топливно-энергетического обеспечения и

требованиями действующих нормативов в области строительства, пожарной безопасности, экологической безопасности и охраны труда.

К переменным, отнесены затраты, пропорционально зависящие от интенсивности эксплуатации транспортного средства. Структура переменных затрат отражена на рисунке 2.7. Расчёчная формула имеет вид:

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}} = Z_{\text{ТОП}} + Z_{\text{ТО}} + Z_{\text{TP}} + Z_{\text{ЭК}}, \quad (2.41)$$

где  $Z_{\text{ТОП}}$  – затраты на топливо (энергию), руб./км.;

$Z_{\text{ТО}}$  - затраты на техническое обслуживание топливно-энергетических систем и сопряжённых с ними конструктивных элементов, руб./км.;

$Z_{\text{TP}}$  - затраты на текущий ремонт топливно-энергетических систем и сопряжённых с ними конструктивных элементов, руб./км.;

$Z_{\text{ЭК}}$  – затраты на компенсацию экологического ущерба, руб.

Численные значения слагаемых, приведённых в выражении 2.41, определяются по приведённым ниже формулам.

Затраты на топливо (энергию):

$$Z_{\text{ТОП}} = 0,01 \cdot q_i \cdot \Pi_i \cdot S \cdot k_H, \quad (2.42)$$

где  $q_i$  – норма расхода  $i$ -го вида топлива (энергии), определённая для рассматриваемой топливно-энергетической схемы, ед/100км;

$\Pi_i$  – стоимость единицы  $i$ -го вида используемого топлива (энергии), руб.;

$k_H$  - коэффициент, определяемый суммой надбавок (скидок) к нормативному расходу топлива (энергии), зависящих от условий эксплуатации;

$S$  – общий пробег транспортных средств за расчётный период, км.

Затраты на техническое обслуживание топливно-энергетических систем и сопряжённых с ними конструктивных элементов определяются технологическим содержанием данных видов работ и методом их выполнения. Организационно работы технического обслуживания могут быть проведены перевозчиком самостоятельно на базе транспортного предприятия или по кооперации на базе сервисного предприятия.

В обоих случаях обобщённое выражение для расчёта данной составляющей эксплуатационных затрат имеет вид:

$$\mathcal{Z}_{TO} = \sum_{k=1}^m \left( \frac{\mathcal{Z}_k}{S_k} \right) \cdot S, \quad (2.43)$$

где  $\mathcal{Z}_k$  – затраты на проведение  $k$ -го вида технического обслуживания, руб.;

$S_k$  – периодичность  $k$ -го вида технического обслуживания, км.;

При проведении комплекса работ технического обслуживания на производственно-технической базе предприятия-перевозчика, переменные затраты на выполнение  $k$ -го вида работ ТО определяются по формуле:

$$\mathcal{Z}_k = t_k^{ck} \cdot C_{1n\mu} + \mathcal{Z}_{mk}, \quad (2.44)$$

где  $t_k^{ck}$  – трудоёмкость  $k$ -го вида технического обслуживания элементов рассматриваемой топливно-энергетической системы, чел.-ч;

$C_{1n\mu}$  – средневзвешенная часовая тарифная ставка персонала, задействованных при выполнении работ технического обслуживания, руб.;

$\mathcal{Z}_{mk}$  – стоимость материалов, используемых при проведении  $k$ -го вида технического обслуживания, руб.

При проведении технического обслуживания на производственно-

технической базе сервисного предприятия переменные затраты на проведение данного вида работ определяются по аналогичной формуле, но вместо значения средневзвешенной часовой тарифной ставки персонала используется значение стоимости одного нормо-часа услуг сервисного предприятия.

Затраты на содержание зданий и производственного оборудования, при выполнении работ на производственно-технической базе транспортного предприятия, отнесены к категории постоянных затрат и учтены при выполнении расчётов, производимых при помощи формулы 2.40.

Переменная составляющая затрат на текущий ремонт определяемых применяемой технологией топливно-энергетического обеспечения, так же зависит методом их проведения. При проведении работ текущего ремонта на производственно-технической базе транспортного предприятия, данные затраты складываются из затрат на запчасти и затрат на оплату труда персонала, выполняющего данный вид работ. Расчётная формула имеет вид:

$$Z_{TP} = C_{HЧ}^{TP} \cdot t_{TP} \cdot S / 1000 + Z_{TP}^{з}, \quad (2.45)$$

где  $Z_{TP}^{з}$  - затраты на запчасти, используемые при выполнении текущего ремонта за расчётный период, руб./км.

$\overline{C_{HЧ}^{TP}}$  - стоимость одного нормо-часа (средневзвешенная часовая тарифная ставка рабочих) при выполнении работ по текущему ремонту топливно-энергетических систем, руб.;

$t_{TP}$  – удельная трудоёмкость текущего ремонта топливно-энергетических систем, чел.-ч/1000 км.

При выполнении того же объёма работ на базе сервисного предприятия (на условиях кооперации) затраты определяются по аналогичной формуле, но вместо значения средневзвешенной часовой тарифной ставки

производственных рабочих используется значение средней стоимости одного нормо-часа услуг сервисного предприятия.

### 2.2.3.2 Расчёт экологического ущерба от эксплуатации транспортных средств в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта

Наиболее значимой составляющей экологического ущерба, производимого транспортными средствами при их движении по маршрутам системы городского наземного транспорта, является ущерб, связанный с загрязнением воздушного бассейна. Как было отмечено в разделе 2.2.1 уровень экологического ущерба включает в себя три составляющие:

- ущерб от выброса токсичных веществ;
- ущерб от выброса парниковых газов;
- ущерб от потребления природных ресурсов (атмосферного кислорода).

Объёмные характеристики обозначенных составляющих, как правило, определяются параметрами процесса окисления энергоносителя, который, в зависимости от технологической схемы энергопотребления, может быть реализован, как на борту транспортного средства (мобильная энергетическая установка), так и вне транспортного средства (стационарная энергетическая установка). Проведённый анализ существующих технологических схем энергопотребления позволил структурировать их классификационные признаки. Предложенная система классификации технологических схем энергопотребления, реализуемых в транспортных системах, представлена на рисунке 2.8. В соответствии с данной классификационной схемой, в рамках исследования целесообразно рассмотреть параметры энергопотребления следующих видов наземного пассажирского транспорта: автобус, троллейбус, трамвай, троллейбус с автономным ходом, электробус.



Рисунок 2.8 – Система классификации технологических схем энергопотребления, реализуемых в транспортных системах

Для видов транспорта, реализующих технологическую схему с **мобильными энергетическими установками** (автобус), оценка общего экологического ущерба производится по формулам 2.4, 2.8 и 2.9 (раздел 2.2.1). Переменными величинами в данных формулах являются: фактическая масса каждого вида токсичного вещества, производимого в течение отчётного периода и общий расход топлива за тот же период.

Расчёт общей массы  $i$ -го токсичного компонента отработавших газов, поступающих в атмосферу за расчётный период, производится по формуле:

$$m_i = \frac{M_{Lk,i} \cdot L_{год}}{10^6}, \quad (2.46)$$

где  $M_{Lk,i}$  – пробеговый выброс  $i$ -го токсичного компонента, в соответствии с типом транспортного средства, г/км [147];

$L_{год}$  – общий годовой пробег парка транспортных средств, обслуживающих маршрут, км

Расчёт производится для девяти токсичных компонентов, перечень которых утверждён соответствующим нормативом [147].

Расчёт веса израсходованного за отчётный период топлива

производится по формуле:

$$Q_T = 10^{-5} \cdot \left( H_B \cdot L_{TOD} \cdot \left( 1 + \frac{\Sigma D}{100} \right) + H_{OT} \cdot T_{OT} \right) \cdot \rho_T, \quad (2.47)$$

где  $H_B$  – базовая норма расхода топлива на пробег транспортного средства, л/100 км;

$\Sigma D$  – суммарная относительная надбавка к базовой норме расхода топлива, определяемая условиями эксплуатации транспортных средств, %;

$H_{OT}$  – норма расхода топлива на работу отопителя салона, л/ч;

$T_{OT}$  – общее годовое время работы отопителя салона, ч;

$\rho_T$  – плотность топлива, кг/л

Для оценки экологического ущерба при реализации технологических схем со *стационарными энергетическими установками* необходимо учесть способ получения (преобразования) энергии; энергетические потери при её передаче к транспортному средству; виды и количество токсичных веществ, парниковых газов образуемых за расчётный период, а так же количество расходуемых природных ресурсов.

Энергоэффективность технологической схемы производства энергии стационарным источником, трансформации и передачи её к транспортному средству определяется, исходя из величины суммарного КПД:

$$KPD_{CT} = \prod(KPD_{TРАНС}) \cdot \prod(KPD_{ПЕР}), \quad (2.48)$$

где  $\prod(KPD_{TРАНС})$  – общий коэффициент полезного действия устройств трансформации энергии, ед.;

$\prod(KPD_{ПЕР})$  – общий коэффициент полезного действия передающих устройств и коммуникаций, ед.

Для выполнения сравнительной оценки энергопотребления транспортных систем с мобильными и стационарными энергетическими установками, транспортные средства, потребляющие энергию от стационарного источника, целесообразно рассмотреть, как физический объект, дискретно движущийся в условиях действия совокупности силовых факторов. Энергия, затрачивая на перемещение транспортного средства, при этом, численно равна работе, совершающейся тяговой силой, действующей на ведущие колёса транспортного средства. Согласно законам физики, работа численно равна произведению вектора силы, направленного вдоль перемещения, на величину перемещения.

$$A = \overline{F}_k \cdot S, \quad (2.49)$$

где  $\overline{F}_k$  - тяговая сила, действующая на ведущие колёса транспортного средства, Н;

$S$  – перемещение транспортного средства, м.

Движение транспортного средства, обслуживающего маршрут системы городского наземного пассажирского транспорта, представлено как чередование режимов равноускоренного, равномерного и равнозамедленного движения на перегоне между остановочными пунктами.

Расстояние, проходимое в периоды равноускоренного и равнозамедленного движения определяется исходя из условия разгона транспортного средства из состояния покоя до максимальной (в условиях городского движения) скорости с умеренным ускорением ( $a = 0,5 \text{ м/с}^2$ ) и замедления с такой же интенсивностью.

Тяговая сила, действующая на ведущие колёса транспортного средства, определяется из уравнения тягово-скоростного баланса, при движении транспортного средства по равнинной местности, имеет вид:

$$\overline{F_K} + \overline{F_j} + \overline{F_T} + \overline{F_B} = 0, \quad (2.50)$$

где  $\overline{F_K}$  – тяговая сила на ведущих колёсах автотранспортного средства, Н;  
 $\overline{F_j}$  – сила инерции, Н;  
 $\overline{F_T}$  – сила трения качения, Н;  
 $\overline{F_B}$  – сила сопротивления воздуха, Н.

Расчётные формулы, используемые для определения слагаемых формулы (2.50), имеют вид:

Сила инерции:

$$\overline{F_j} = m_A \cdot \bar{a}, \quad (2.51)$$

где  $m_A$  – масса транспортного средства, кг;

$\bar{a}$  – ускорение, м/с<sup>2</sup>.

Модуль силы трения качения:

$$F_T = m_A \cdot g \cdot \mu, \quad (2.52)$$

где  $m_A$  – масса транспортного средства, кг;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\mu$  - коэффициент трения качения.

Модуль силы сопротивления воздуха:

$$F_B = 0,5 \cdot c_X \cdot S_X \cdot \rho_B \cdot V^2, \quad (2.53)$$

где  $c_X$  – коэффициент лобового сопротивления;

$S_X$  – площадь поперечной проекции транспортного средства, м<sup>2</sup>;

$\rho_B$  – плотность воздуха кг/м<sup>3</sup> ( $\rho_B = 1,22$  кг/м<sup>3</sup>);

$V$  – средняя скорость движения транспортного средства.

При составлении уравнения тягового баланса (выражение 2.50), для режима торможения необходимо учесть реализацию процесса рекуперации энергии. В этом случае, принято, что рекуперируемая энергия численно равна 30 % от общей энергии, затрачиваемой на торможение транспортного средства.

В обобщённом виде работа (энергия) по перемещению пассажирского транспортного средства на расстояние один километр составит:

$$A_{1KM} = \frac{F_{KI} \cdot S_P + F_{KII} \cdot S_{a=0} - 0,3 \cdot F_{KIII} \cdot S_T}{S_{OCT}}, \quad (2.54)$$

где  $F_{KI}$  – тяговая сила на ведущих колёсах транспортного средства в режиме разгона, Н;

$S_P$  – расстояние, преодолеваемое транспортным средством в режиме разгона, м;

$F_{KII}$  – тяговая сила на ведущих колёсах транспортного средства в режиме равномерного движения, Н;

$S_{a=0}$  – расстояние, преодолеваемое транспортным средством в режиме равномерного движения, м;

$F_{KIII}$  – тяговая сила на ведущих колёсах транспортного средства в режиме торможения, Н;

$S_T$  – расстояние, преодолеваемое транспортным средством в режиме торможения, м;

$S_{OCT}$  – среднее расстояние между остановочными пунктами, км.

Потребление энергии транспортными средствами системы городского пассажирского транспорта, как правило, производится в рамках

энергетической сети, включающей в свой состав стационарные энергетические установки различного типа. В рамках проводимого исследования, в качестве источника отрицательного воздействия на окружающую среду рассматриваются энергетические установки, преобразующие тепловую энергию, образующуюся при окислении энергоносителей (тепловые энергетические установки). Исходя из этого, при оценке экологического ущерба необходимо учесть долю энергии, генерируемую энергетическими установками данного типа. С учётом обозначенных положений, количество энергии, генерируемой тепловыми энергетическими установками для энергообеспечения системы городского пассажирского транспорта, определяется по формуле:

$$E_{TEPL} = \frac{A_{1KM} \cdot L_{год} \cdot \Pi_{TEPL}}{КПД_{ст}}, \quad (2.55)$$

где  $\Pi_{TEPL}$  – доля энергии, генерируемая тепловыми энергетическими установками, в рамках энергетической сети, ед.;

$КПД_{ст}$  – суммарный коэффициент полезного действия процессов трансформации и передачи энергии к транспортному средству

Подстановкой формулы 2.54 в выражение 2.55 получена развёрнутая формула расчёта количества энергии, генерируемой тепловыми энергетическими установками для энергообеспечения системы городского пассажирского транспорта:

$$E_{TEPL} = \frac{F_{K1} \cdot S_p + F_{KII} \cdot S_{a=0} - 0,3 \cdot F_{KIII} \cdot S_T}{S_{ост}} \cdot \frac{L_{год} \cdot \Pi_{TEPL}}{КПД_{ст}}, \quad (2.56)$$

Экологические и технологические, характеристики стационарных энергетических установок с заданным годовым объёмом генерируемой

энергии, как правило, характеризуются величиной массовых годовых выбросов токсичных веществ и годовым объёмом потребляемого энергоносителя (углеводородного топлива).

С учётом обозначенных параметров, годовой объём эмиссии  $i$ -го токсичного компонента, обусловленный производством энергии, необходимой для обеспечения работы системы городского наземного пассажирского транспорта, определяется по формуле:

$$m_i = \frac{E_{\text{ТЕПЛ}} \cdot M_{i\text{год}}}{E_{\text{ГОД}}^{\text{общ}}} , \quad (2.57)$$

год  $M_{i\text{год}}$  - годовой выброс  $i$ -го токсичного компонента стационарной энергетической установкой, тонн;

$E_{\text{ГОД}}^{\text{общ}}$  - общий годовой объём энергии, генерируемый стационарной энергетической установкой, Вт·ч.

Вес топлива израсходованного за год для производства энергии, необходимой для обеспечения работы системы городского наземного пассажирского транспорта, определяется по аналогичной формуле:

$$Q_T = \frac{E_{\text{ТЕПЛ}} \cdot Q_{\text{год}}}{E_{\text{ГОД}}^{\text{общ}}} , \quad (2.58)$$

год  $Q_{\text{год}}$  – общее годовое количество топлива, затрачиваемое на генерирование общего годового объёма энергии стационарной энергетической установкой, тонн.

Установленные параметры позволяют определить величину относительного экологического ущерба, расчёт численных значений которого производится при помощи формул 2.3, 2.4, 2.8 и 2.9.

Аналогично определяется величина относительного экологического ущерба при использовании *стационарных энергетических установок с дискретной передачей энергии*. В этом случае, при определении суммарного коэффициента полезного действия технологической схемы учитываются потери, обусловленные процессами аккумулирования и расходования энергии на борту транспортного средства. Формула 2.48, в этом случае, приобретает вид:

$$КПД_{CT} = \prod(KPD_{PAHC}) \cdot \prod(KPD_{PERP}) \cdot \prod(KPD_{AK}), \quad (2.59)$$

где  $\prod(KPD_{AK})$  – общий коэффициент полезного действия процессов аккумулирования и расходования энергии на борту транспортного средства, ед.;

### 2.2.3.3 Расчёт объёма инвестиционных вложений, необходимых для внедрения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения

Объём инвестиционных вложений, необходимых для внедрения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения включает в себя: инвестиции на изменение структуры (модернизацию) парка транспортных средств; инвестиции на перевооружение производственно-технической базы предприятия и затраты на обучение персонала.

$$K_i = N_A \cdot \left( C_{Bi} \cdot \frac{1}{\alpha_{Bi}} - C_{B0} \cdot \frac{1}{\alpha_{B0}} \right) + K_{PTB} + K_{PERC}^{УЧ}, \quad (2.60)$$

где  $C_{Bi}$  – балансовая стоимость транспортного средства реализующего альтернативную технологию топливно-энергетического обеспечения, руб.;

$C_{B0}$  – балансовая стоимость транспортного средства реализующего базовую технологию топливно-энергетического обеспечения, руб.;

$\alpha_{Bi}$  – коэффициент выпуска транспортных средств, реализующих альтернативную технологию топливно-энергетического обеспечения, руб.;

$\alpha_{B0}$  – коэффициент выпуска транспортных средств, реализующих базовую технологию топливно-энергетического обеспечения, руб.;

$K_{ITB}$  – инвестиции в перевооружение производственно-технической базы, руб.;

$K_{PERC}^{YQ}$  – инвестиции в обучение (повышение квалификации) персонала, руб.

После подстановки выражений, представленных в данном разделе в формулу 2.38, получаем итоговое выражение для оценки обобщённого эффекта, определяемого внедрением альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_i = N_A \cdot \left( \frac{12}{НПИ} + E_H \right) \cdot \left( C_{B0} \cdot \frac{1}{\alpha_{B0}} - C_{Bi} \cdot \frac{1}{\alpha_{Bi}} \right) + 0,01 \cdot S \cdot k_H \cdot (q_0 \cdot \mathcal{U}_0 - q_i \cdot \mathcal{U}_i) - \\ + S \cdot \frac{C_{HQ}}{1000} \cdot \left( \left( \sum_{k=1}^m (t_{k0}^{ck}) - \sum_{k=1}^m (t_{ki}^{ck}) \right) + (t_{TP0} - t_{TPI}) \right) + S \cdot \left( (z_{TO0}^{Mam} - z_{TOi}^{Mam}) + (z_{TP0}^{3Q} - z_{TPI}^{3Q}) \right) + \\ + S \cdot (z_{EK0} - z_{EKi}) + (z_{ITB0} - z_{ITBi}) - (K_{ITB} + K_{PERC}^{YQ}) \cdot E_H, \end{aligned} \quad (2.61)$$

где  $N_A$  – численность транспортных средств, ед.;

$НПИ$  – нормативный срок полезного использования транспортных средств, лет;

$E_H$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;

$C_{B0}, C_{Bi}$  – стоимость транспортных средств, руб.;

$\alpha_{B0}, \alpha_{Bi}$  – коэффициент выпуска;

$S$  – общий годовой пробег транспортных средств, км;

$k_H$  - коэффициент суммарных надбавок к базовой норме расхода топлива;

$q_0, q_i$  – базовая норма расхода топлива (энергоносителя), ед./км;

$\Pi_0, \Pi_i$  – стоимость учётной единицы топлива (энергоносителя), руб.;

$C_{HЧ}$  – стоимость нормочаса работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту транспортных средств, руб.;

$t_k^{ck}$  - удельная трудоёмкость  $k$ -го вида технического обслуживания, чел.-ч/1000 км;

$t_{TP0}, t_{TPi}$  – удельная трудоёмкость текущего ремонта, чел.-ч/1000 км;

$z_{TO0}^{Mam}, z_{TOi}^{Mam}$  - удельные затраты на материалы, при ТО транспортных средств, руб./1000 км;

$z_{TP0}^{ЗЧ}, z_{TPi}^{ЗЧ}$  - удельные затраты на запчасти, используемые при ремонте транспортных средств, руб./1000 км;

$z_{ЭК0}, z_{ЭKi}$  - удельный экологический ущерб при эксплуатации транспортных средств, руб./1000 км;

$Z_{ПТБ0}, Z_{ПТBi}$  – дополнительные затраты на содержание производственно-технической базы, руб.;

$K_{ПТБ}$  – инвестиции в перевооружение производственно-технической базы, руб.;

$K_{ПЕРС}^{УЧ}$  - инвестиции в обучение персонала, руб.

#### 2.2.3.4 Формирование области эффективного применения альтернативных технологий топливно-энергетического обеспечения системы городского наземного пассажирского транспорта

На основе анализа выражения 2.60 определён перечень факторов, определяющих эффективность внедрения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения транспортных средств, эксплуатируемых в заданных условиях. К числу таких факторов относятся:

- 1) Стоимость транспортных средств (затраты на модернизацию транспортных средств);

- 2) Стоимость энергоносителя;
- 3) Удельный расход энергоносителя;
- 4) Удельная трудоёмкость технического обслуживания и текущего ремонта транспортных средств;
- 5) Удельные затраты на материалы и запчасти, используемые при проведении технического обслуживания и текущего ремонта транспортных средств;
- 6) Удельный экологический ущерб при эксплуатации транспортных средств;
- 7) Текущие годовые затраты на содержание элементов производственно-технической базы, обеспечивающих реализацию технологии топливно-энергетического обеспечения;
- 8) Объём инвестиций, необходимых для перевооружения производственно-технической базы предприятия, с целью реализации мероприятий, обеспечивающих применение альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения;
- 9) Объём инвестиций, необходимых для обучения персонала, с целью получения квалификации, обеспечивающей применение альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения.

Таким образом, потенциальная размерность области, формирующей оценочный показатель эффективности внедрения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения равна девяти. Высокая размерность данной области обуславливает сложность её математической интерпретации, построения и практического применения.

Исходя из обозначенной проблемы необходимо произвести оценку значимости обозначенных факторов, с целью сокращения размерности области эффективного применения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения.

Значимость факторов определяется на основе анализа рассматриваемых альтернатив, применяемых в отношении рассматриваемой категории

транспортных средств, исходя из диапазона их возможного изменения и степени влияния на результирующую функцию. При этом, при проведении сравнительного анализа, в качестве базы сравнения, целесообразно принять традиционную технологию топливно-энергетического обеспечения, реализуемую в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта, либо технологию реализованную в базовой комплектации транспортного средства.

Оценка значимости факторов производится путём выполнения расчёто-аналитических действий в следующей последовательности:

1. Определение средних значений исследуемых факторов для базовой и альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения;
2. Определение возможного диапазона изменения рассматриваемых факторов в рамках альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения;
3. Поочерёдный расчёт результирующих значений итоговой функции для минимальных и максимальных значений исследуемого  $i$ -го фактора, при средних значениях других (не исследуемых) факторов;
4. Определение диапазона изменения результирующей функции при максимально-возможной амплитуде изменения исследуемого фактора;
5. Расчёт весовых коэффициентов, определяющих значимость исследуемых факторов.

Расчёт численных значений весовых коэффициентов, определяющих значимость исследуемых факторов, производится по формуле:

$$W_i = \frac{\Delta \mathcal{E}_i}{\sum_{i=1}^9 (\Delta \mathcal{E}_i)}, \quad (2.62)$$

где  $\Delta \mathcal{E}_i$  – диапазон изменения результирующего фактора при максимальной амплитуде изменения исследуемого ( $i$ -го) фактора, руб.;

Расчётные параметры и результаты оценки значимости рассматриваемых факторов, целесообразно оформить виде таблицы, форма которой приведена ниже (таблица 2.1)

Для упрощения математической интерпретации результатов исследования и обеспечения возможности их практического внедрения, для дальнейших исследований целесообразно оставить два наиболее значимых фактора. Данные факторы, в совокупности с результирующей функцией, формируют трёхмерную область эффективного применения рассматриваемой технологии топливно-энергетического обеспечения.

Таблица 2.1 – Форма таблицы расчётных параметров и результатов оценки значимости факторов, определяющих область эффективного применения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения

Наименование фактора	Среднее значение переменных факторов		Диапазон изменения переменных факторов		Значение результирующей функции $\mathcal{E}_i = f(X_i)$		Диапазон изменения результирующей функции, $\Delta\mathcal{E}_i$	Весовые коэффициенты значимости переменных факторов, $W_i$
	Базовая технология	Альтернативная технология	Минимальное значение	Максимальное значение	$\mathcal{E}_i = f(X_{iMIN})$	$\mathcal{E}_i = f(X_{iMAX})$		
1. Стоимость транспортных средств, руб.								
2. Стоимость энергоносителя, руб.								
.....								
10. Объём инвестиций, необходимых для обучения персонала								

Построение данной области производится на основе данных, полученных путём циклически выполняемого расчёта результирующей функции, повторяемого с шагом  $\Delta X$  в интервале от  $X_{MIN}$  до  $X_{MAX}$ , где  $X$  – один

из значимых факторов, формирующих область эффективного применения рассматриваемой технологии топливно-энергетического обеспечения. Так как рассматривается два наиболее значимых фактора, то расчёт производится двумя вложенными циклами. Описанная последовательность действий реализована в виде алгоритма, представленного на рисунке 2.9.

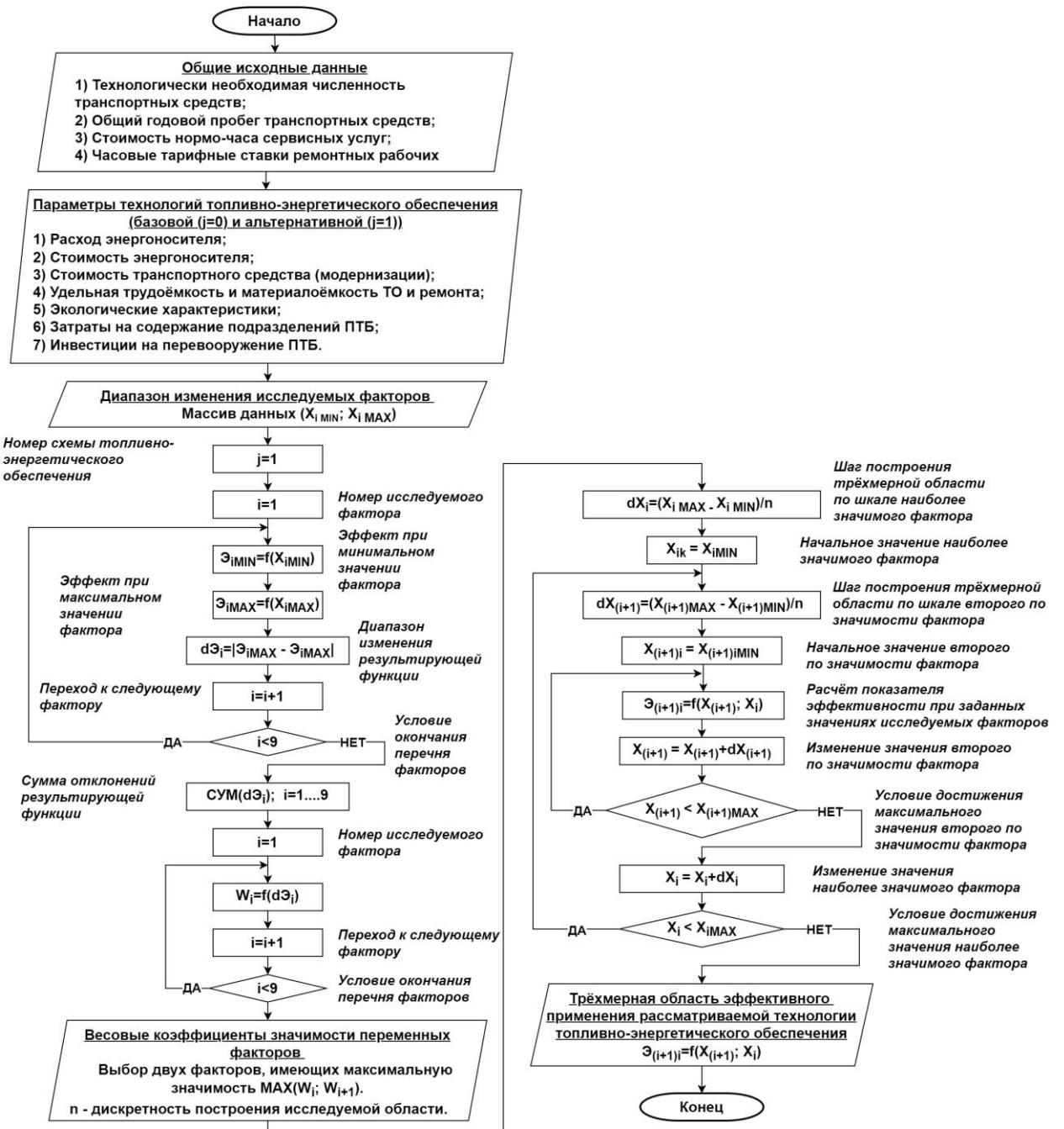


Рисунок 2.9 – Алгоритм построения области эффективного применения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения транспортных средств

Сопоставление сформированных трёхмерных областей, построенных в отношении рассматриваемых вариантов технологий альтернативного топливно-энергетического обеспечения, позволяет определить наиболее эффективную из данных технологий, и установить численные значения наиболее значимых параметров, обеспечивающих максимально-возможный эффект от внедрения инновационных решений. Реализуемый в отношении системы городского пассажирского транспорта логистический подход, позволяет обеспечить изменение исследуемых факторов в максимально-возможном диапазоне.

Проведение исследования, в соответствии с разработанным алгоритмом, в отношении всех маршрутов системы городского наземного пассажирского транспорта позволяет:

- выявить наиболее предпочтительную технологию топливно-энергетического обеспечения;
- уточнить структурные параметры парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского наземного пассажирского транспорта;
- определить численность транспортных средств – ключевых потребителей рассматриваемых видов энергоресурсов;
- определить параметры ресурсопотребления системы городского наземного пассажирского транспорта.

Полученные данные являются исходной информацией для определения оптимальных структурных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения.

На основе представленного выше методического подхода разработан алгоритм определения оптимальных структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршрут системы городского наземного пассажирского транспорта. Данный алгоритм представлен на рисунке 2.10.

Таким образом, сформирован методический подход, позволяющий

определить оптимальные структурные параметры парка транспортных средств, обслуживающих маршрут системы городского наземного пассажирского транспорта, характеризуемый заданными технологическими параметрами и параметрами распределения пассажиропотоков по временным интервалам и участкам маршрута.

Результаты расчёта предполагают получение следующих выходных данных, характеризующих структурные параметры парка и параметры его эксплуатации:

- вид транспорта;
- категория транспортных средств;
- технологически необходимая численность транспортных средств;
- численность транспортных средств, закреплённых за маршрутом;
- общий годовой пробег транспортных средств;
- общий годовой расход энергоносителя;
- общие годовые затраты на эксплуатацию транспортных средств;
- обобщённый экологический ущерб;
- обобщённый показатель эффективности транспортного процесса.

Для действующих маршрутов системы городского пассажирского транспорта предусмотрена процедура оценки эффективности капиталовложений, необходимых для реструктуризации парка транспортных средств. Такая оценка позволяет определить привлекательность предлагаемых мероприятий с позиции хозяйствующих субъектов, осуществляющих обслуживание данных маршрутов. Дополнительно такая оценка позволяет определить объём инвестиционных вложений, производимых органами государственного и муниципального управления для реализации целевых программ, направленных на повышение качества транспортного обслуживания населения на основе реструктуризации парка транспортных средств.

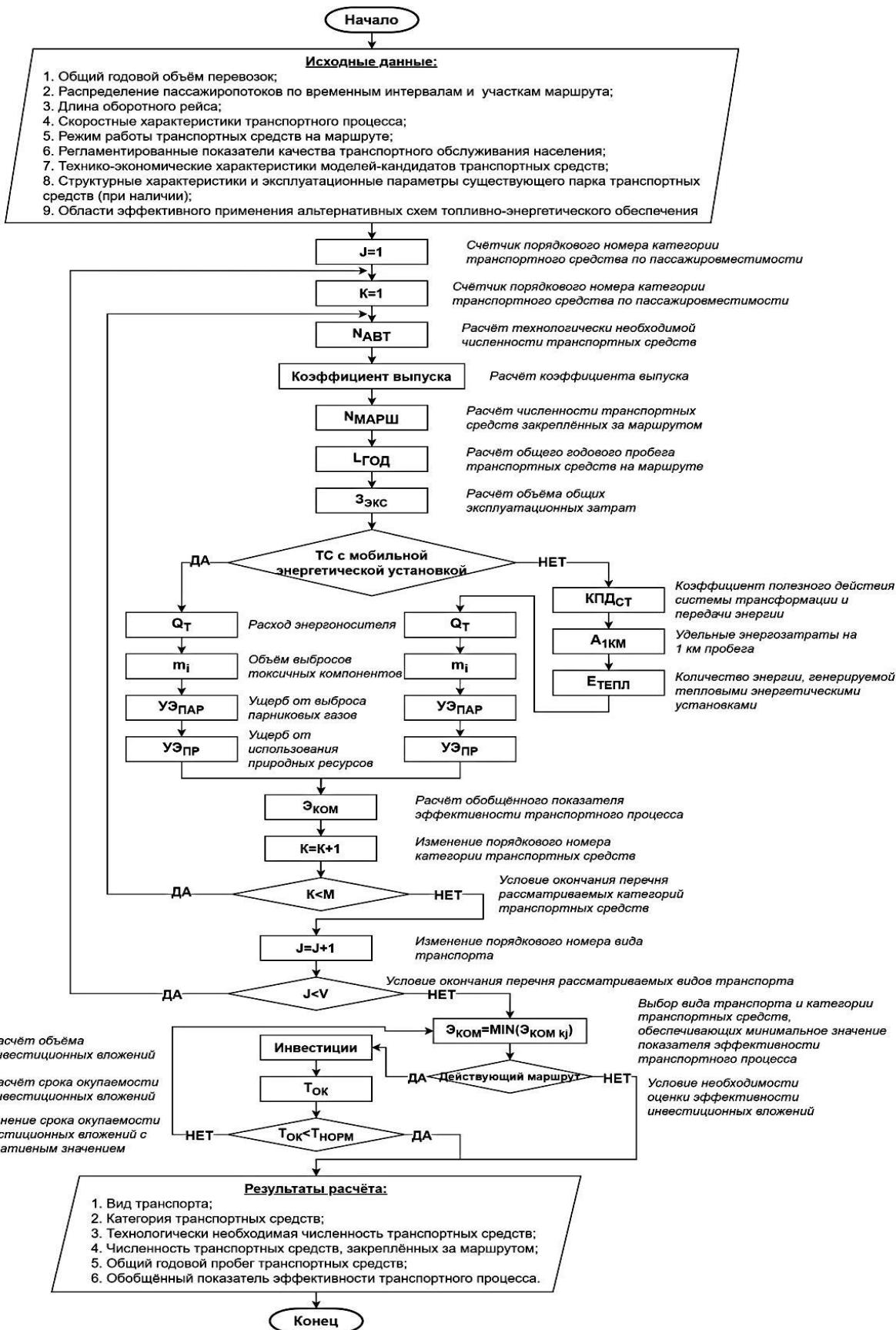


Рисунок 2.10 – Алгоритм определения оптимальных структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршрут системы городского наземного пассажирского транспорта

### 2.3 Определение оптимальных структурных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского наземного пассажирского транспорта

Целесообразность организации инфраструктурных объектов топливно-энергетического обеспечения системы городского наземного пассажирского транспорта, с позиции хозяйствующего субъекта, осуществляющего данный вид деятельности, определяется соотношением величины прогнозируемой прибыли и объёма инвестиций, необходимых для создания инфраструктурных объектов. Данное соотношение, в итоге, определяет срок окупаемости инвестиций, который в упрощённом виде может быть определён по формуле [80]:

$$T_{OK} = \frac{K}{\Pi_{год}}, \quad (2.63)$$

где  $K$  – объём инвестиций, необходимых для создания инфраструктурного объекта, реализующего альтернативную технологию топливно-энергетического обеспечения, руб.;

$\Pi_{год}$  – годовой объём прибыли, получаемой по итогам функционирования инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения, руб.

Годовой объём прогнозируемой прибыли может быть определен из выражения 1.2, приведённого в первой главе данной работы (раздел 1.3.3.2).

Инфраструктура топливно-энергетического обеспечения и парк эксплуатируемых транспортных средств объединены общей технологией, определяющей взаимосвязь их структурных параметров. Ключевой переменной формулы 1.2, значение которой формируется исходя из структурных параметров парка и показателей интенсивности его

эксплуатации, является фактический объём реализуемого за год энергоносителя ( $V_{Факт}$ ).

Приняв в качестве допущения условие, что объём реализуемого за год энергоносителя равен объёму энергоносителя, израсходованного на совершение транспортной работы, расчёт численного значения данной величины может быть определён по формуле:

$$V_{Факт} = \sum_{j=1}^m \left( 0,01 \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{r_{ij} \cdot S_{ОБi}}{\beta_i} \right) \cdot H_{Bj} \cdot k \right), \quad (2.64)$$

где  $r_{ij}$  – количество оборотных рейсов, совершаемых транспортными средствами  $j$ -ой категории при работе на  $i$ -ом маршруте за расчётный период, ед.;

$S_{ОБi}$  – длина оборотного рейса  $i$ -го маршрута, км;

$\beta_i$  – коэффициент использования пробега при обслуживании транспортными средствами  $i$ -го маршрута, ед.;

$H_{Bj}$  – базовая норма расхода топлива транспортными средствами  $j$ -ой категории, ед./100 км;

$k$  – суммарная надбавка к базовой норме расхода энергоносителя, определяемая условиями выполнения транспортной работы, ед.;

$m$  – количество категорий транспортных средств, использующих рассматриваемую технологию топливно-энергетического обеспечения, ед.;

$n$  – количество маршрутов системы городского наземного пассажирского транспорта.

Для технологий, предполагающих наличие на борту транспортного средства определённого пополняемого запаса энергоносителя, одним из параметров, характеризующих производительность инфраструктурного объекта (зарядно-заправочной станции), является количество заправок (зарядок), производимых за установленный промежуток времени. Данный

параметр лимитируется продолжительностью одной заправки (зарядки) и количеством точек обслуживания на одном объекте. Максимальная годовая производительность инфраструктурного объекта (заправочной станции), измеренная в количестве производимых заправок, может быть определена по формуле:

$$\Pi_{АЗС1}^{MAX} = \frac{ДР_{год} \cdot T_{сут} \cdot e}{(\bar{t}_1 + t_{ПЗ1}) \cdot k_{HC}}, \quad (2.65)$$

где  $ДР_{год}$  - количество рабочих дней в году, ед.;

$T_{сут}$  – суточная продолжительность работы заправочного пункта, ч;

$e$  – количество точек обслуживания на заправочном пункте, ед.;

$k_{HC}$  – коэффициент неравномерности поступления транспортных средств в течение суток, ед.;

$\bar{t}_1$  - средняя продолжительность одной заправки (зарядки), ч;

$t_{ПЗ1}$  – подготовительно-заключительное время одной заправки, ч.

Коэффициент неравномерности поступления транспортных средств в течение суток, определяется как отношение максимальной фактической производительности заправочного пункта к фактической среднесуточной производительности (в предварительных расчётах целесообразно принять  $k_{HC} = 1,2$ ) [174].

Исходя из максимальной годовой производительности инфраструктурного объекта (заправочной станции), максимально-возможный объём энергоносителя, реализуемого одним инфраструктурным объектом, может быть определён по формуле:

$$V_{A3C1}^{MAX} = \Pi_{A3C}^{MAX} \cdot \bar{V}_1 = \frac{\Delta P_{ГОД} \cdot T_{СУТ} \cdot e}{(t_1 + t_{ПЗ1}) \cdot k_{HC}} \cdot \frac{\sum_{j=1}^m (V_{1j} \cdot N_{Aj})}{N_A}, \quad (2.66)$$

где  $\bar{V}_1$  - средний объём энергоносителя, заправляемого за одну заправку, ед.;

$V_{1j}$  – заправляемый объём транспортного средства j-ой категории, ед.;

$N_{Aj}$  – количество транспортных средств j-ой категории, эксплуатируемых в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта, ед.;

$N_A$  – общее количество транспортных средств, реализующих рассматриваемую технологию топливно-энергетического обеспечения, ед.

Средняя продолжительность одной заправки определяется скоростью заправки и объёмом реализуемого энергоносителя:

$$\bar{t}_1 = \frac{\sum_{j=1}^m (V_{1j} \cdot N_{Aj})}{N_A \cdot v}, \quad (2.67)$$

где  $v$  – скорость заправки на единичной точке обслуживания инфраструктурного объекта, ед/ч.

Фактически необходимое для стабильной работы системы городского наземного пассажирского транспорта годовое количество производимых заправок может быть определено из выражения:

$$\Pi_{A3C}^{\PhiAKT} = \sum_{j=1}^m \left( \frac{0,01 \cdot \sum_{i=1}^n (N_{Aji} \cdot r_{ij} \cdot S_{OBi} + S_{0i}) \cdot H_{Bj} \cdot k}{V_{1j}} \right), \quad (2.68)$$

где  $S_{0i}$  – общий нулевой пробег, совершаемый транспортными средствами, обслуживающими i-ый маршрут, км.

Исходя из того, что производительность инфраструктурного объекта (заправочной станции) определяется объёмом реализуемого за определённый промежуток времени энергоносителя и количеством произведённых заправок, необходимая численность заправочных станций определяется двумя условиями:

$$\begin{cases} n_{A3C,V} \geq \frac{V_{\text{акт}}}{V_{A3C}^{\text{MAX}}} \\ n_{A3C,\Pi} \geq \frac{\Pi_{A3C}^{\Phi\text{акт}}}{\Pi_{A3C}^{\text{MAX}}} \end{cases}, \quad (2.69)$$

После подстановки в систему 2.68 выражений 2.63, 2.64, 2.65 и 2.67, получаем выражение, являющееся основой для моделирования параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения:

$$n_{A3C} \geq \frac{N_A \cdot k_{HC} \cdot k \cdot \left( \frac{1}{v \cdot N_A} \cdot \sum_{j=1}^m (V_{1j} \cdot N_{Aj}) + t_{\text{пз1}} \right) \cdot \sum_{j=1}^m \left( 0,01 \cdot \sum_{i=1}^n \left( r_{ij} \cdot S_{OBi} \cdot \frac{1}{\beta_i} \right) \cdot H_{Bj} \right)}{dP_{\text{год}} \cdot T_{\text{сут}} \cdot e \cdot \sum_{j=1}^m (V_{1j} \cdot N_{Aj})}, \quad (2.70)$$

На основании анализа полученного выражения можно сделать вывод о том, что необходимая численность заправочных станций во многом зависит от структурных параметров парка транспортных средств, их конструктивных особенностей и интенсивности эксплуатации.

Выявлено два параметра заправочной станции, определяющие её производительность, как по объёму реализуемого энергоносителя, так и по количеству обслуживаемых транспортных средств, это:

- количество точек обслуживания на одной заправочной станции ( $e$ );
- средняя скорость заправки одной точкой обслуживания ( $v$ ).

Исходя из выражения 2.69, практически любое, сколь угодно большое, количество энергоносителя при сколь угодно большом количестве

обслуживаемых транспортных средств можно реализовать при помощи одной заправочной станции при условии отсутствия ограничений на количество точек обслуживания.

Количество необходимых точек обслуживания одной заправочной станции, при известной численности обслуживаемых транспортных средств, известных технических характеристиках этих транспортных средств и показателях интенсивности эксплуатации, определяется по формуле, выведенной путём преобразования выражения 2.69:

$$e = \frac{N_A \cdot k_{HC} \cdot k \cdot \left( \frac{1}{\nu \cdot N_A} \cdot \sum_{j=1}^m (V_{1j} \cdot N_{Aj}) + t_{P31} \right) \cdot \sum_{j=1}^m \left( 0,01 \cdot \sum_{i=1}^n \left( r_{ij} \cdot S_{obi} \cdot \frac{1}{\beta_i} \right) \cdot H_{bj} \right)}{\Delta P_{год} \cdot T_{сут} \cdot \sum_{j=1}^m (V_{1j} \cdot N_{Aj})}, \quad (2.71)$$

На практике, зачастую возникает потребность в решении обратной задачи, определении минимального количества транспортных средств, определяющего целесообразность строительства заправочной станции.

Исходя из допустимого срока окупаемости, минимально-допустимый объём реализуемого энергоносителя может быть определён по формуле:

$$V_{MIN}^год = \frac{K}{\Delta Ц \cdot [T_{ок}] \cdot (1 - 0,01 \cdot H_{П})} + \frac{3_3}{\Delta Ц}, \quad (2.72)$$

где  $\Delta Ц$  – разница между закупочной и розничной ценой энергоносителя, руб.;

$[T_{ок}]$  - принятый допустимый срок окупаемости инвестиций, лет;

$H_{П}$  – ставка налога на прибыль, %.

Минимальная численность транспортных средств, формирующая данный объём, может быть определено по формуле:

$$N_{Aj}^{MIN} = \frac{K + 3_3 \cdot (1 - 0,01 \cdot H_{II})}{0,01 \cdot \Delta I \cdot S_{ГОД1} \cdot H_{Bj} \cdot k \cdot [T_{OK}] \cdot (1 - 0,01 \cdot H_{II})}, \quad (2.73)$$

Для обслуживания такого количества транспортных средств заправочная станция должна обеспечивать годовое количество заправок, определяемое по формуле:

$$\Pi_{MIN}^{ГОД} = \frac{K + 3_3 \cdot \Delta I \cdot [T_{OK}] \cdot (1 - 0,01 \cdot H_{II})}{\Delta I \cdot [T_{OK}] \cdot (1 - 0,01 \cdot H_{II}) \cdot \bar{V}_1}, \quad (2.74)$$

где  $\bar{V}_1$  - средний объём одной заправки, ед.

При этом должно выполняться условие возможности производства данного количества заправок, исходя из ограниченного фонда времени работы заправочной станции. Данное условие описывается неравенством:

$$\Pi_{MIN}^{ГОД} \leq \Pi_{АЗС1}^{MAX}, \quad (2.75)$$

где  $\Pi_{АЗС1}^{MAX}$  - максимальная годовая производительность заправочной станции, ед.

Таким образом, определены минимальные структурные параметры парка транспортных средств (ключевых потребителей), определяющие целесообразность формирования инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения.

При формировании инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения, в рамках реализуемого логистического подхода, решается задача определения её оптимальных структурных параметров, к числу которых относятся:

- численность заправочных станций;

- количество точек обслуживания на каждой из заправочных станций;
- объём энергоносителя, реализуемого за заданный промежуток времени (сутки, год).

Затраты на строительство заправочной станции, как правило, включают в себя:

- затраты, связанные с отчуждением участка городской территории;
- затраты на подвод коммуникаций;
- затраты на ёмкости для хранения энергоносителя;
- затраты на технические средства точек обслуживания;
- затраты на технологическое и вспомогательное оборудование;
- затраты оснащение системами безопасности;
- затраты на строительство помещения оператора и др.

Мощность заправочной станции определяется количеством точек обслуживания и объёмом ёмкостей для хранения энергоносителя, при этом, многие комплектующие станции не зависят от её мощности. Исходя из данных обстоятельств, выдвинута гипотеза о том, что объём энергоносителя, необходимый для обеспечения работы всей совокупности транспортных средств – ключевых потребителей, может быть реализован через сеть заправочных станций, численность которых ( $Y$ ) находится в интервале от единицы до  $Y_{MAX}$ . Величина  $Y_{MAX}$  определяется по формуле:

$$Y_{MAX} = \frac{V_{\text{год}}^{\text{год}}}{V_{\text{мин}}^{\text{год}}}, \quad (2.76)$$

где  $V_{\text{год}}^{\text{год}}$  - годовой объём энергоносителя, расходуемого на совершение транспортной работы (формула 2.63), ед.;

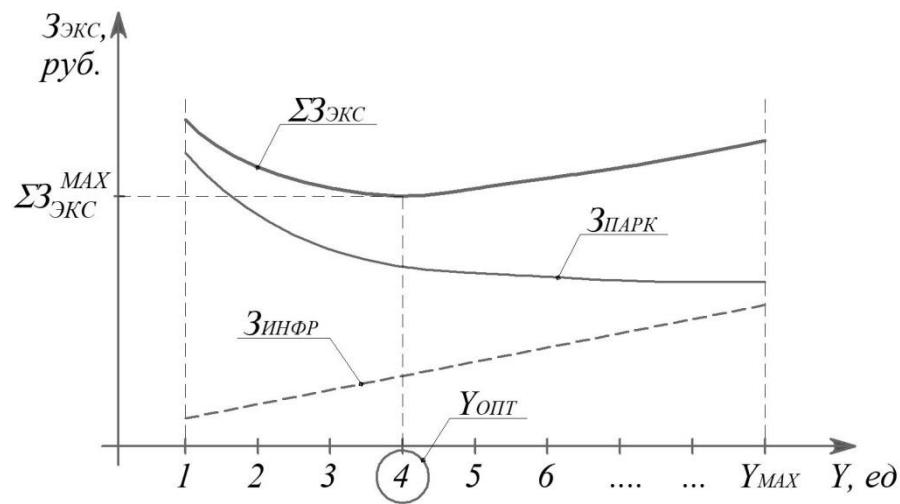
$V_{\text{мин}}^{\text{год}}$  - минимально-допустимый объём реализуемого за год энергоносителя (формула 2.71), ед.

При этом, затраты на формирование инфраструктуры и на её

эксплуатацию возрастают с увеличением количества инфраструктурных объектов (заправочных станций). Но, вместе с тем, с увеличение разветвленности инфраструктурной сети способствует повышению эффективности эксплуатации транспортных средств, реализующих технологии, предусматривающие использование реализуемого энергоносителя. Повышение эффективности достигается за счёт сокращения нулевых пробегов и увеличения полезного использования сменного времени.

Логистический подход предполагает объединение структурных компонентов в единую систему, предполагающую перераспределение материальных и финансовых потоков для достижения заданного значения целевого показателя. Исходя из обозначенного подхода, целесообразно произвести суммирование эксплуатационных затрат на содержание зарядно-заправочной инфраструктуры и эксплуатационные затраты на выполнение транспортной работы в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта. Минимум функции, отражающей зависимость суммарных затрат от общего количества инфраструктурных объектов, соответствует оптимальной численности заправочных станций. Данный подход проиллюстрирован при помощи графиков, представленных на рисунке 2.11.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать предварительное заключение о том, что взаимное расположение мест концентрации транспортных средств и объектов инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения является ключевым фактором, определяющим эффективность их взаимодействия, в работе предложено использовать метод «Центра масс» для определения места наиболее предпочтительного расположения инфраструктурного объекта. Сущность метода проиллюстрирована при помощи схемы, представленной на рисунке 2.12.



$Z_{ИНФР}$  – общие затраты на эксплуатацию инфраструктурных объектов;

$Z_{ПАРК}$  – общие затраты на эксплуатацию парка транспортных средств – ключевых потребителей реализуемого энергоносителя;

$\Sigma Z_{ЭКС}$  – суммарные эксплуатационные затраты;

$\Sigma Z_{ЭКС}^{MIN}$  – минимальное значение суммарных эксплуатационных затрат;

$Y_{ОПТ}$  – оптимальное количество инфраструктурных объектов

Рисунок 2.11 – Суммарные затраты, определяющие количество зарядных (заправочных) станций

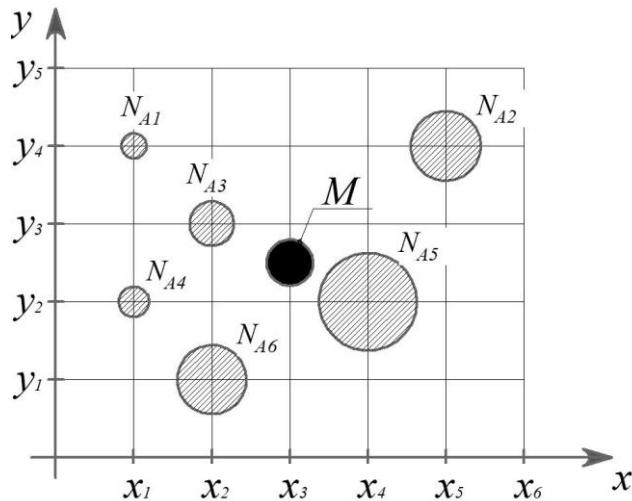


Рисунок 2.12 – Определение расположения инфраструктурного объекта методом центра масс

На рисунке схематично отображен участок территории, на которой расположены места концентрации транспортных средств численностью  $N_{A1}$ ,  $N_{A2}$ ,  $N_{A3}$  и т.д. Локация каждого места концентрации транспортных средств определяется координатами  $X$  и  $Y$ . Оптимальное место расположения инфраструктурного объекта, обеспечивающее минимальные затраты на совершение нулевых пробегов может быть определено, как центр масс рассматриваемой системы. Вес каждого  $i$ -го элемента системы, с учётом частоты посещения инфраструктурного объекта и удельных затрат на совершение нулевого пробега, определяется по формуле:

$$m_{Ni} = \sum_{j=1}^n \left( \frac{N_{Aj} \cdot Z_{1KMj}}{S_{13j}} \right), \quad (2.77)$$

где  $N_{Aj}$  – количество транспортных средств  $j$ -ой категории сосредоточенных в рассматриваемом месте концентрации, ед.;

$Z_{1KMj}$  – удельные затраты на один километр пробега транспортного средства  $j$ -ой категории, руб./км;

$S_{13j}$  – запас хода на одной заправке  $j$ -ой категории транспортных средств, км.;  
 $n$  – количество категорий транспортных средств, сосредоточенных в  $i$ -ом месте концентрации, ед.

Определение координаты центра масс (например, координаты  $X_C$ ) рассматриваемой системы производится по формуле:

$$X_C = \frac{\sum_{i=1}^k (m_{Ni} \cdot X_i)}{\sum_{i=1}^k (m_{Ni})} = \frac{\sum_{i=1}^k \left( \sum_{j=1}^n \left( \frac{N_{Aj} \cdot Z_{1KMj}}{S_{13j}} \right) \cdot X_i \right)}{\sum_{i=1}^k \left( \sum_{j=1}^n \left( \frac{N_{Aj} \cdot Z_{1KMj}}{S_{13j}} \right) \right)}, \quad (2.78)$$

где  $X_i$  – координата  $i$ -го элемента рассматриваемой системы, км.

Аналогично производится определение координаты  $Y_C$ .

Взаимное расположение инфраструктурных объектов и мест концентрации транспортных средств определяет величину нулевого пробега, численное значение которого определяется по формуле:

$$S_0 = \sum_{j=1}^m \left( \overline{s_{01j}} \cdot \Pi_j^{ГОД} \right) = \sum_{j=1}^m \left( \frac{\sum_{i=1}^n s_{01i} \cdot N_{Aji}}{\sum_{i=1}^n N_{Aji}} \cdot \frac{0,01 \cdot \sum_{i=1}^n (N_{Aji} \cdot r_{ij} \cdot S_{OBi}) \cdot H_{Bj} \cdot k}{V_{1j}} \right), \quad (2.79)$$

где  $\overline{s_{01j}}$  - среднее расстояние от места стоянки до заправочного пункта для  $j$ -ой категории транспортных средств, км.;

$\Pi_j^{ГОД}$  - общее годовое количество заправок, совершаемых транспортными средствами  $j$ -ой категории, ед.;

$s_{01i}$  - расстояние от места стоянки транспортных средств, обслуживающих  $i$ -ый маршрут до заправочного пункта, км.;

$N_{Aji}$  - количество транспортных средств  $j$ -ой категории, обслуживающих  $i$ -ый маршрут, ед.

Общие потери рабочего времени для  $j$ -ой категории транспортных средств, обусловленные необходимостью производства заправок транспортных средств энергоносителем, определяются, как сумма времени затраченного непосредственно на заправку транспортного средства, продолжительности подготовительно-заключительных операций и времени, затраченного на совершение нулевого пробега:

$$\Sigma t_{0j} = t_3 + t_{ПЗ} + t_{ДВ} = 0,01 \cdot v \cdot H_{Bj} \cdot k \cdot \sum_{i=1}^n (N_{Aji} \cdot r_{ij} \cdot S_{OBi}) + t_{ПЗ1} \cdot \Pi_j^{ГОД} + \frac{S_{0j}}{V_{ДВj}}, \quad (2.80)$$

где  $t_{pz_1}$  - время подготовительно-заключительных операций при выполнении одной заправки, ч.;

$\bar{v}_{dBj}$  - средняя скорость движения вне маршрута транспортных средств j-ой категории, км/ч.

Предлагаемый подход предполагает пошаговый просчёт параметров логистической системы, образованной совокупностью транспортных средств системы городского наземного пассажирского транспорта и инфраструктурой топливно-энергетического обеспечения. Результатом расчёта являются зависимости, вид которых представлен на рисунке 2.11. Просчёт начинается от состояния системы, соответствующему минимальному количеству инфраструктурных объектов (один объект) до состояния соответствующего численности инфраструктурных объектов  $Y_{MAX}$ .

Исходя из обозначенного подхода, сформирована следующая последовательность действий, производимых для определения оптимальных структурных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского наземного пассажирского транспорта:

- формирование массива исходных данных, содержащих сведения о структурных параметрах парка транспортных средств – потребителей рассматриваемого вида энергоносителя и параметров интенсивности его эксплуатации;

- формирование массива данных, содержащего информацию о технико-экономических параметрах используемых моделей транспортных средств: удельных затрат на единицу пробега, объём одной заправки, запас хода на одной заправке;

- формирование массива данных, содержащих информацию о местах локации транспортных средств (стоянка или отстой);

- расчёт общего объёма расходуемого (реализуемого) энергоносителя;
- расчёт граничного значения минимально-допустимого объёма реализуемого энергоносителя, определяющего целесообразность создания

инфраструктурного объекта;

- проверка условия целесообразности создания инфраструктурного объекта, осуществляющего реализацию энергоносителя (не выполнение данного условия определяет нецелесообразность применения рассматриваемого вида энергоносителя для топливно-энергетического обеспечения парка ключевых потребителей);
- расчёт минимальной численности транспортных средств, определяющих целесообразность строительства инфраструктурного объекта;
- определения максимального количества инфраструктурных объектов, исходя из минимальной численности обслуживающих транспортных средств;
- формирование начального условия - все ключевые потребители обслуживаются одним инфраструктурным объектом;
- расчёт технологических параметров единичного инфраструктурного объекта, обеспечивающего энергоресурсами всех ключевых потребителей;
- определение места размещения инфраструктурного объекта как «центра тяжести» системы;
- расчёт обобщённых затрат на эксплуатацию зарядно-заправочной инфраструктуры и парка технологически связанных транспортных средств;
- последовательное разбиение парка на локационно-разобщённые группы (с шагом равным единице) численностью не менее  $N_{Aj}^{MIN}$  с последующим пошаговым выполнением вышеописанных операции в отношении каждого из инфраструктурных объектов, обслуживающих обособленную группу транспортных средств и определением суммарных затрат на эксплуатацию зарядно-заправочной инфраструктуры и парка технологически связанных транспортных средств.

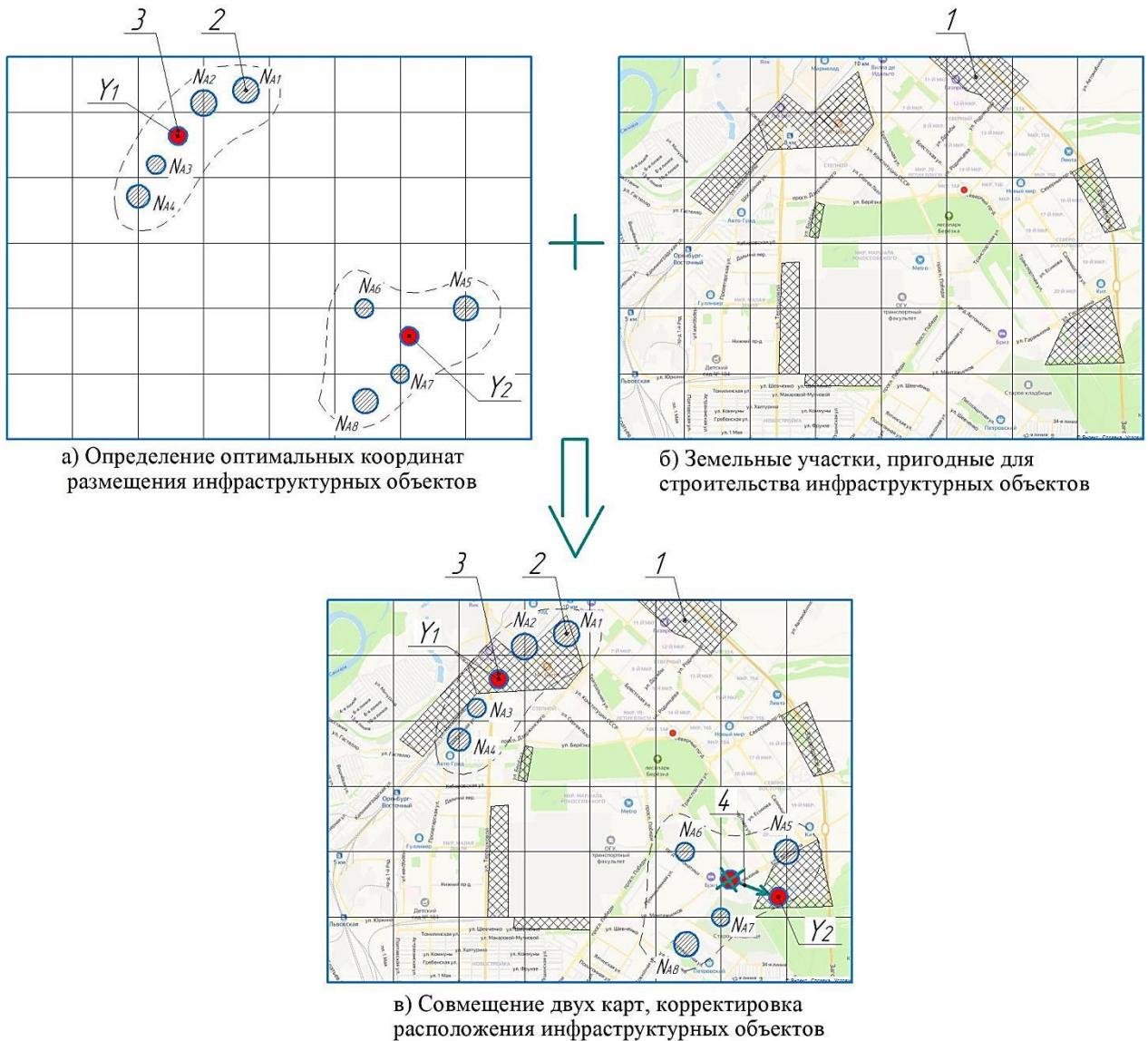
Таким образом, могут быть получены данные для построения зависимостей, вид которых представлен на рисунке 2.11.

Следует отметить, что обустройство инфраструктурного объекта, обеспечивающего снабжение системы городского наземного пассажирского транспорта энергоресурсами, в условиях городских территорий, связано с

определенными проблемами, обусловленными застройкой территории, экологическими требованиями и требованиями по обеспечению норм безопасности. В этой связи, формирование инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения целесообразно производить методом наложения двух карт. Первая карта – это план городской территории на котором обозначены земельные участки, пригодные для строительства инфраструктурных объектов. Вторая карта – это, выполненная в том же масштабе, схема расположения мест концентрации (стоянки) транспортных средств с объединением их в группы, обслуживающие одним заправочным пунктом, и с обозначением «центров масс» сформированных групп. При наложении карт места предпочтительного строительства инфраструктурных объектов выявляются при совпадении участка, пригодного для строительства заправочной станции с «центром масс» одной из групп транспортных средств. При не совпадении данных условий, целесообразно рассмотреть возможность смещения «центра масс» к одному из ближайших участков пригодных для строительства. Процесс формирования инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского наземного пассажирского транспорта методом наложения двух карт проиллюстрирован при помощи схемы, представленной на рисунке 2.13.

На основании представленной последовательности действий, разработан алгоритм определения оптимальных структурных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского наземного пассажирского транспорта. Данный алгоритм приведён на рисунке 2.14.

Разработанная методика ориентирована на проектирование локализованной инфраструктуры, предполагающей наличие запаса энергоносителя на борту транспортного средства, пополняемого с определённой периодичностью на специальных заправочных (зарядных) станциях.



- 1 - Земельные участки, пригодные для строительства инфраструктурных объектов;
- 2 - Места стоянки транспортных средств;
- 3 - «Центры масс» сформированных групп транспортных средств;
- 4 – Корректировка расположения «центра масс»

Рисунок 2.13 – Формирование инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения методом наложения карт

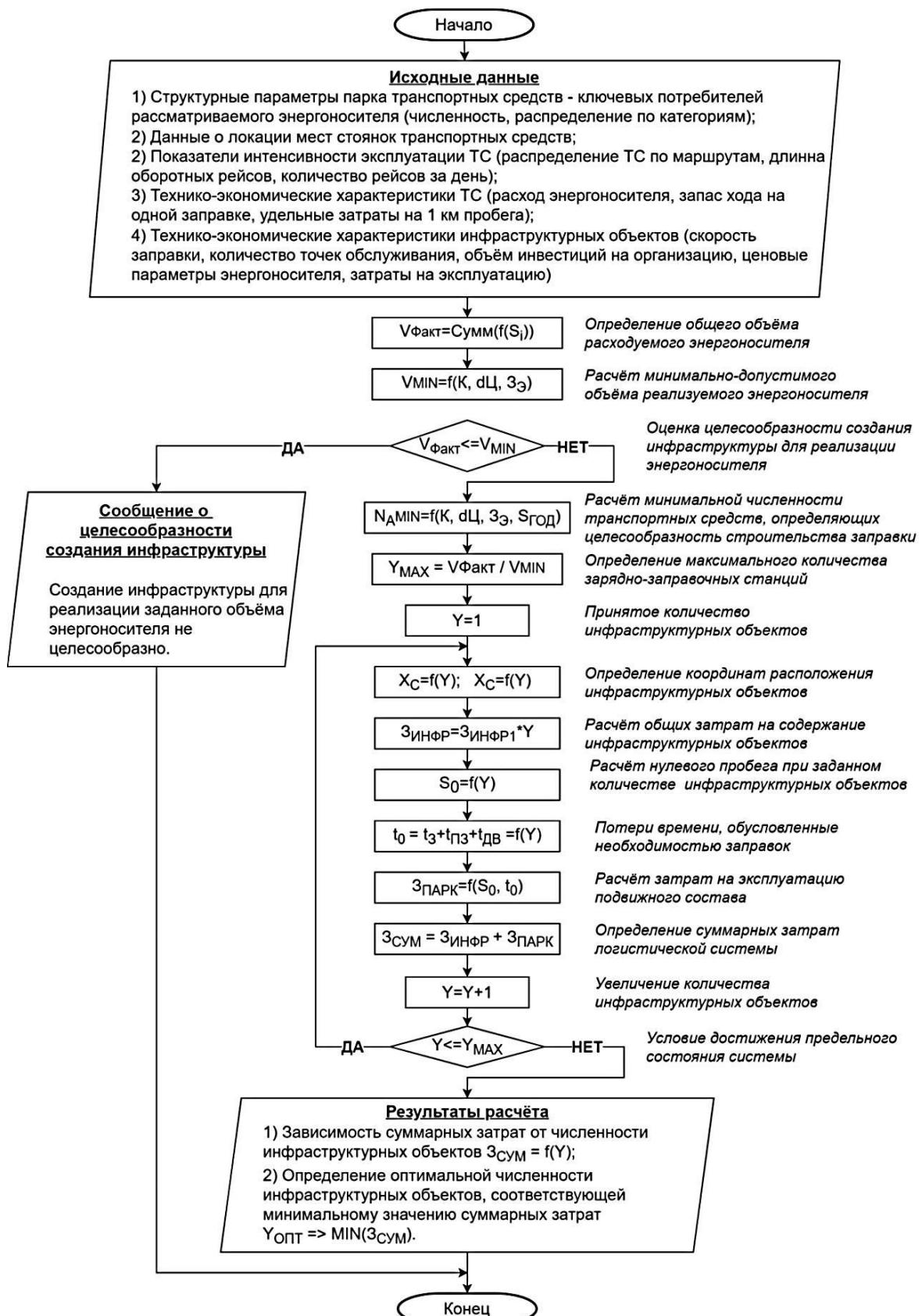


Рисунок 2.14 – Алгоритм определения оптимальных структурных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского наземного пассажирского транспорта

Другой разновидностью инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения является линейная инфраструктура, предполагающая наличие линейных сетей, осуществляющих передачу энергии на силовую установку транспортного средства в процессе движения.

Как правило, эксплуатация линейной сети осуществляется хозяйствующим субъектом, выполняющим транспортное обслуживание населения, совместно с транспортными средствами в рамках единого технологического процесса. В соответствии с типовой методикой расчёта эксплуатационных затрат, удельные затраты на эксплуатацию линейной сети заложены в эксплуатационные затраты на выполнение транспортной работы. Исходя из этого, области эффективного применения видов транспорта, использующих линейную сеть, построены с учётом затрат на обустройство необходимой инфраструктуры.

Для линейной инфраструктуры, представленная выше, методика может быть трансформирована и использована для уточнения удельных эксплуатационных затрат на содержание сети, произведённого исходя из параметров проектной структуры парка. Уточнение удельных эксплуатационных затрат предполагает выполнение следующих расчётных операций:

1) Определение в качестве исходных данных следующих параметров проектируемой системы городского наземного пассажирского транспорта:

- общая протяжённость сети линейной инфраструктуры;
- структурные параметры парка транспортных средств, эксплуатируемых в рамках линейной инфраструктуры;
- общий пробег транспортных средств на обслуживаемых маршрутах;
- параметры, характеризующие условия эксплуатации транспортных средств;

2) Расчёт реализуемого (потребляемого) за год энергоносителя (формула 2.63);

3) Определение количества и необходимой мощности тяговых подстанций;

4) Расчёт объёма капиталовложений, необходимых для создания инфраструктуры;

5) Расчёт эксплуатационных затрат на содержание линейной инфраструктуры;

6) Расчёт уточнённого значения удельных затрат на содержание инфраструктуры;

7) Уточнение области эффективного применения видов транспорта, использующих для энергообеспечения линейную сеть;

8) Корректирование структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского наземного пассажирского транспорта.

Таким образом, определены теоретические положения, являющиеся основой для формирования инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского наземного пассажирского транспорта. Оптимальное состояние инфраструктуры описывается набором параметров, численные значения которых определяют максимальное значение совокупного показателя эффективности функционирования системы, включающей в свой состав совокупность транспортных средств и инфраструктурных объектов, обеспечивающих реализацию рассматриваемой технологии топливно-энергетического обеспечения. Обозначенный подход реализован в рамках концепции, принятой за основу диссертационного исследования, предполагающей оптимизацию структурных параметров городского наземного пассажирского транспорта, как единой макроуровневой логистической системы.

## 2.4 Методика оптимизации структурных параметров производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта

Критерием оптимального состояния структурных параметров производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта является обеспечение минимальной величины совокупных затрат на поддержание парка эксплуатируемых транспортных средств в исправном состоянии.

Основной задачей, решаемой в процессе оптимизации, является распределение работ по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту подвижного состава по месту их выполнения. В качестве мест выполнения данных видов работ рассматриваются два варианта:

- производственно-техническая база транспортных предприятий, осуществляющих эксплуатацию транспортных средств (ПТБ АТП);
- производственно-техническая база сервисных предприятий, основным видом деятельности которых является выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств, принадлежащих другим юридическим и физическим лицам, на принципах кооперации, определяемых договорными отношениями (ПТБ СТО).

Условием эффективного функционирования практически любого производства, в том числе производства работ по ТО и ремонту автотранспортных средств, является обеспечение необходимого уровня загруженности производственных мощностей. Данное условие определяется структурными параметрами затрат, обеспечивающих функционирование производственных подразделений. Анализ структуры производственных затрат позволяет разделить их на три категории [25, 111, 207]:

- постоянные затраты (затраты, определяемые структурными параметрами средств производства и не зависящие от объёма выполняемых работ);

- затраты, не пропорциональные объёму выполняемых работ;
- затраты, пропорциональные объёму выполняемых работ.

В условиях неполной загруженности производства, предприятие, несущее затраты по содержанию производственно-технической базы, неизбежно расходует средства в объёме постоянных затрат, не обеспечивая при этом их эффективную отдачу за счёт получения готового продукта (работ по ТО и ремонту транспортных средств).

С другой стороны, транспортное предприятие, передающее в рамках кооперации, объёмы работ, обеспечивающие полноценную загруженность соответствующих производственных подразделений, для выполнения на производственно-технической базе сервисных предприятий, дополнительно, помимо производственных затрат, оплачивает прибыль сервисного предприятия.

Оптимальное структурирование совокупной производственно-технической базы предприятий, обеспечивающих поддержание подвижного состава системы городского наземного пассажирского транспорта в исправном состоянии, может быть произведено на основе обоснованной кооперации деятельности транспортных и сервисных предприятий. Исходя из данного условия, оптимально структурированная производственно-техническая база транспортных предприятий должна включать в свой состав лишь производственные подразделения, загруженность которых обеспечивает меньшую величину удельных затрат на выполнение соответствующего вида работ по ТО и ремонту транспортных средств. Виды работ, объёмы которых не обеспечивают необходимый уровень загруженности соответствующих производственных подразделений транспортных предприятий, формируют потенциальный рынок сервисных услуг, структурные параметры которого определяют параметры производственно-технической базы сервисных предприятий.

Основу разрабатываемой методики оптимизации структурных параметров производственно-технической базы системы городского

наземного пассажирского транспорта составляют теоретические положения, изложенные в диссертационном исследовании Г.А. Шахалевича [203]. Условие структурирования производственно-технической базы проиллюстрировано графиками, представленными на рисунке 1.2. Как видно из данных графиков, критерием структурирования производственно-технической базы является соотношение производственных затрат при выполнении их на производственно-технической базе сервисных и транспортных предприятий.

Для моделирования производственных затрат выполнен анализ их структуры, результаты которого приведены на рисунке 2.15.

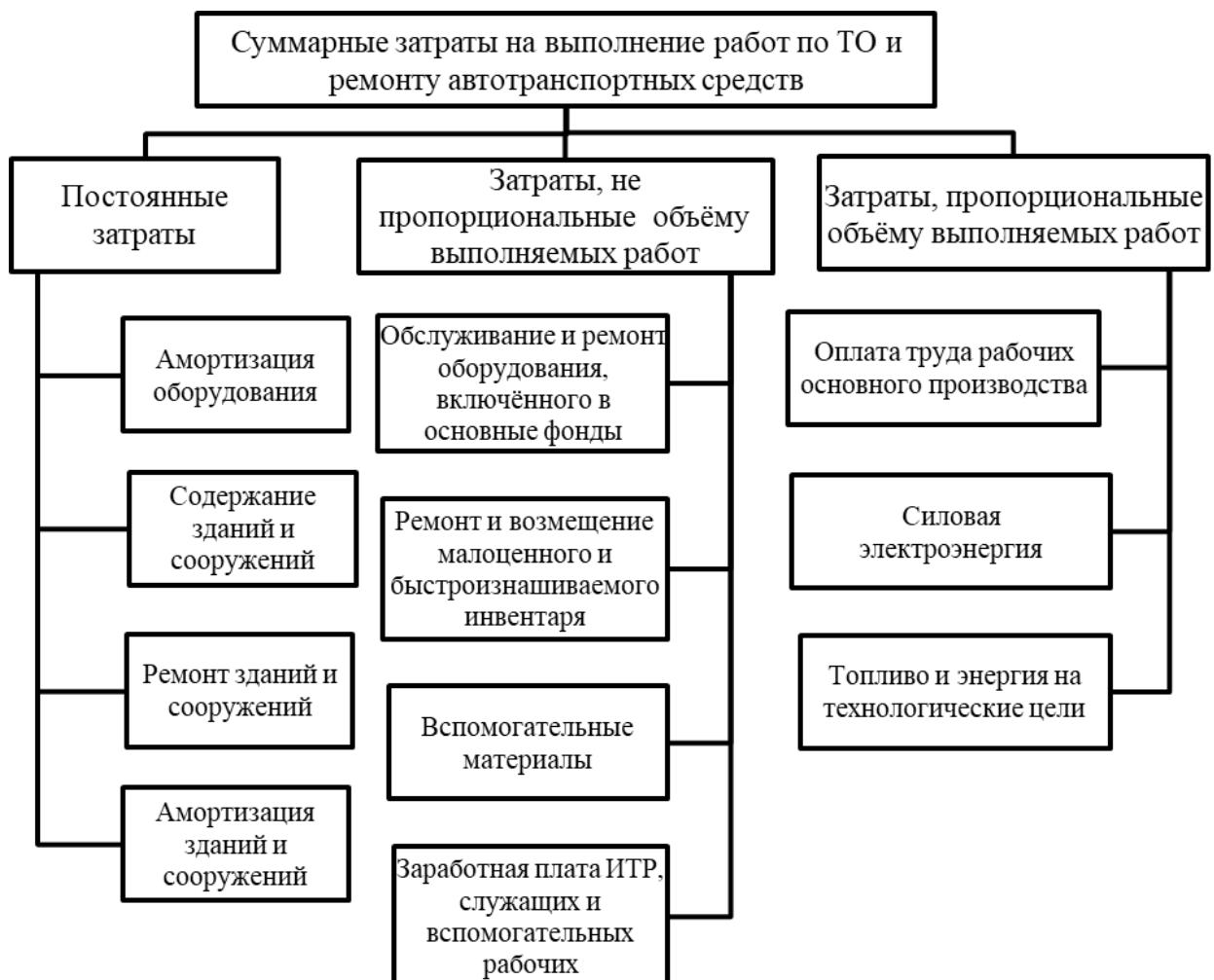


Рисунок 2.15 – Структура затрат на выполнение работ по ТО и ремонту транспортных средств

Синтез выражений, используемых для расчёта постоянных затрат (затрат не зависящих от объёма выполняемых работ), позволил вывести обобщённое выражение для расчёта численного значения постоянных затрат (затрат первой категории). Данное выражение определено, исходя из условия, комплектования  $i$ -го производственного подразделения минимально-необходимым (не дублируемым) набором оборудования, перечень которого определяется содержанием реализуемых технологических процессов. Данное выражение имеет вид:

$$Z_{Ii} = \sum_{j=1}^n \left( \frac{H_{Aj} \cdot \Pi_j}{100} \right) + \left( \frac{H_{A3\partial}}{100} + K_{PC3\partial} \right) \cdot \Pi_{3D} \cdot h_{3Di} \cdot K_H \cdot K_P \cdot \sum_{j=1}^n (S_j), \quad (2.81)$$

где  $H_{Aj}$  – норма амортизационных отчислений на  $j$  – ую группу основных фондов, %;

$\Pi_j$  – балансовая стоимость  $j$  – го вида оборудования, руб.;

$H_{A3\partial}$  – норма амортизации зданий, %;

$K_{PC3\partial}$  – коэффициент, учитывающий затраты на содержание и ремонт зданий и сооружений;

$\Pi_{3D}$  – удельная стоимость одного  $m^3$  здания, руб.;

$h_{3Di}$  – высота здания, м;

$K_H$  - коэффициент, учитывающий объем здания по наружному обмеру, ( $K_H = 1,05 - 1,1$ );

$K_P$  – коэффициент плотности расстановки оборудования;

$S_j$  – площадь пола занимаемая единицей  $j$  – го вида оборудования,  $m^2$ .

Затраты не пропорциональные объёму выполняемых работ в обобщённом виде описываются суммой:

$$\mathcal{Z}_{II} = \mathcal{Z}_{BSP.P} + \mathcal{Z}_{BSP.M} + \mathcal{Z}_{PEM} + \mathcal{Z}_{MBI}, \quad (2.82)$$

где  $\mathcal{Z}_{BSP.P}$  - затраты на оплату труда ИТР, служащих и вспомогательных рабочих, руб.;

$\mathcal{Z}_{BSP.M}$  - затраты на вспомогательные материалы, руб.;

$\mathcal{Z}_{PEM}$  - затраты на обслуживание, ремонт или возобновление оборудования, руб.;

$\mathcal{Z}_{MBI}$  – затраты на ремонт и возмещение малооцененного и быстроизнашиваемого инвентаря, руб.

Каждая из рассматриваемых затратных статей имеет свою функциональную зависимость от трудоёмкости выполняемых работ, и определяется рядом факторов, зависящих, как от особенностей рассматриваемого производства, так и от характера функционирования непроизводственных (вспомогательных) служб и подразделений АТП.

Выполнить аналитический расчёт составляющих выражения 2.81 не представляется возможным, ввиду неустановленного характера влияния разноплановых факторов. Нелинейные зависимости численных значений данного вида затрат от объёма выполняемых работ, полученные экспериментальным путём, представлены в работах Г.А. Шахалевича [203]. Практически для всех производственных подразделений, обобщённая зависимость с высокой степенью достоверности описывается степенной функцией вида:

$$\mathcal{Z}_{IIi} = A \cdot T_i^B, \quad (2.83)$$

где  $T_i$  – объём работ, выполняемых на  $i$ -ом производственном подразделении, чел.-ч;

А и В – постоянные коэффициенты, установленные для каждого вида

производственных подразделений [203].

К третьей категории затрат, пропорциональных объёму выполняемых работ, отнесены: затраты на заработную плату персонала основного производства с отчислениями на социальные нужды; затраты на силовую электроэнергию; затраты на другие виды энергоносителей. Итоговое выражение для расчёта затрат третьей категории имеет вид:

$$Z_{IIIi} = T_i \cdot \left( \sum_{k=1}^m (\varPi_k \cdot P_{ki}) + P\mathcal{E}_{ydi} \cdot \varPi_{1kBm} + \overline{C}_{ui} \cdot K_{don} \cdot K_{cou} \right), \quad (2.84)$$

где  $P_{ki}$  - удельный расход k-го вида энергоносителя на i-ом производственном подразделении, ед/чел.-ч;

$\varPi_k$  - стоимость единицы k-го вида энергоносителя, руб./ед.;

$\overline{C}_{ui}$  - средняя часовая тарифная ставка ремонтных рабочих на i-ом производственном подразделении, руб.;

$K_{don}$  - коэффициент, учитывающий все виды доплат и дополнительных расходов на охрану труда, спецодежду и т.д.;

$K_{cou}$  – коэффициент, учитывающий объём отчислений на социальные нужды.

Суммированием выражений 2.81, 2.82 и 2.83 получена итоговая формула для расчёта суммарных затрат на содержание i-го производственного подразделения в составе производственно-технической базы транспортного предприятия:

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma ATPi} = & \sum_{j=1}^n \left( \frac{H_{Aj} \cdot \varPi_j}{100} \right) + \left( \frac{H_{A3d}}{100} + K_{PC3d} \right) \cdot \varPi_{3d} \cdot h_{3di} \cdot K_H \cdot K_P \cdot \sum_{j=1}^n (S_j) + A \cdot T_i^B + \\ & + T_i \cdot \left( \sum_{k=1}^m (\varPi_k \cdot P_{ki}) + P\mathcal{E}_{ydi} \cdot \varPi_{1kBm} + \overline{C}_{ui} \cdot K_{don} \cdot K_{cou} \right), \end{aligned} \quad (2.5)$$

Целесообразность включения  $i$ -го производственного подразделения в состав производственно-технической базы транспортного предприятия определяется путём сравнения затрат на его содержание, определённых по формуле 2.84, с затратами на выполнение того же вида и объёма работ по кооперации на базе сервисного предприятия. Затраты на выполнение  $i$ -го вида работ по поддержанию транспортных средств в исправном состоянии на базе сервисного предприятия пропорциональны объёму выполняемых работ и определяются по формуле:

$$Z_{CTO_i} = T_i \cdot K \cdot \overline{C_{H^q}}, \quad (2.86)$$

где  $\overline{C_{H^q}}$  - средняя стоимость нормо-часа услуг сервисного предприятия, руб.;  
 $K$  – поправочный коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Ключевым параметром и переменной величиной в формулах 2.84 и 2.85 является трудоёмкость  $i$ -го вида работ выполняемого на соответствующем производственном подразделении. Все виды работ по поддержанию транспортных средств в исправном состоянии делятся регламентные работы, выполняемые в плановом порядке и работы по ремонту транспортных средств, выполняемые по потребности.

Объём  $i$ -го вида работ, относимого к категории регламентных, для совокупности транспортных средств, находящихся на балансе транспортного предприятия, определяется по формуле:

$$T_{TOi} = \sum_{j=1}^n \left( \frac{l_{CCj} \cdot \Delta P_{год} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj}}{l_{TOij}} \cdot t_{TOij} \cdot \prod_{q=1}^m k_q \right), \quad (2.87)$$

где  $l_{TOij}$  – периодичность  $i$ -го вида регламентных работ  $j$ -ой категории транспортных средств, км.;  
 $l_{CCj}$  – среднесуточный пробег  $j$ -ой категории транспортных средств, км;

$\Delta P_{ГОД}$  – количество рабочих дней в году, дни;

$N_{Aj}$  – численность транспортных средств  $j$ -ой категории, ед.;

$\alpha_{Bj}$  – коэффициент выпуска на линию транспортных средств  $j$ -ой категории;

$t_{TOij}$  – нормативная трудоёмкость  $i$ -го вида регламентных работ транспортных средств  $j$ -ой категории, чел.-ч;

$\prod_{q=1}^m k_q$  - произведение поправочных коэффициентов, определяемых наработкой транспортных средств с начала эксплуатации и условиями выполнения транспортной работы [125].

Объём  $i$ -го вида работ текущего ремонта для совокупности транспортных средств, находящихся на балансе транспортного предприятия, определяется из выражения:

$$T_{TPi} = \sum_{j=1}^n \left( \frac{l_{CG}}{1000} \cdot \Delta P_{ГОД} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj} \cdot t_{TPj} \cdot \frac{d_i}{100} \cdot \prod_{q=1}^m k_q \right), \quad (2.88)$$

где  $t_{TPj}$  – удельная трудоёмкость работ текущего ремонта для  $j$ -ой категории транспортных, чел.-ч/1000 км;

$d_i$  – доля работ  $i$ -го вида в общем объёме работ текущего ремонта, %.

На основе анализа выражений 2.86 и 2.87 установлено, что исходными данными, используемыми для определения оптимальных структурных параметров производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта являются:

- 1) Данные о структурных параметрах парка транспортных средств:
  - распределение транспортных средств по видам транспорта;
  - распределение транспортных средств по категориям;
  - распределение транспортных средств по модельному ряду.

2) Эксплуатационные и технологические характеристики подвижного состава:

- трудоёмкость регламентированных видов технического обслуживания;
- периодичность регламентированных видов технического обслуживания;
- удельная трудоёмкость текущего ремонта;
- балансовая стоимость комплекта оборудования, обеспечивающего выполнение полного комплекса работ по ТО и ремонту транспортных средств.

3) Показатели интенсивности эксплуатации транспортных средств:

- среднесуточный пробег;
- количество рабочих дней в году;
- коэффициент выпуска транспортных средств на линию.

4) Сведения о распределении подвижного состава по предприятиям системы городского пассажирского транспорта:

- численность транспортных предприятий системы городского пассажирского транспорта;
- распределение видов транспорта по предприятиям системы городского пассажирского транспорта;
- распределение подвижного состава по предприятиям системы городского пассажирского транспорта с учётом модельного ряда.

Поочерёдная подстановка выражений 2.86 и 2.87 в формулу 2.84 позволяет вывести выражения суммарных затрат на содержание производственных подразделений, осуществляющих регламентные работы, выполняемые в плановом порядке и производственных подразделений, выполняющих работы текущего ремонта.

Затраты на содержание производственных подразделений, осуществляющих регламентные работы:

$$\begin{aligned}
Z_{\Sigma ATPi}^{TO} = & \sum_{j=1}^n \left( \frac{H_{Aj} \cdot U_j}{100} \right) + \left( \frac{H_{A3\hat{\sigma}}}{100} + K_{PC3\sigma} \right) \cdot U_{3\pi} \cdot h_{3\pi} \cdot K_H \cdot K_{\pi} \cdot \sum_{j=1}^n (S_j) + \\
& + A \cdot \left( \sum_{j=1}^n \left( \frac{l_{CG} \cdot DP_{GOD} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj} \cdot t_{TOij} \cdot \prod_{q=1}^m k_q}{l_{TOij}} \right) \right)^B + \left( \sum_{j=1}^n \left( \frac{l_{CG} \cdot DP_{GOD} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj} \cdot t_{TOij} \cdot \prod_{q=1}^m k_q}{l_{TOij}} \right) \right) \cdot \\
& \cdot \left( \sum_{k=1}^m (U_k \cdot P_{ki}) + P \mathcal{E}_{yoi} \cdot U_{1KBm} + \bar{C}_{ui} \cdot K_{don} \cdot K_{cou} \right), \tag{2.89}
\end{aligned}$$

Для производственных подразделений, осуществляющих выполнение работ текущего ремонта, аналогичное выражение имеет вид:

$$\begin{aligned}
Z_{\Sigma ATPi}^{TP} = & \sum_{j=1}^n \left( \frac{H_{Aj} \cdot U_j}{100} \right) + \left( \frac{H_{A3\hat{\sigma}}}{100} + K_{PC3\sigma} \right) \cdot U_{3\pi} \cdot h_{3\pi} \cdot K_H \cdot K_{\pi} \cdot \sum_{j=1}^n (S_j) + \\
& + A \cdot \left( \sum_{j=1}^n \left( \frac{l_{CG} \cdot DP_{GOD} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj} \cdot t_{TPj} \cdot \frac{d_i}{100} \cdot \prod_{q=1}^m k_q}{1000} \right) \right)^B + \left( \sum_{j=1}^n \left( \frac{l_{CG} \cdot DP_{GOD} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj} \cdot t_{TPj} \cdot \frac{d_i}{100} \cdot \prod_{q=1}^m k_q}{1000} \right) \right) \cdot \\
& \cdot \left( \sum_{k=1}^m (U_k \cdot P_{ki}) + P \mathcal{E}_{yoi} \cdot U_{1KBm} + \bar{C}_{ui} \cdot K_{don} \cdot K_{cou} \right), \tag{2.90}
\end{aligned}$$

Выполнив аналогичные подстановки, получаем преобразованные выражения затрат при выполнении тех же объёмов работ на производственно-технической базе сервисных предприятий.

Затраты на проведение регламентных работ технического обслуживания:

$$Z_{CTOi}^{TO} = \left( \sum_{j=1}^n \left( \frac{l_{CG} \cdot DP_{GOD} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj} \cdot t_{TOij} \cdot \prod_{q=1}^m k_q}{l_{TOij}} \right) \right) \cdot K \cdot \bar{C}_{H^q}, \tag{2.91}$$

Затраты на проведение регламентных работ текущего ремонта:

$$Z_{CTOi}^{TP} = \left( \sum_{j=1}^n \left( \frac{l_{CG} \cdot DP_{GOD} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj} \cdot t_{TPj} \cdot \frac{d_i}{100} \cdot \prod_{q=1}^m k_q}{1000} \right) \right) \cdot K \cdot \bar{C}_{H^q}, \tag{2.92}$$

Границные параметры производственно-технологических процессов, определяющие целесообразность включения  $i$ -го производственного подразделения в состав производственно-технической базы транспортного предприятия, характеризуются условием равенства объёмов затрат на содержание собственного производственного подразделения затратам на оплату услуг сервисного предприятия, выполняющего те же виды и объёмы работ ( $Z_{\Sigma ATPi} = Z_{CTO_i}$ ).

Приравняв выражения 2.88 и 2.90, получаем уравнение для моделирования граничных структурных параметров парка, определяющих целесообразность включения  $i$ -го производственного подразделения, осуществляющего выполнение регламентных работ, в состав производственно-технической базы транспортного предприятия:

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^n \left( \frac{H_{Aj} \cdot U_j}{100} \right) + \left( \frac{H_{A3d}}{100} + K_{PC3d} \right) \cdot U_{3d} \cdot h_{3di} \cdot K_H \cdot K_P \cdot \sum_{j=1}^n (S_j) + \\ & + A \cdot \left( \sum_{j=1}^n \left( \frac{l_{CG} \cdot \Delta P_{GOD} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj}}{l_{TOij}} \cdot t_{TOij} \cdot \prod_{q=1}^m k_q \right) \right)^B + \left( \sum_{j=1}^n \left( \frac{l_{CG} \cdot \Delta P_{GOD} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj}}{l_{TOij}} \cdot t_{TOij} \cdot \prod_{q=1}^m k_q \right) \right) \cdot K \cdot \overline{C_{HQ}} , \end{aligned} \quad (2.93)$$

После преобразования то же выражение имеет вид:

$$\begin{aligned} & \frac{\sum_{j=1}^n (0,01 \cdot H_{Aj} \cdot U_j) + (0,01 \cdot H_{A3d} + K_{PC3d}) \cdot U_{3d} \cdot V_{3di}}{\sum_{j=1}^n \left( \frac{l_{CG} \cdot \Delta P_{GOD} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj}}{l_{TOij}} \cdot t_{TOij} \cdot \prod_{q=1}^m k_q \right)} + A \cdot \left( \sum_{j=1}^n \left( \frac{l_{CG} \cdot \Delta P_{GOD} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj}}{l_{TOij}} \cdot t_{TOij} \cdot \prod_{q=1}^m k_q \right) \right)^{(B-1)} + \\ & + \sum_{k=1}^m (U_k \cdot P_{ki}) + P \mathcal{E}_{ydi} \cdot U_{1kBm} + \overline{C_{qi}} \cdot K_{don} \cdot K_{cou} = K \cdot \overline{C_{HQ}} , \end{aligned} \quad (2.94)$$

где  $V_{3di}$  – объём части здания, занимаемый  $i$ -ым производственным подразделением,  $\text{м}^3$ .

Аналогичным образом получено уравнение для моделирования граничных структурных параметров парка, определяющих целесообразность включения  $i$ -го производственного подразделения, осуществляющего выполнение работ текущего ремонта, в состав производственно-технической базы транспортного предприятия:

$$\frac{\sum_{j=1}^n (0,01 \cdot H_{Aj} \cdot \Pi_j) + (0,01 \cdot H_{A\partial} + K_{PC\partial}) \cdot \Pi_{3\partial} \cdot V_{3\partial}}{\sum_{j=1}^n (0,001 \cdot l_{Cj} \cdot \Delta P_{\text{год}} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj} \cdot t_{Tpj} \cdot 0,01 \cdot d_i \cdot \prod_{q=1}^m k_q)} + A \cdot \left( \sum_{j=1}^n \left( 0,001 \cdot l_{Cj} \cdot \Delta P_{\text{год}} \cdot N_{Aj} \cdot \alpha_{Bj} \cdot t_{Tpj} \cdot 0,01 \cdot d_i \cdot \prod_{q=1}^m k_q \right) \right)^{B-1} + \\ + \sum_{k=1}^m (\Pi_k \cdot P_{ki}) + P \mathcal{E}_{ydi} \cdot \Pi_{1kBm} + \overline{C_{ui}} \cdot K_{don} \cdot K_{cou} = K \cdot \overline{C_{Hq}}, \quad (2.95)$$

Выражения 2.93 и 2.94 являются основой для моделирования структурных параметров парка транспортных средств, соответствующих условию равенства затрат на выполнение  $i$ -го вида работ ТО и ремонта транспортных средств на производственно-технической базе транспортного и сервисного предприятий.

Анализ параметров, содержащихся в выражениях 2.93 и 2.94, позволил выдвинуть гипотезу о том, что наиболее вариабельными факторами, оказывающими значимое влияние на структурные параметры производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта, являются:

- данные о численности и структурных параметрах парка транспортных средств, характеризующие их распределение по модельному ряду;
- сведения о распределении подвижного состава по предприятиям системы городского пассажирского транспорта с учётом модельного ряда.

Транспортные средства, включённые в модельный ряд, однозначно определяют, обозначенные выше, технологические характеристики подвижного состава.

Показатели интенсивности эксплуатации транспортных средств определяются организацией транспортного процесса в рамках системы

городского наземного пассажирского транспорта и параметрами расписания движения транспортных средств на обслуживаемых маршрутах. В рамках маршрутной транспортной сети муниципального образования показатели этой группы, определённые для разных маршрутов, имеют близкие значения.

На практике, формирование модельного ряда парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского наземного пассажирского транспорта, осуществляется хозяйствующими субъектами, исходя из условий, определяемых конкурсной документацией, в рамках конкурса на право обслуживания муниципальных маршрутов регулярных перевозок. В конкурсной документации указываются требования к категории транспортных средств, их пассажировместимости и обозначаются другие параметры, определяющие качество транспортного обслуживания населения. Большинство требований к подвижному составу, формируемые конкурсной документацией, могут быть определены на основе управления структурными параметрами парка в соответствии с методикой, описанной в предыдущем разделе диссертационной работы.

В заданных условиях, предприятия – перевозчики осуществляют формирование парка эксплуатируемых транспортных средств, наполняя его моделями, во многом схожими по своим техническим и технико-экономическим параметрам. То есть допустимо сделать допущение о том, что в рамках одного вида транспорта и одной категории транспортных средств, определяемой их пассажировместимостью, возможные варианты моделей имеют идентичные технологические и технико-экономические характеристики.

Исходя из вышеизложенного, для формирования оптимальных структурных параметров производственно-технической базы, при помощи уравнений 2.93 или 2.94 целесообразно определить зависимость численности транспортных средств, находящихся на балансе транспортного предприятия, от их класса, задаваемого пассажировместимостью. В соответствии с классификацией ОН 025 270-66, существует пять классов автобусов,

разделение на которые производится исходя из их пассажировместимости. Справочная информация, отражающая критерии разделения транспортных средств на классы, приведена в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Критерии разделения транспортных средств на классы в соответствии с данными ОН 025 270-66

Класс ТС	Длина кузова, м	Пассажировместимость, пасс.
Особо малые	до 5,0	до 10
Малые	6,0 — 7,5	от 11 до 25
Средние	8,0 — 9,5	от 26 до 50
Большие	10,5 — 12,0	от 50 до 80
Особо большие	бол. 12	от 80 до 120

Исходя из вышеизложенного, можно сделать предварительный вывод о том, что одним из ключевых параметров, определяющих оптимальные структурные параметры производственно-технической базы предприятия-перевозчика, является численность транспортных средств. Очевидно, что для каждого класса транспортных средств, существует граничное значение их численности ( $N_{Ai \text{ MIN}}$ ), определяющее целесообразность включения  $i$ -го производственного подразделения в состав производственно-технической базы транспортного предприятия.

Предположительный вид диаграммы, иллюстрирующей зависимость минимальной численности транспортных средств, определяющей целесообразность включения  $i$ -го производственного подразделения в состав ПТБ транспортного предприятия ( $N_{Ai \text{ MIN}}$ ), от их класса представлен на рисунке 2.16.

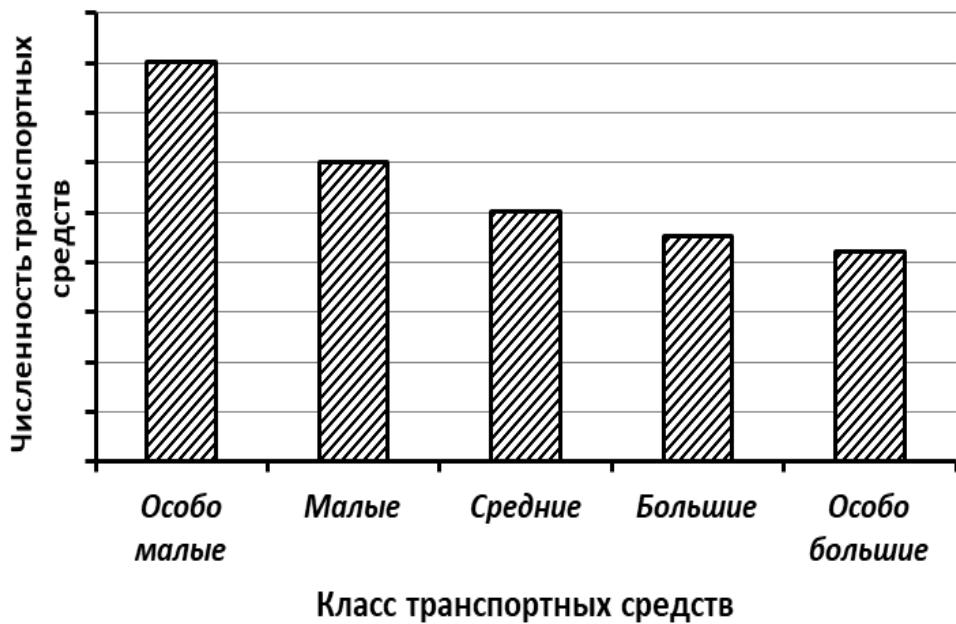


Рисунок 2.16 – Диаграмма минимальной численности транспортных средств ( $N_{Ai MIN}$ ), определяющей целесообразность включения  $i$ -го производственного подразделения в состав ПТБ транспортного предприятия, от их класса

Аналогичные диаграммы могут быть построены для всего перечня работ проводимых с целью поддержания парка транспортных средств в исправном состоянии.

Одним из ключевых параметров, определяющих структурные параметры производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта, является распределение транспортных средств по предприятиям-перевозчикам. Пример такого распределения, с учётом класса транспортных средств, представлен на рисунке 2.17. На этом же рисунке приведены условия, определяющие процесс формирования структуры производственно-технической базы транспортных и сервисных предприятий системы городского наземного пассажирского транспорта.

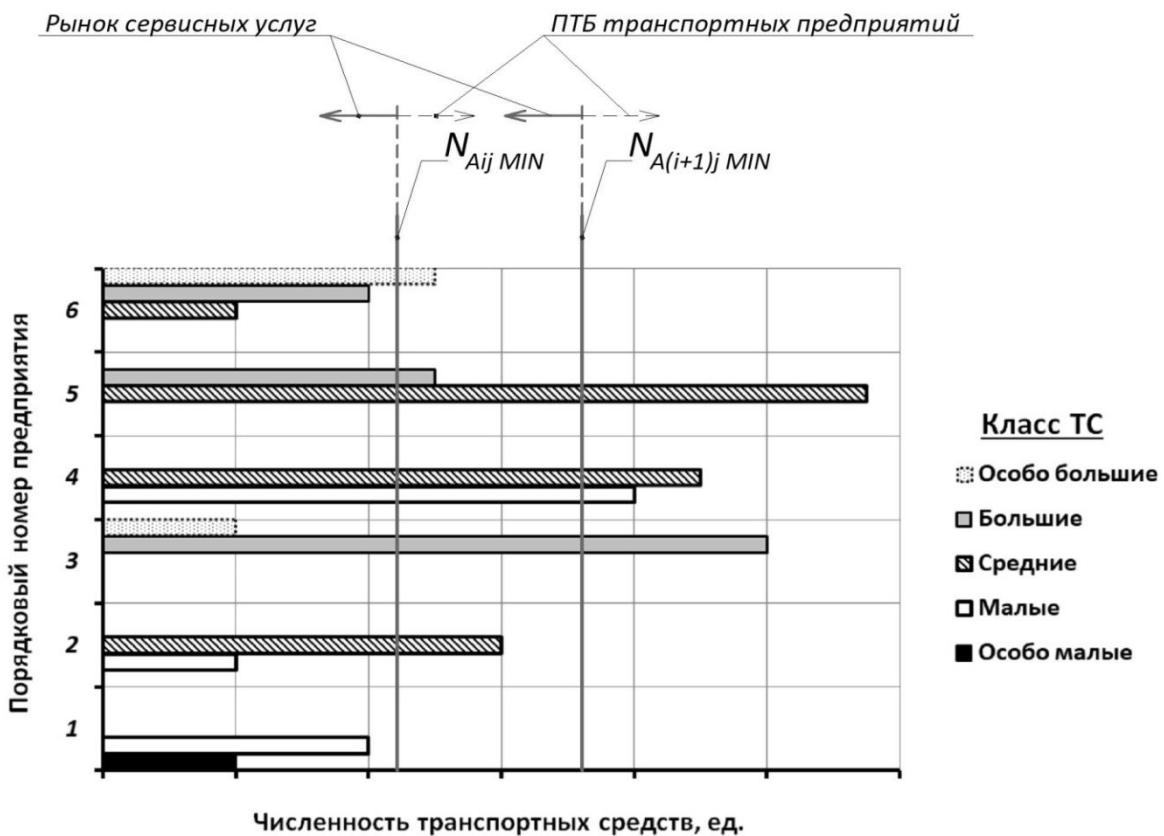


Рисунок 2.17 – Диаграмма распределения транспортных средств системы городского наземного пассажирского транспорта по предприятиям-перевозчикам

На рисунке поведены вертикальные линии, соответствующие минимальной численности транспортных средств  $j$ -ой модели. Данные линии формируют условия, определяющие целесообразность включения в состав производственно-технической базы транспортных предприятий  $i$ -х и  $(i+1)$ -х производственных подразделений, осуществляющих выполнение соответствующих видов работ.

Для транспортных предприятий, структурные параметры производственно-технической базы определяются составом видов работ в отношении которых превышено значение минимально-необходимой численности транспортных средств, являющееся граничным условием целесообразности содержания соответствующих производственных подразделений.

Формирование структурных параметров работ, целесообразных к выполнению на базе сервисных предприятий, осуществляется на основе данных о совокупном количестве транспортных средств, численность которых, в рамках отдельных транспортных предприятий, не превышает установленные граничные значения. Так эффективность деятельности сервисных предприятий, обеспечивается на основе реализации принципов концентрации и специализации производства, то целесообразность организации  $i$ -го производственного подразделения на базе сервисного предприятия определяется на основе суммирования численности транспортных средств, находящихся на балансе транспортных предприятий и не обеспечивающих выполнение рассматриваемого вида работ.

При формировании структурных параметров производственно-технической базы, как транспортных, так и сервисных предприятий целесообразно учитывать технологическую совместимость работ одного вида, производимых в отношении транспортных средств различных категорий. Загруженность и эффективность работы подразделений производственно-технической базы определяется объёмом выполняемых работ, а объём  $i$ -го вида работ, выполняемых в отношении различных категорий транспортных средств, может существенно варьироваться, суммирование численности транспортных средств различных категорий целесообразно произвести с учётом приведения к численности транспортных средств категории, принятой в качестве основной.

Приведение численности транспортных средств производится исходя из численных значений удельной трудоёмкости их ТО и ремонта. Выражение для расчёта удельной трудоёмкости ТО и ремонта транспортного средства имеет вид:

$$t_{уд} = \sum_{q=1}^n \left( \frac{1000 \cdot t_{qTO}}{l_{qTO}} \right) + t_{TP}, \quad (2.96)$$

где  $t_{qTO}$  – трудоёмкость  $q$ -го вида работ технического обслуживания, чел-ч.;

$l_{qTO}$  – периодичность  $q$ -го вида работ технического обслуживания, км;

$t_{TP}$  – удельная трудоёмкость текущего ремонта, чел.-ч./1000 км.

Суммарная приведённая численность транспортных средств различных технологически совместимых категорий, при приведении к численности транспортных средств категории, принятой в качестве основной, определяется по формуле:

$$N_{ПРИВ} = N_{ОСН} + N_j \cdot \frac{t_{удj}}{t_{уд.ОСН}}, \quad (2.97)$$

где  $N_{ОСН}$  – численность транспортных средств категории, принятой в качестве основной, ед.;

$N_j$  – численность транспортных средств приводимой категории, ед.;

$t_{удj}$  – удельная трудоёмкость транспортных средств приводимой категории, ед.;

$t_{уд.ОСН}$  – удельная трудоёмкость транспортных средств категории, принятой в качестве основной, ед.

На практике текущее состояние производственно-технической базы, как транспортных, так и сервисных предприятий, оказывает непосредственное влияние на параметры, определяющие вектор её развития. Текущее состояние производственно-технической базы определяется наличием в её составе  $i$ -го производственного подразделения.

При наличии  $i$ -го производственного подразделения в составе производственно-технической базы предприятия решается вопрос о

целесообразности его дальнейшего содержания.

При отсутствии *i*-го производственного подразделения в составе производственно-технической базы предприятия решается вопрос о целесообразности его создания и организации производства, связанного с выполнением данного вида работ. Процесс создания производственного подразделения и организации производственного процесса, как правило, связан с необходимостью инвестиционных вложений и оценкой срока их окупаемости. Допустимый срок окупаемости назначается исходя из срока полезного использования приобретаемых основных фондов. В соответствии с основными положениями, изложенными в п. 1 статьи 258 Налогового кодекса Российской Федерации, срок полезного использования зданий и сооружений, в зависимости от их типа составляет от 15 до 30 лет. Для технологического оборудования и производственного инвентаря установлен срок полезного использования в интервале от 6 до 10 лет. Исходя из срока полезного использования основной части технологического оборудования на автомобильном транспорте, как правило, допустимое значение срока окупаемости принято на уровне менее 6 лет.

С учётом того, что эффект, обусловленный созданием *i*-го производственного подразделения на производственно-технической базе транспортного предприятия может быть определён, как разность между затратами на оплату услуг сервисного предприятия и суммарными годовыми затратами, связанными с выполнением того же объёма работ на собственной производственно-технической базе, обобщённое выражение для упрощённого расчёта срока окупаемости инвестиционных вложений (без учёта дисконтирования дохода) имеет вид:

$$T_{OKi} = \frac{K_i}{\Delta \mathcal{E}_i} = \frac{K_i}{Z_{\Sigma ATT_i} - Z_{CTO_i}}, \quad (2.98)$$

где  $K_i$  – объём инвестиций на организацию  $i$ -го производственного подразделения, руб.;

$\Delta \mathcal{E}_i$  – годовой экономический от инвестиционных вложений на организацию  $i$ -го производственного подразделения, руб./год.

Формирование производственно-технической базы сервисных предприятий производится исходя из объёмов работ, выполнение которых, для рассматриваемых категорий транспортных средств, не целесообразно к проведению на производственно-технической базе транспортных предприятий. Таким образом, методом суммирования приведённой численности транспортных средств, находящихся на балансе таких предприятий, производится формирование рынка сервисных услуг, осваиваемого специализированными и многопрофильными сервисными предприятиями.

Исходя из описанного методического подхода, разработаны алгоритмы:

- определения граничных значений численности транспортных средств системы городского наземного пассажирского транспорта, определяющих целесообразность организации  $i$ -го производственного подразделения на базе транспортного предприятия;

- оптимизации структурных параметров производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта.

Данные алгоритмы представлены на рисунках 2.18 и 2.19.

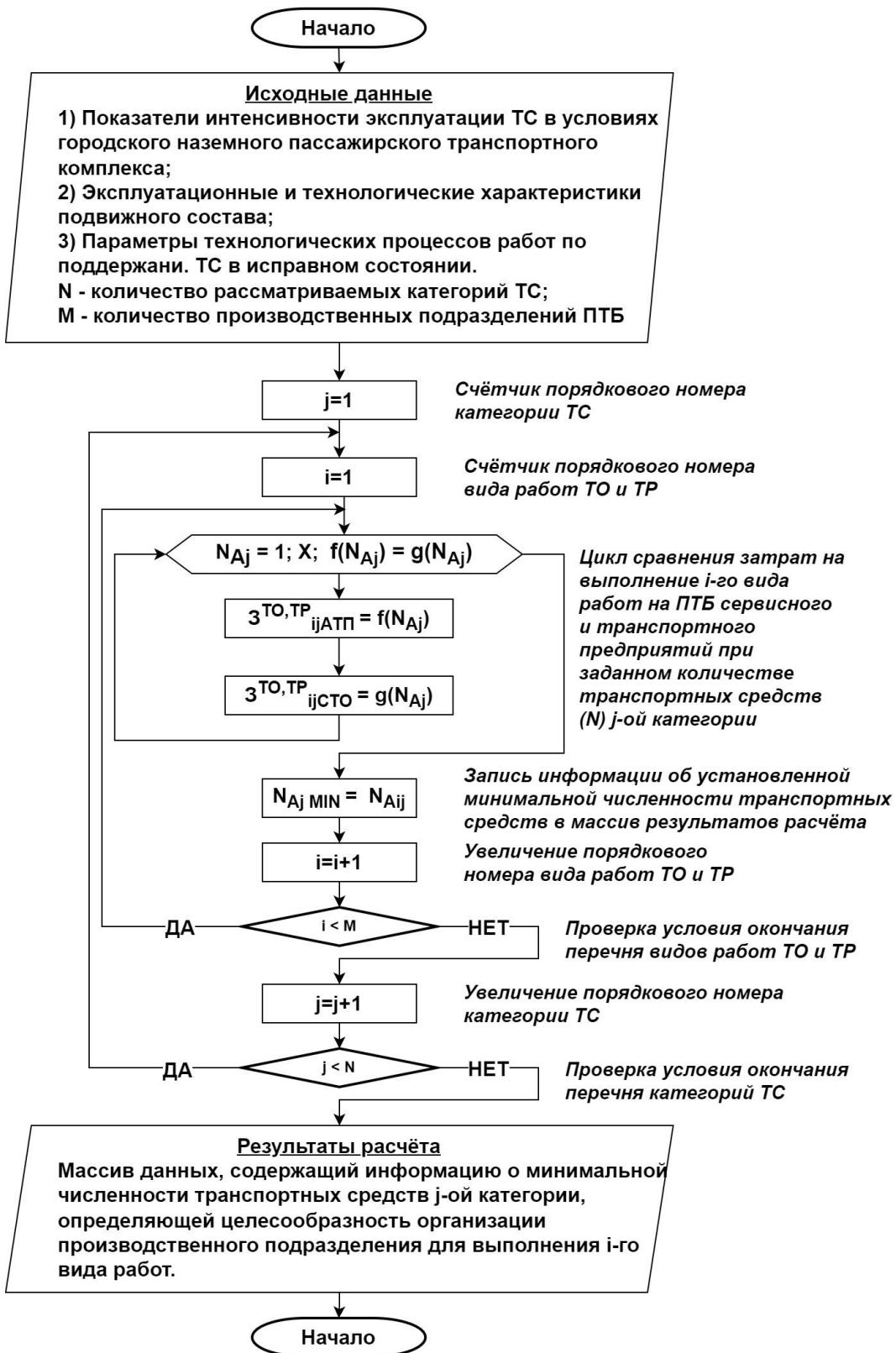


Рисунок 2.18 – Алгоритм определения граничных значений численности транспортных средств системы городского наземного пассажирского транспорта, определяющих целесообразность организации i-го производственного подразделения

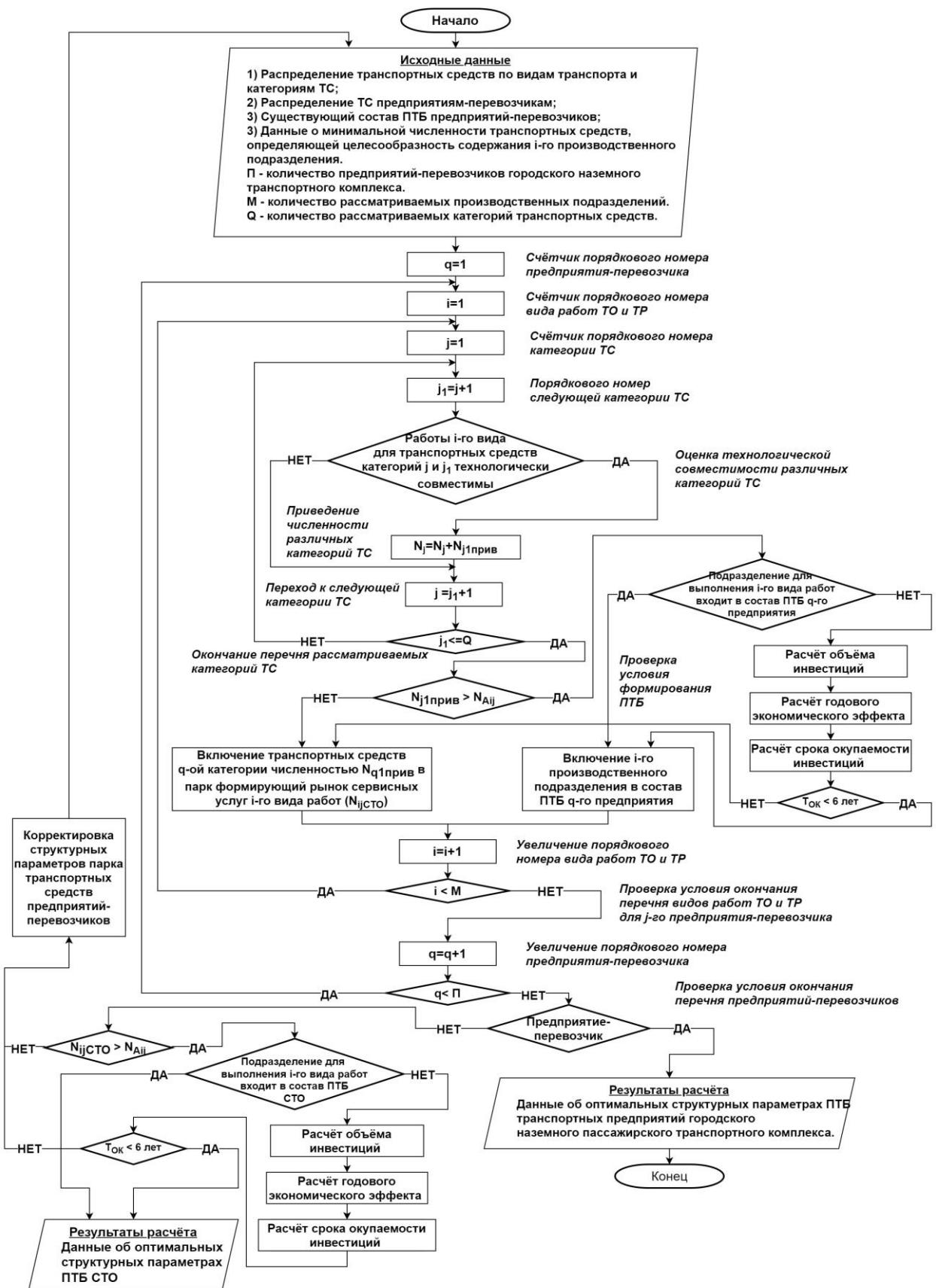


Рисунок 2.19 – Алгоритм оптимизации структурных параметров производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта

Для сервисных предприятий так же применим предложенный в работе принцип формирования производственно-технической базы. Исходя из данного принципа, установленная для каждого вида работ, общая приведённая численность транспортных средств, формирующих рынок сервисных услуг, сравнивается с граничным значением, определяющим целесообразность организации рассматриваемого производственного подразделения.

Наличие парка транспортных средств, концентрация которых позволяет обеспечить необходимый уровень загруженности производственно-технической базы сервисного предприятия, не является достаточным условием целесообразности организации соответствующего производственного подразделения. По аналогии с условиями формирования производственно-технической базы транспортных предприятий, в отношении СТО так же производится анализ, в ходе которого рассматривается текущее состояние ПТБ этих предприятий. При отсутствии рассматриваемого производственного подразделения в существующей структуре СТО, решается вопрос о целесообразности его организации, что связано с необходимостью инвестиционных вложений и, соответственно, с оценкой их эффективности, определяемой сроком окупаемости.

В упрощённом виде (без учёта дисконтирования дохода) срок окупаемости инвестиций, направленных на развитие производственно-технической базы СТО, определяется как отношение объёма инвестиций к объёму прироста прибыли, обусловленному данными инвестициями. Расчёт срока окупаемости инвестиций в отношении СТО может быть произведён по формуле:

$$T_{OKi} = \frac{K_i}{\Delta\Pi_i} = \frac{K_i}{\sum Z_{CTO_i} - Z_{\Sigma ATPi}}, \quad (2.99)$$

где  $\Delta\Pi_i$  – прирост прибыли за счёт организации на производственно-технической базе СТО  $i$ -го производственного подразделения, руб.;  $Z_{\Sigma ATPi}$  – суммарные затраты совокупности автотранспортных предприятий на оплату услуг СТО, обеспечивающего выполнение заданного объёма работ  $i$ -го вида, руб.

При оценке срока окупаемости инвестиций, производимой при помощи формулы 2.98, принято, что текущие эксплуатационные затраты, производимые на производственно-технической базе транспортного предприятия ( $Z_{\Sigma ATPi}$ ), определены для случая полной загрузки производства и численно равны себестоимости выполнения заданного объёма  $i$ -го вида работ.

Приемлемый срок окупаемости инвестиций, как это было отмечено выше, определяется сроком полезного использования основных фондов, приобретаемых по результатам инвестирования. Для основной части технологического оборудования автосервисных производств установлен нормативный срок окупаемости – шесть лет.

Таким образом, сформирован методический подход к формированию структурных параметров производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта, обеспечивающей максимальную эффективность производственного процесса обеспечения исправного состояния эксплуатируемых транспортных средств.

## **2.5 Реализация логистического подхода для определения оптимальных структурных параметров системы наземного городского пассажирского транспорта**

Установленные границы формируемой логистической системы позволили определить структурные элементы, входящие в её состав и факторы, формирующие окружающую среду, то есть определяющие условия её функционирования.

В качестве основных структурных элементов выбраны системные элементы, формирующие материальную базу системы городского пассажирского наземного транспорта: подвижной состав; производственно-техническая база, обеспечивающая поддержание транспортных средств в исправном состоянии; инфраструктура топливно-энергетического обеспечения.

Как правило, формирование структурных параметров системы городского наземного пассажирского транспорта производится в рамках функционирующей городской среды, то есть, в подавляющем большинстве случаев, оптимизация структурных параметров системы является модернизацией его текущего состояния.

Исходя из этого, показатели, отражающие текущее состояние рассматриваемых структурных элементов, являются одним из ключевых видов исходных данных.

Другим видом исходных данных являются параметры элементов системы городского наземного пассажирского транспорта не включённых в формирующую логистическую систему. К числу таких параметров относятся:

- параметры маршрутной транспортной сети;
- данные о годовом объёме перевозок и его распределении по маршрутам системы пассажирского транспорта;
- данные о распределении пассажиропотоков по временным интервалам и участкам маршрутов;

- данные о скоростных характеристиках транспортного процесса.

Третьим видом исходных данных является информация о технико-экономических характеристиках существующих технологий топливно-энергетического обеспечения, видов транспорта, категорий транспортных средств и инфраструктурного оборудования, рассматриваемых в качестве кандидатов для формирования структурных составляющих системы городского наземного пассажирского транспорта.

Четвёртым видом исходных данных являются заданные численные значения параметров, определяющих требования к качеству транспортного обслуживания населения.

Численные значения обозначенных видов исходных данных, являются основой для определения оптимального состояния структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского наземного пассажирского транспорта.

Оптимизированные структурные параметры парка транспортных средств и показатели, определяющие интенсивность его эксплуатации, являются основой для формирования массивов промежуточных расчётных параметров, являющихся основой для формирования структурных параметров двух других блоков, включённых состав формируемой логистической системы – инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения транспортного комплекса и производственно-технической базы, обеспечивающей поддержание парка транспортных средств в исправном состоянии.

Изменение содержания и параметров функционирования обозначенных структурных блоков логистической системы, произведённое в результате оптимизации, формируют ограничения на применение отдельных видов транспорта, категорий транспортных средств и технологий топливно-энергетического обеспечения. Исходя из выявленных ограничений в плане формирования структурных параметров парка транспортных средств, производится повторная оптимизация его структурных параметров. Схема,

отражающая обозначенную логику взаимного влияния параметров ключевых элементов системы городского наземного пассажирского транспорта и процесса оптимизации их структурных параметров, приведена на рисунке 2.20.

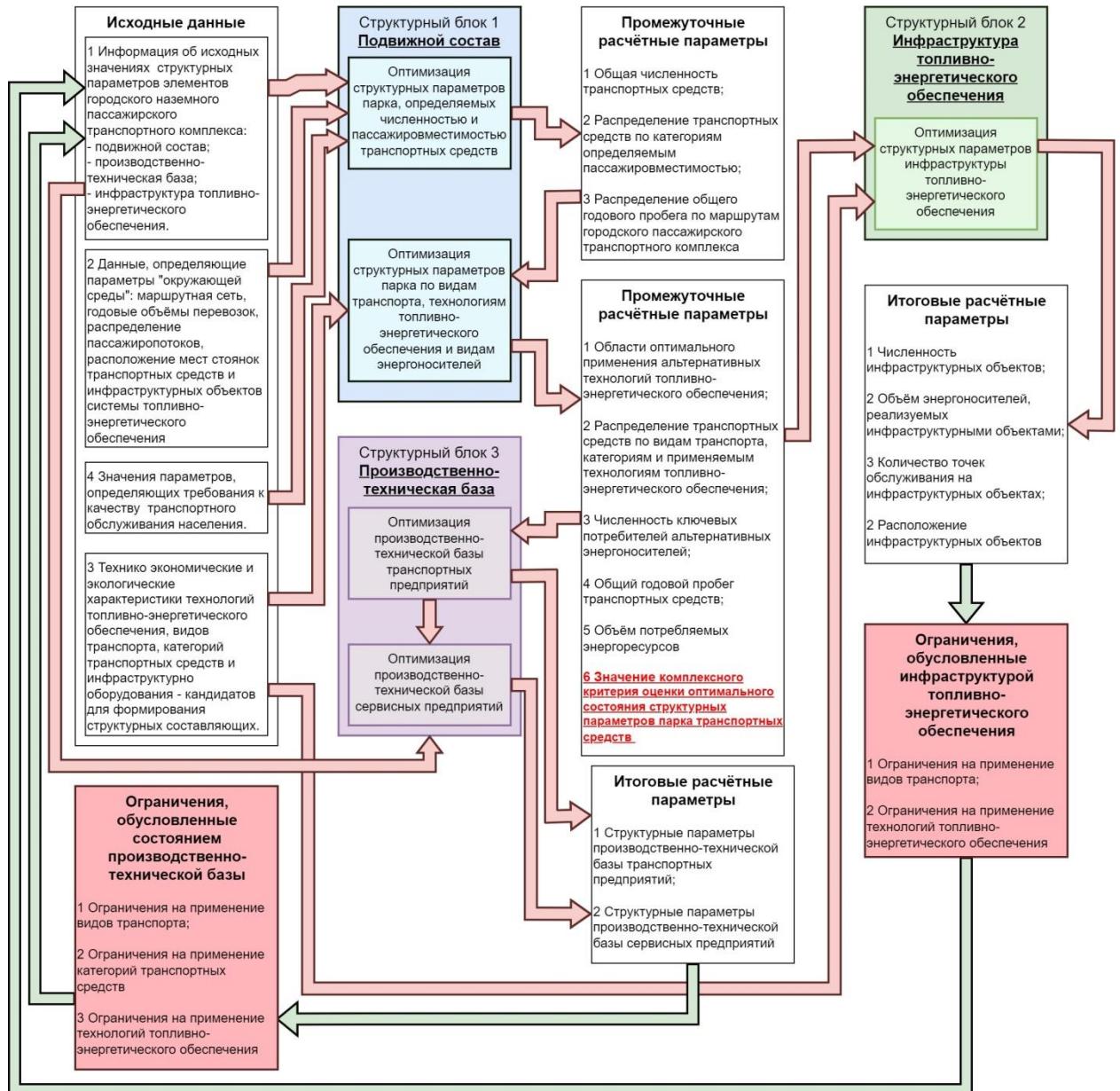


Рисунок 2.20 – Схема взаимодействия структурных частей системы городского наземного пассажирского транспорта

Реализуемый в рамках диссертационного исследования логистический подход обеспечивает:

- объединение элементов, формирующих материальную основу системы городского наземного пассажирского транспорта в единую систему, целью функционирования которой является достижение максимально-возможного значения целевой функции;
- определение характера взаимодействия элементов системы;
- определение характера влияния структурных параметров элементов системы на достижение заданного значения целевой функции;
- определение характера взаимного влияния структурных параметров элементов системы, в процессе оптимизации её состояния;
- разработку общих принципов и алгоритмов управления состоянием системы, исходя из формирования структурных параметров, обеспечивающих достижение заданного значения целевой функции.

В соответствии со схемой, представленной на рисунке 2.20, произведено объединение приведённых выше алгоритмов оптимизации структурных блоков системы городского наземного пассажирского транспорта в объединённый алгоритм оптимизации структурных параметров данной системы, как макроуровневой логистической системы. Данный алгоритм представлен на рисунке 2.21.

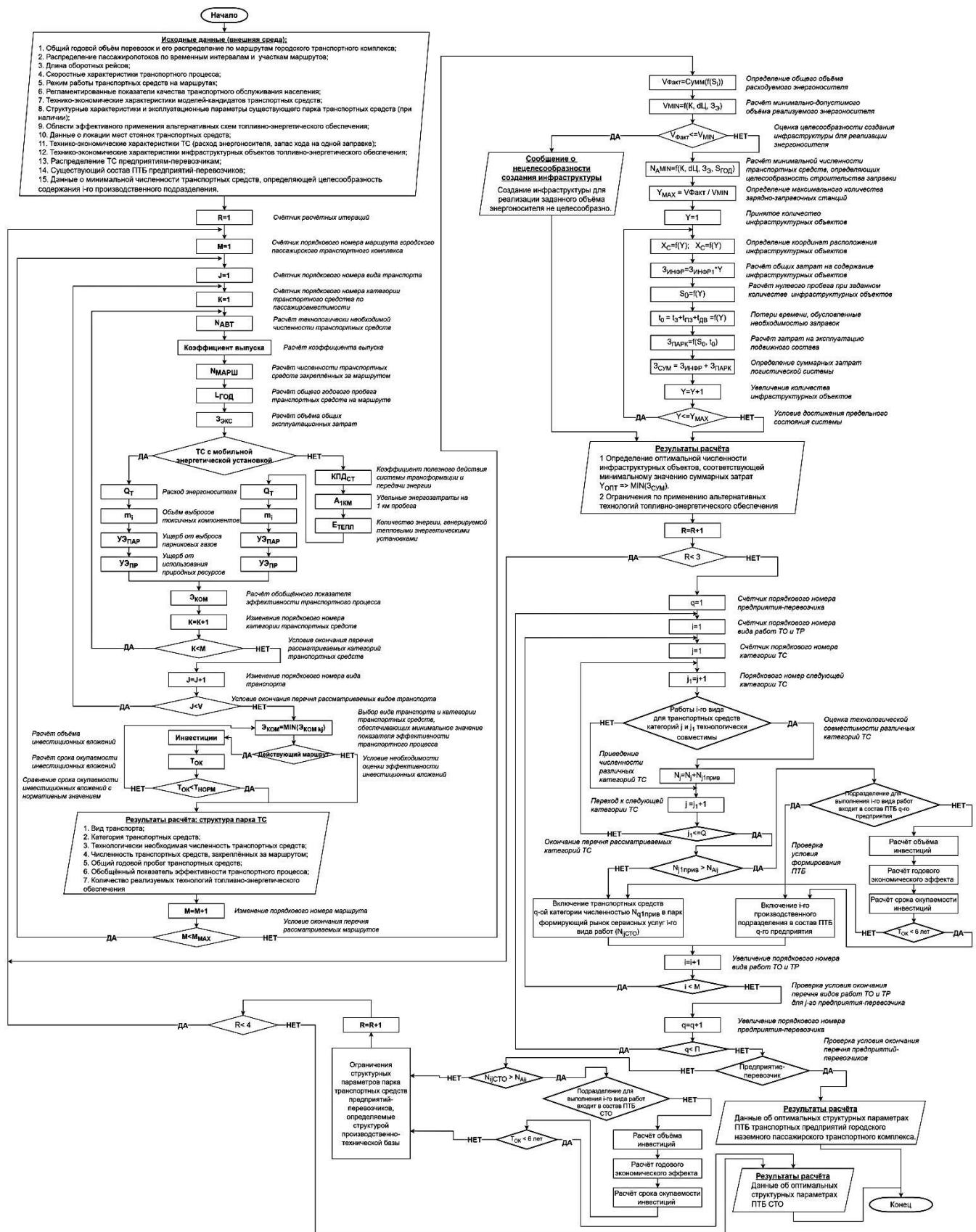


Рисунок 2.21 – Алгоритм оптимизации структурных параметров системы городского наземного пассажирского транспорта, как макроуровневой логистической системы

## 2.6 Выводы по разделу

1) Опираясь на материал, изложенный во второй главе, можно сделать выводы, подтверждающие решение ряда поставленных задач:

2) Разработана концептуальная схема построения системы городского наземного пассажирского транспорта, включающая в свой состав основные структурные компоненты, составляющие его материальную основу: подвижной состав; производственно-техническая базу, обеспечивающая поддержание эксплуатируемых транспортных средств в исправном состоянии; инфраструктуру топливно-энергетического обеспечения. Особенностью разработанной схемы является наличие комплекса прямых и обратных связей, определяющих экологическое и технологическое взаимодействие структурных элементов. Общие принципы построения схемы взаимодействия обозначенных структурных элементов позволили реализовать логистический подход, обеспечивающий оценку влияния показателей, определяющих формирование результирующей целевой функции.

3) В рамках сформированной структурной схемы, разработан методический комплекс, позволяющий определить оптимальные структурные параметры парка подвижного состава, осуществляющего транспортное обслуживание городского населения, с учётом параметров внешней среды и состояния технологически связанных структурных элементов транспортного комплекса. Методический комплекс позволяет определить основные структурные параметры парка транспортных средств: численность подвижного состава; распределение численности транспортных средств по видам транспорта, категориям и используемым технологиям топливно-энергетического обеспечения; общий пробег транспортных средств, относящихся к рассматриваемым видам транспорта и категориям. В качестве критерия оптимизации приняты относительные комплексные затраты, включающие в свой состав затраты на перевозку пассажиров и

затраты на компенсацию экологического ущерба в рамках системы пассажирского транспорта.

4) Исходя из необходимости комплексного решения оптимизационных задач, в соответствии с общими принципами реализуемого логистического подхода, разработана методика определения оптимальных структурных параметров системы топливно-энергетического обеспечения системы городского пассажирского наземного транспорта. Оптимизируемыми структурными параметрами рассматриваемой системы являются: численность инфраструктурных объектов, обеспечивающих удовлетворение потребностей ключевых потребителей; объёмы реализуемого энергоносителя, количество точек обслуживания на каждом из инфраструктурных объектов и локационные параметры, определяющие расположение инфраструктурных объектов на территории города. Критерием оптимизации, определённым исходя из принципов реализуемого логистического подхода, является комплексный показатель, позволяющий учесть: затраты на эксплуатацию парка транспортных средств, затраты на эксплуатацию инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения и объём инвестиций, необходимых для создания комплекса инфраструктурных объектов.

5) В рамках решения одной из поставленных задач разработана методика оптимизации структурных параметров производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта. Разработанный методический подход позволяет определить оптимальный уровень кооперации транспортных и сервисных предприятий при выполнении работ по поддержанию парка эксплуатируемых транспортных средств в исправном состоянии. Полученные данные являются основой для определения структурных параметров рынка сервисных услуг и оптимального структурного состава производственно-технической базы сервисных и транспортных предприятий. Критерием оптимизации, в рамках реализуемого логистического подхода являются обобщённые затраты на

поддержание эксплуатируемых транспортных средств в исправном состоянии.

б) Исходя из общей логики проводимого исследования, решена оптимизационная задача разработки комплексной методики, позволяющей объединить методические комплексы, направленные на решение задач оптимизации структурных параметров ключевых компонентов, составляющих материальную основу системы городского наземного пассажирского транспорта. В ходе решения обозначенной задачи, разработан обобщённый алгоритм, устанавливающий взаимосвязь и взаимное влияние структурных параметров компонентов системы, определены обратные связи, позволяющие учесть ограничения при формировании структурных параметров парка, определяемые структурой производственно-технической базы и инфраструктурой топливно-энергетического обеспечения.

### 3 МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ НАЗЕМНОГО ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

#### **3.1 Методы исследования параметров пассажиропотоков в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта**

Важнейшими параметрами внешней среды для формируемой макроуровневой логистической системы являются параметры пассажиропотоков на маршрутах системы городского наземного пассажирского транспорта. Такими параметрами являются:

- объём перевозок;
- распределение пассажиропотоков по неделям года;
- распределение пассажиропотоков по дням недели;
- распределение пассажиропотоков по времени суток;
- распределение пассажиропотоков по участкам маршрутов.

Определение данных параметров, в рамках системы городского пассажирского транспорта, является достаточно сложной задачей, требующей проведения масштабного исследования. Для решения поставленной задачи разработана методика, предполагающая сбор и анализ информации, полученной из различных, не зависимых друг от друга источников. Первый источник – результаты натурного обследования пассажиропотоков. Второй источник – сводные данные о транзакциях (электронных платежах), совершаемых пассажирами на маршрутах городского пассажирского транспорта. Третий источник – информация, полученная от предприятий-перевозчиков, о характере поступления выручки, поступающей в результате осуществления транспортной деятельности.

Применение методики, предполагающей интегральный анализ взаимно

пересекающихся и дополняющих друг друга информационных потоков, позволяет снизить трудоёмкость и продолжительность этапа обследования, а так же повышает достоверность полученной информации.

### 3.1.1 Натурное обследование пассажиропотоков

Натурное обследование пассажиропотоков проведено на выборке транспортных средств путём фактического наблюдения за количеством пассажиров, находящихся в салоне на различных участках обследуемых маршрутов. В соответствии с принятой методикой, счётчик пассажиров, находясь в салоне автобуса, фиксирует количество вошедших и вышедших пассажиров на каждой остановке маршрута. Данные обследования заносятся в специальный протокол. Данные протоколов по каждому обследуемому маршруту обобщаются и обрабатываются. В результате обработки определяются пассажиропотоки за время выполнения рейса, пассажиропоток на наиболее загруженном участке маршрута и расположение наиболее загруженного участка.

Пассажиропотоки определяются отдельно для прямого и обратного направлений по формуле:

$$\text{ПП} = \frac{N_{AM} \cdot \sum_{i=1}^n \Pi_i}{T_{об}}, \quad (3.1)$$

где  $N_{AM}$  - количество транспортных средств на маршруте, ед.

$\Pi_i$  – количество пассажиров, вошедших на  $i$ -ой остановке, чел.;

$n$  – количество остановок на маршруте в исследуемом направлении;

$T_{об}$  – время, затрачиваемое на совершение оборотного рейса, час.

Интегрирование данных, полученных в течение рабочего дня, позволяет определить зависимость пассажиропотоков на маршруте от

времени суток.

Определение необходимого количества наблюдателей произведено исходя из отношения суточной продолжительности работы транспортных средств на линии и допустимой продолжительности рабочего дня.

Общее количество наблюдателей, необходимое для обследования выборки маршрутов определяется по формуле:

$$m = \frac{m_d \cdot k}{D}, \quad (3.2)$$

где  $n$  – количество обследуемых транспортных средств;

$m_d$  – количество счетчиков, обследующих одно транспортное средство в течение дня, чел;

$D$  - количество дней обследования, дни.

Для организации комплексного обследования пассажиропотоков, расчёт количества счетчиков должен быть произведен отдельно для рабочих, субботних и воскресных дней.

Счетчикам рекомендовано начинать обследование с конечного пункта в течении всей смены до выполнения полного рейса. В протоколах регистрируются все вошедшие и вышедшие пассажиры, производится подсчет пассажиров, находящихся в салоне. Заполненные протоколы сдаются руководителю для проведения аналитического исследования.

### 3.1.2 Расчёт объёма репрезентативной выборки обследуемых транспортных средств

Для сокращения трудоёмкости и продолжительности исследования объём выборки должен быть минимальным, но достоверно отражать состояние всей совокупности исследуемых объектов.

Исходя из характера исследуемых признаков и специфики проводимого

исследования, в качестве генеральной совокупности приняты все транспортные средства заданного класса, реализующие рассматриваемую технологическую схему топливно-энергетического обеспечения и эксплуатируемые в рамках системы городского пассажирского транспорта. Исследуемые признаки генеральной совокупности характеризуются средними величинами.

Минимально необходимый объём выборки транспортных средств, обеспечивающий заданную точность получаемых величин, определён в соответствии с методами, изложенными в работах С.А. Айвазяна, В.Г. Веденяпина, Н.В. Проскуриной и других авторов [7, 28, 152]. Для обеспечения равномерного влияния на значения исследуемых величин совокупности факторов внешней среды, выполнено формирование типической выборки, предполагающее разбиение генеральной совокупности на типические группы, соответствующие обслуживаемым маршрутам. Численность типических групп определена на основе принципа пропорционального отбора, предполагающего, что число единиц, отбираемых из типических групп ( $n_i$ ) пропорционально числу единиц, входящих в соответствующие группы генеральной совокупности ( $N_i$ ) [152]:

$$n_i = n \frac{N_i}{N}, \quad (3.3)$$

где  $n_i$  – численность типической группы, ед.;

$n$  – численность выборочной совокупности, ед.;

$N$  – объём генеральной совокупности, ед.;

$N_i$  – численность групп генеральной совокупности, ед.

Предварительный анализ выборки значений технологических и эксплуатационных показателей функционирования транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского пассажирского транспорта,

позволяет выдвинуть гипотезу о том, что распределение исследуемых показателей соответствует нормальному закону распределения. Основанием для выдвижения данной гипотезы послужило соответствие исследуемых показателей следующим признакам: в ряду случайно полученных значений есть единственная мода, находящаяся в центре распределения; частоты попадания в равномерные интервалы полученного диапазона симметрично убывают по направлениям к предельным значениям ряда; распределение случайной величины подчиняется правилу «трёх сигм» (68,26 % случаев – в пределах одного среднеквадратичного отклонения, 95,5 % - пределах двух, 99,7 % - в пределах трёх среднеквадратичных отклонений).

Для нормального закона распределения формула расчёта необходимого объёма выборочной совокупности имеет вид (принят бесповторный отбор подвижного состава):

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2 \cdot N}{(\Delta^2 \cdot N + t^2 \cdot \sigma^2)}, \quad (3.4)$$

где  $t$  – коэффициент доверия (коэффициент кратности);

$\sigma^2$  – выборочная дисперсия исследуемой величины;

$N$  – объём генеральной совокупности;

$\Delta$  - предельная ошибка выборки.

Коэффициент доверия указывает во сколько раз предельная ошибка выборки превышает среднюю ошибку:

$$t = \frac{\Delta}{\mu}, \quad (3.5)$$

где  $\mu$  - средняя ошибка выборки.

Расчёт коэффициента доверия производится с определённой вероятностью  $F(t)$  того, что предельная ошибка выборки превосходит среднюю ошибку выборки в  $t$  раз.

Значения функции  $F(t)$  табулированы. В таблице 3.1 представлена выборка из значений данной функции [152].

Таблица 3.1 – Значения функции  $F(t)$  в зависимости от коэффициента доверия  $t$

Коэффициент доверия ( $t$ )	Функция вероятности $F(t)$
1,0	0,683
1,5	0,866
2,0	0,954
2,5	0,988
3,0	0,997
4,0	0,999937

Формула для расчёта выборочной дисперсии имеет вид:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \tilde{X})^2}{\tilde{n}}, \quad (3.6)$$

где  $X_i$  – i-е значение исследуемой величины;

$\tilde{X}$  – среднее выборочное значение исследуемой величины;

$\tilde{n}$  – объём предварительной выборки.

В рамках диссертационной работы исследование технико-экономических и технологических показателей эксплуатации подвижного состава выполнено на примере системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга. В состав рассматриваемой системы входит 46 маршрутов, общая численность транспортных средств, работающих на линии – 920 единиц, из них 54 – троллейбусы. В таблице 3.2 приведены значения расчётных параметров, используемых для расчёта состава и объёма репрезентативной выборки транспортных средств, эксплуатируемых в

рамках системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга.

Таблица 3.2 – Значения расчётных параметров, используемых для расчёта объёма репрезентативной выборки транспортных средств

Модель транспортного средства (вид топлива)	Объём генеральной совокупности ( $N$ ), ед.	Численность групп генеральной совокупности ( $N_i$ ), ед.	Объём предварительной выборки типических групп ( $\tilde{n}_i$ ), ед.	Общий объём предварительной выборки ( $\tilde{n}$ ), ед.
1	2	3	4	5
Троллейбус ВМЗ-375 (электроэнергия)	54	15	5	20
		8	3	
		4	2	
		12	4	
		7	3	
		8	3	
Автобус среднего класса ЛиАЗ-5292 (КПГ)	50	15	6	20
		18	7	
		17	7	
Автобус малого класса ПАЗ-3254 (КПГ)	604	4	-	40
		5	-	
		2	-	
		15	1	
		22	2	
		32	2	
		30	2	
		15	1	
		12	1	
		15	1	
		28	2	
		24	2	
		30	2	
		24	2	
		17	1	
		32	2	
		17	1	
		44	3	
		28	2	

## Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5
		18	1	
		51	3	
		34	2	
		32	2	
		33	2	
		40	3	
		24	5	
		12	2	
		9	2	
		17	3	
		24	5	
		29	5	
		18	3	
		8	2	
		22	4	
		12	2	
		25	5	
		12	2	
Автобус особо малого класса ГАЗЕЛЬ NEXT (СУГ)	212			40

Для расчёта технико-экономических показателей принята вероятность  $F(t) = 0,997$ . В соответствии с данными таблицы 3.1, данному значению соответствует коэффициент доверия  $t = 3$ . Предельная ошибка выборки  $\Delta = 5\%$ .

Исходя из приведённых данных, для каждого из исследуемых параметров произведён расчёт выборочной дисперсии и определён объём выборочной совокупности, обеспечивающей получение достоверных данных.

**3.1.3 Анализ данных о транзакциях (электронных платежах), совершаемых пассажирами на маршрутах системы городского наземного пассажирского транспорта**

В процессе работы системы электронных платежей формируется массив данных, содержащий информацию о времени и терминале, с которого был совершен платёж. Таким образом, существует возможность определить количество платежей за любой период на любом из маршрутов,

транспортные средства которого оснащены платёжными терминалами.

Метод обследования пассажиропотоков на основании данных об электронных платежах, основан на сопоставлении данных о фактических пассажиропотоках с количеством транзакций, выполненных за тот же период на том же маршруте. В результате такого сопоставления для каждого интервала рабочего времени маршрутов получены переводные коэффициенты, характеризующие кратность превышения фактических пассажиропотоков относительно количества транзакций. Данные коэффициенты получены отдельно для рабочих, субботних и воскресных дней.

Наличие указанных коэффициентов и данных о количестве транзакций позволяет определить пассажиропотоки на городских маршрутах в периоды, не совпадающие с периодами проведения натурных обследований.

### 3.1.4 Методика анализа данных об объёмах выручки, получаемой предприятиями-перевозчиками

Для исследования пассажиропотоков за продолжительные периоды времени (год, месяц и др.) могут быть использованы данные предприятий-перевозчиков, полученные на основании анализа объёмов выручки. Данный метод позволяет определить распределение годовых объёмов перевозок по неделям года и распределение недельных объёмов перевозок по дням недели. Предложенный методический подход предполагает проведение сопоставления данных, полученных на основе анализа объёма выручки с данными, полученными на основе анализа параметров электронных платежей. На основании такого сопоставления получены обобщённые переводные коэффициенты:

$$K_{\text{ПАС}} = \frac{D_{\text{ЭЛ}i} + D_{\text{НАЛ}i}}{D_{\text{ЭЛ}i}}, \quad (3.7)$$

где  $D_{\text{ЭЛ}i}$  – объём выручки, полученный методом электронных платежей на  $i$ -ом маршруте, руб.;  
 $D_{\text{НАЛ}i}$  – объём выручки, полученный методом наличного расчёта на  $i$ -ом маршруте, руб.

При помощи полученных значений переводных коэффициентов, произведён расчёт общего объёма перевозок за любой заданный промежуток времени, на основе данных о параметрах электронных платежей.

С использованием методов описанных в данном разделе, в рамках муниципального контракта МК № 0153300066914001120-0070596-01, произведено комплексное обследование параметров пассажиропотоков городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга. В результате обследования получены данные, необходимые для выполнения практических расчётов.

### **3.2 Методы исследования технико-экономических параметров, определяющих области эффективного применения рассматриваемых технологий топливно-энергетического обеспечения транспортных средств**

Установленная в рамках реализуемого логистического подхода последовательность применения разработанных методов, предполагает первоочередное применение методики оптимизации структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского наземного пассажирского транспорта. Приоритетность применения данной методики обусловлена тем, что подвижной состав является единственным структурным компонентом, осуществляющим

непосредственное взаимодействие с потребителями оказываемых услуг и его состояние, и во многом, формирует параметры, являющиеся исходными данными для оптимизации других рассматриваемых звеньев транспортной системы.

Используемый в качестве целевой функции комплексный показатель - удельные затраты на перевозку одного пассажира, складывается из двух составляющих:

- эксплуатационных затрат;
- затрат на компенсацию экологического ущерба.

Эксплуатационные затраты определяются исходя из технических, технологических и экономических характеристик транспортных средств, реализующих рассматриваемую технологию топливно-энергетического обеспечения и рассматриваемых в качестве типовых представителей видов транспорта и категорий транспортных средств, эксплуатируемых в заданных условиях, определяемых показателями интенсивности их эксплуатации. Расчёт объема эксплуатационных затрат производится по типовым методикам, рассмотренным в разделах 1.1 и 2.2 данной работы. Исходными данными для расчёта эксплуатационных затрат, является информация представленная в нормативной, технической и технологической документации, определяющей основные положения технической эксплуатации транспортных средств (раздел 1.1).

### 3.2.1 Методы исследования факторов, определяющих экономический эффект, формируемый альтернативной технологией топливно-энергетического обеспечения

Как было отмечено в разделе 2.2.3, экономический эффект, формируемый альтернативной технологией топливно-энергетического обеспечения, зависит от объема инвестиций, производимых перевозчиком для внедрения данной технологии и достигаемой экономии эксплуатационных затрат.

**Инвестиционные вложения**, как правило, включают в себя затраты на приобретение или модернизацию транспортных средств и затраты на модернизацию производственно-технической базы.

Модернизация производственно-технической базы, в свою очередь, может включать в себя реализацию следующих мероприятий:

- организацию производственных подразделений, обеспечивающих выполнение работ по обслуживанию и ремонту конструктивных элементов транспортных средств, реализующих альтернативную технологию топливно-энергетического обеспечения;
- модернизацию помещений и площадок для хранения, обслуживания, ремонта и утилизации транспортных средств, исходя из условий обеспечения требований пожарной и экологической безопасности;
- организацию площадок и технических устройств, обеспечивающих хранение и перераспределение энергоносителя в процессе эксплуатации транспортных средств.

Обобщённое выражение для расчёта объёма инвестиций, производимых перевозчиком для внедрения альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения, имеет вид:

$$K_i = K_{PC} + K_{PP} + K_{POM} + K_{X\Theta}, \quad (3.8)$$

где  $K_{PC}$  – затраты на замену или модернизацию подвижного состава, руб.;

$K_{PP}$  – затраты на организацию производственных подразделений, обеспечивающих выполнение работ по обслуживанию и ремонту конструктивных элементов транспортных средств, реализующих альтернативную технологию топливно-энергетического обеспечения, руб.;

$K_{POM}$  – затраты на модернизацию помещений и площадок для хранения, обслуживания, ремонта и утилизации транспортных средств, руб.;

$K_{X\Theta}$  – затраты на организацию площадок и технических устройств, обеспечивающих хранение и перераспределение энергоносителя, руб.

В обобщённом виде инвестиции, связанные с модернизацией производственно-технической базы, включают в себя:

- затраты на выполнение строительно-монтажных работ, связанных со строительством или перепланировкой зданий и сооружений;
- затраты на приобретение, монтаж и наладку технологического оборудования, производственного и хозяйственного инвентаря.

Эксплуатационные затраты, за счёт снижения которых, как правило, достигается основной экономический эффект, включают в себя:

- затраты на энергоноситель, используемый, как в рамках применяемой, так и в рамках альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения;
- затраты на обслуживание и ремонт транспортных средств;
- дополнительные затраты на содержание производственно-технической базы.

Дополнительные затраты на содержание производственно-технической базы, связанные с применением альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения, включают в себя ряд составляющих, представленных в виде слагаемых следующей формулы:

$$Z_{\text{Сод}} = Z_A + Z_{P,ЗД} + Z_{P,OB} + ЗП + Z_{ЭH} + Z_{MAT} + Z_{ЗЧ} + Z_{MBI} + Z_{OPTB}, \quad (3.9)$$

где  $Z_A$  - затраты на амортизацию зданий, сооружений и оборудования, отнесённого к основным фондам, руб.;

$Z_{P,ЗД}$  – затраты на ремонт и содержание зданий и сооружений, руб.;

$Z_{P,OB}$  – затраты на ремонт оборудования, руб.;

$ЗП$  – затраты на оплату труда персонала с отчислениями на социальные нужды, руб.;

$Z_{ЭH}$  – затраты на силовую энергию и энергоносители, руб.;

$Z_{MAT}$  – затраты на материалы, руб.;

$Z_{ЗЧ}$  – затраты на запчасти, руб.;

$Z_{MBI}$  – затраты на восстановление малооценного и быстроизнашающегося инвентаря, руб.;

$Z_{OTuTB}$  – затраты на мероприятия по обеспечению производственной безопасности, руб.

Перечисленные выше расчётные составляющие, исходя из методических подходов, используемых для определения их значений, можно разделить на две категории.

Первая категория – расчётные составляющие, определяемые на основе анализа данных, полученных из открытых источников. При этом, для ряда параметров необходимо проведение статистического анализа в ходе которого производится определение объёма репрезентативной выборки источников, расчёт среднего значения исследуемого параметра, оценка вариативности полученных значений.

Вторая категория - параметры, определяемые по результатам аналитического исследования, предполагающего детализацию факторов, формирующих значение исследуемого параметра, выполнение натурных обследований и промежуточных расчётов.

Методика определения объёма репрезентативной выборки объектов, отобранных для проведения статистических исследований и натурных обследований, приведена в предыдущем разделе данной главы.

К первой категории отнесены такие параметры, как:

- стоимость подвижного состава;
- стоимость зданий и сооружений;
- стоимость технологического оборудования и производственного инвентаря;
- стоимость электроэнергии и энергоносителей, используемых на технологические нужды производств, обеспечивающих эксплуатацию транспортных средств;
- базовые нормы расхода топлива для рассматриваемых моделей

подвижного состава;

- нормативные параметры технологического обеспечения технической эксплуатации транспортных средств;
- тарифные ставки и должностные оклады персонала транспортных и сервисных предприятий;
- нормы расхода запасных частей и эксплуатационных материалов, используемых в процессе технической эксплуатации транспортных средств.

Ко второй категории отнесены следующие параметры:

- объём инвестиций, необходимых для модернизации производственно-технической базы;
- затраты на обслуживание и ремонт технологического оборудования и производственного инвентаря подразделений, обеспечивающих техническую эксплуатацию транспортных средств;
- удельный расход электроэнергии и других видов энергоносителей, используемых в процессе функционирования подразделений, обеспечивающих техническую эксплуатацию транспортных средств;
- удельный расход материалов и запчастей, используемых при эксплуатации рассматриваемых моделей транспортных средств;
- затраты на реализацию.

Для проведения натурного эксперимента целесообразно формирование выборки транспортных предприятий, осуществляющих эксплуатацию транспортных средств реализующих рассматриваемые технологии топливно-энергетического обеспечения.

Результаты аналитических исследований и натурных экспериментов, направленных на определение численных значений, приведённых выше, технологических параметров и затратных статей, представлены в следующей главе диссертационной работы.

3.2.2 Аналитические исследования эколого-технологических показателей, определяющих величину экологического ущерба при эксплуатации рассматриваемых видов транспорта

Для практической реализации методов оценки экологического ущерба требуется проведение аналитических исследований с целью определения необходимых расчётных параметров.

Для транспортных средств, реализующих технологии энергопотребления (сема на рисунке 2.8), с мобильными энергетическими установками, осуществляющими преобразование энергии сгорающего топлива на борту транспортного средства, ключевым расчётными параметрами являются пробеговые выбросы токсичных компонентов. Данная информация содержится в соответствующих нормативных документах, регламентирующих объём выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников [147]. И справочной литературе регламентирующей разделение транспортных средств на экологические классы.

Для оценки экологических характеристик технологий энергопотребления, предполагающих наличие стационарных энергетических установок и систем передачи энергии на борт транспортного средства (непрерывной или дискретной), требуется проведение дополнительных аналитических исследований. Типичным вариантом практической реализации таких систем являются системы городского электрического наземного транспорта.

Энергоэффективность технологической схемы энергообеспечения со стационарной энергетической установкой оценивается по величине суммарного КПД, определяемого при помощи выражения 2.48.

Для систем электроснабжения городского электрического транспорта необходимо проведение аналитических исследований суммарных энергетических потерь, включающих в себя: потери, связанные с преобразованием энергии энергетической установкой; потери, обусловленные передачей энергии на борт транспортного средства; потери

при преобразовании энергии на борту транспортного средства; потери в трансмиссии.

Оценка количества энергии, затрачиваемой на движение транспортного средства, в соответствии с разработанной методикой, производится при помощи уравнения тягово-скоростного баланса (формула 2.50), на основе результатов анализа езового цикла.

Для проведения расчётов целесообразно принять езовой цикл, разработанный исходя из условий движения транспортного средства на перегонах между остановочными пунктами (расстояние 700 метров). Езовой цикл включает в себя следующие фазы:

- разгон до скорости 40 км/ч (11,1 м/с) с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ ;
- равномерное движение со скоростью 40 км/ч;
- торможение с замедлением  $0,5 \text{ м/с}^2$  и остановка перед остановочным пунктом.

При выполнении расчёта целесообразно принять допущение, что при замедлении транспортных средств, реализующих технологию топливно-энергетического обеспечения со стационарной энергетической установкой, применяется регенерационное торможение, при котором до 30 % энергии торможения передаётся обратно в сеть или накапливается аккумуляторной батареей.

Затраты на энергетическое обеспечение эксплуатируемых транспортных средств, оснащённых мобильными энергетическими установками, и производимый экологический ущерб, определяются исходя из общего расхода топлива.

В отношении транспортных средств, реализующих технологии топливно-энергетического обеспечения со стационарной энергетической установкой, экологический ущерб определяется исходя из количества энергии, необходимого для обеспечения движения соответствующих видов городского наземного пассажирского транспорта и доли энергии, генерируемой стационарной энергетической установкой за счёт

преобразования тепла, образуемого при сгорании топлива (тепловые электростанции).

Методика расчёта количества энергии, необходимого для обеспечения движения рассматриваемых категорий транспортных средств по заданному ездовому циклу приведена в разделе 2.2 (подраздел 2.2.3).

Количество энергии, необходимое для обеспечения движения транспортных средств на расстояние 1 км, реализующих схему топливно-энергетического обеспечения со стационарной энергетической установкой, с учётом суммарного КПД передающей сети (таблица 3.1) определяется по формуле:

$$E_{топл} = \frac{A_1}{КПД_{сети}} , \quad (3.10)$$

Расчёт доли энергии, генерируемой за счёт преобразования тепла, образующегося при сгорании топлива, производится по формуле:

$$E_{\Sigma} = E_{топл} \cdot П_{тепл} , \quad (3.11)$$

где  $П_{тепл}$  – доля энергии, генерируемой тепловыми электростанциями, ед.

Для оценки экологического ущерба, приведённого к одному километру пробега электротранспортных средств, целесообразно использовать данные об объёмах выбросов токсичных веществ и парниковых газов, производимых тепловыми электростанциями типовой мощности (1000 МВт). Указанные данные, полученные на основе анализа литературных источников, представлены в таблице 1.1.

Исходя из годового фонда времени работы электростанции, с учётом объёмов выбросов токсичных веществ, приведённых в таблице 1.1, производится расчёт средней величины удельных выбросов тепловой

электростанции, использующей в качестве топлива природный газ, за один час её работы и удельных выбросов на 1 кВт·ч вырабатываемой энергии.

Исходя из установленных значений пробеговых показателей энергопотребления и данных об удельных выбросах тепловой электростанции, производится расчёт удельных (пробеговых) выбросов токсичных веществ, производимых тепловой электростанцией, работающей на природном газе (в единой энергетической системе Российской Федерации), производимые при выработке электроэнергии, необходимой для совершения одного километра пробега рассматриваемых видов пассажирского электротранспорта.

Таким образом, могут быть получены данные, необходимые для оценки экологического ущерба, образуемого в результате применения в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта наиболее распространённых технологий топливно-энергетического обеспечения со стационарными энергетическими установками.

### **3.3 Аналитические исследования технологических и технико-экономических параметров функционирования структурных элементов зарядно-заправочной инфраструктуры**

Для реализации методического подхода, изложенного в разделе 2.3 диссертационной работы, необходимо проведение аналитического исследования, целью которого является определение численных значений ряда параметров, отражающих технологические и технологические характеристики инфраструктурных объектов.

Одним из важнейших параметров, определяющих целесообразность создания инфраструктурного объекта, обеспечивающего реализацию альтернативной технологии топливно-энергетического обеспечения, является объём инвестиций, необходимых для его создания. Для адекватного отображения данного параметра необходимо проведение аналитических

исследований, направленных на получение следующей информации:

- структурный состав инвестиций, необходимых для создания инфраструктурного объекта;
- зависимости численных значений структурных составляющих инвестиционных вложений от технических и технологических параметров инфраструктурных объектов.

Техническими и технологическими параметрами, учитываемыми при определении оптимальных структурных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения, являются:

- количество точек обслуживания;
- скорость заправки на единичной точке обслуживания;
- запас энергоносителя на инфраструктурном объекте.

Другим ключевым параметром, определяющим оптимальные параметры инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения являются эксплуатационные затраты на содержание инфраструктурного объекта. Для определения оптимальных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения целесообразно проведение аналитического исследования, направленного на изучение следующих аспектов:

- структура эксплуатационных затрат на содержание инфраструктурного объекта;
- оценка влияния технических и технологических параметров инфраструктурного объекта на структурные составляющие эксплуатационных затрат.

Для реализации методики, отражённой в разделе 2.3, необходимо исследовать влияние на эксплуатационные затраты: количества точек обслуживания, скорости заправки на единичной точке обслуживания и запаса энергоносителя на инфраструктурном объекте.

Кроме технических, технологических и экономических параметров объекта топливно-энергетического обеспечения на структурные параметры

инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения оказывают факторы внешней среды, к числу которых относятся закупочная и розничная цена энергоносителя. Данный фактор также подлежит исследованию и статистическому анализу в рамках практической реализации разработанной методики.

### 3.3.1 Методы анализа структурных параметров инвестиционных вложений на создание инфраструктурного объекта

В соответствии с данными, полученными на основе выполненного литературного обзора [23, 64, 65, 66, 182], основными структурными составляющими инвестиций, необходимых для создания инфраструктурного объекта являются:

- 1) Разработка проектной и регистрационной документации;
- 2) Затраты на приобретение (отчуждение) земельного участка;
- 2) Подготовка и планировка земельного участка;
- 3) Строительство фундамента, обустройство территории;
- 4) Строительство, отделка и обустройство помещений;
- 5) Приобретение монтаж и наладка оборудования:
  - накопители для хранения энергоносителя;
  - раздаточные (заправочные) устройства;
  - системы производственной и экологической безопасности;
  - информационно-коммуникационное и расчётно-кассовое оборудование.

Численные значения данных величин могут быть определены на основании аналитических исследований сметной документации, включающей в себя затраты на приобретение обозначенных видов оборудования и выполнение указанных видов работ.

Для проведения аналитических исследований использован сравнительный подход, основанный на сравнении объекта оценки с идентичными или аналогичными объектами.

Целесообразность применения сравнительного подхода, обоснована, исходя из наличия следующих ключевых факторов: активность рынка; доступность информации о сделках с аналогами; актуальность рыночной ценовой информации; сопоставимость аналогов с объектом оценки.

Методы сравнительного подхода основаны на использовании ценовой информации о рассматриваемых аналогах. В качестве результата оценки принимается среднее значение, определённое в рамках репрезентативной выборки исследуемых объектов.

Расчётное значение стоимости аналога определяется по результатам аналитического исследования, в ходе проведения которого учитываются следующие факторы: возможная разница между ценой сделки и ценой предложения; период экспозиции аналога на рынке и изменение его цены за этот период; соответствие цен рассматриваемых аналогов и их характеристик.

Реализация сравнительного подхода, предполагает проведение исследования, включающего в себя следующие основные этапы:

- определение единиц сравнения;
- выбор наиболее сопоставимых аналогов;
- сравнительный анализ количественных и качественных характеристик рассматриваемых аналогов;
- корректировка численных значений единиц сравнения для устранения различий между объектами оценки (при необходимости);
- согласование скорректированных значений единиц сравнения или полученных на их основе показателей стоимости объекта оценки.

При выборе аналогов, включаемых в исследуемую выборку, следует учитывать ряд факторов:

- достаточность и достоверность информации по каждому аналогу;
- сопоставимость сравниваемых аналогов;
- корректировка и индексация ценовых параметров, установленных в ранние сроки (особенно актуально для нестабильных рынков);

- формирование стоимостных параметров на основании сделки , совершающейся между независимыми сторонами;
- приоритетный учёт информации, установленной по фактически совершенным сделкам.

### 3.3.2 Методы анализа технологических характеристик инфраструктурных объектов топливно-энергетического обеспечения

Ключевым параметром, определяющим структурные параметры инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения, является скорость заправки на единичной точке обслуживания (параметр  $v$ , формулы 2.66, 2.69 и 2.70). Значения данного параметра могут быть определены на основе анализа технической документации оборудования, применяемого для комплектования инфраструктурных объектов с учётом технологических параметров, определяющих режим и правила эксплуатации рассматриваемого оборудования. Для проведения исследования может быть реализован описанный выше сравнительный подход.

### 3.3.3 Методы исследования эксплуатационных затрат на функционирование инфраструктурного объекта топливно-энергетического обеспечения

Эксплуатационные затраты на эксплуатацию инфраструктурного объекта топливно-энергетического обеспечения включают в себя:

- фонд оплаты труда персонала;
- затраты на амортизацию основных фондов инфраструктурного объекта;
- затраты на обслуживание и ремонт оборудования;
- затраты на страхование;
- коммунальные платежи;
- охрана объекта;
- поверка и калибровка оборудования и средств измерения;

- вывоз твёрдых бытовых отходов, уборка и озеленение территории;
- банковские услуги, обслуживание процессингов;
- налоговые платежи и сборы.

Предварительный анализ факторов, оказывающих влияние на величину перечисленных затратных статей, позволил выдвинуть гипотезу о том, что данные статьи можно разделить на две группы:

- не зависящие от состава, состояния и интенсивности эксплуатации оборудования инфраструктурного объекта;
- определяемые составом, состоянием и интенсивностью эксплуатации оборудования инфраструктурного объекта.

Для проведения исследования численных значений установленных видов эксплуатационных затрат целесообразно применение описанного выше сравнительного подхода.

**Фонд оплаты труда персонала.** Размер средней заработной платы различных категорий персонала инфраструктурных объектов может быть определён на основе результатов статистического анализа (ГородРабот.ру. Режим доступа: <https://gorodrabot.ru/> ). Расчёт годового фонда заработной платы может быть выполнен по формуле:

$$\Phi ЗП_{год} = \overline{ЗП_{мес}} \cdot 12 \cdot N_{п} \cdot (1 + K_{соц} + K_{под}) , \quad (3.12)$$

где  $\overline{ЗП_{мес}}$  - среднемесячная заработка рассматриваемой категории персонала за вычетом подоходного налога, руб.;

$N_{п}$  – численность персонала рассматриваемой категории, чел.;

$K_{соц}$  – коэффициент, учитывающий объём отчислений на социальные нужды;

$K_{под}$  – коэффициент, учитывающий отчисления на уплату подоходного налога.

Результаты, полученные при помощи выражения 3.8, приведены в

последующей главе диссертационной работы.

**Затраты на амортизацию основных фондов инфраструктурного объекта.** К основным фондам инфраструктурного объекта, осуществляющего реализацию рассматриваемого вида энергоносителя, относятся: здания, сооружения, коммуникации и технологическое оборудование. В состав технологического оборудования входят: накопители энергоносителя, раздаточные устройства, оборудование систем безопасности и информационно-коммуникационное оборудование.

Затраты на амортизацию рассматриваемых групп основных фондов зависят от их стоимости, срока полезного использования и принятого способа начисления амортизационных затрат. При линейном способе начисления расчёт годового объёма затрат на восстановление основных фондов производится по формуле:

$$A_j = \frac{I_j}{T_{ПИj}}, \quad (3.13)$$

где  $I_j$  – стоимость средств производства, относящихся к  $j$  – ой группе основных фондов, руб.

$T_{ПИj}$  – срок полезного использования  $j$  – ой группы основных фондов, год.

Для проведения исследования численных значений стоимостных характеристик средств производства целесообразно применение описанного выше сравнительного подхода. Срок полезного использования средств производства, относимых к основным фондам, принят в соответствии действующими нормативами [141].

Результаты исследования затрат на амортизацию основных фондов инфраструктурного объекта приведены в последующей главе диссертационной работы.

**Затраты на обслуживание и ремонт оборудования инфраструктурного объекта.** Данный вид затрат включает в себя затраты на реализацию комплекса инженерных мероприятий по проверке и регулировке заправочного оборудования, проверку и замену расходных материалов (фильтров, отстойников и т.д.), проверку и очистку накопителей, осмотр и ремонт систем герметизации, дренажа, электрозащитных устройств, разъёмов, клемм и т.д. Техническое обслуживание производится в плановом порядке в соответствии с регламентом, разработанным заводом – изготовителем. Регламентом установлены виды работ технического обслуживания, содержание каждого регламентированного вида и периодичность проведения профилактических работ. Частота проведения ремонтных работ зависит от состояния оборудования инфраструктурного объекта и интенсивности его эксплуатации. В среднем, плановые ремонтные работы производятся один раз в год или по необходимости при возникновении отказов и сбоев в работе оборудования.

На основе анализа информации, содержащейся в нормативной и технологической документации [47, 123, 145, 174, 200, 202], а также данных, предоставленных специализированными сервисными предприятиями, осуществляющими обслуживание и ремонт оборудования инфраструктурных объектов, установлено, что годовой объём данного вида затрат может быть укрупнённо определён, как процент (доля) от стоимости оборудования инфраструктурного объекта.

**Затраты на страхование.** Заправочные станции, входящие в состав инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения, как правило, являются опасными производственными объектами. Согласно ст. 5 ФЗ № 225 от 27.07.2010 г. [194], собственник опасного производственного объекта обязан страховать свою гражданскую ответственность за потенциальное причинение вреда жизни, здоровью и имуществу третьих лиц в результате аварии. Обязательный пакет опций включает в себя страхование от следующих рисков: повреждение имущества инфраструктурного объекта;

разбойное нападение с причинением вреда здоровью персонала и материального ущерба; утечка энергоносителя; пожар; авария. Страхование имущественного ущерба владельца инфраструктурного объекта осуществляется в рамках добровольного страхования и может быть оформлено в качестве дополнения к основному договору.

В соответствии с основными положениями ФЗ № 225 [194], для объектов, формирующих сеть газопотребления, установлена страховая сумма в размере 37,5 млн. руб., для иных опасных объектов – 20 млн.руб. Расчёт размера страхового взноса производится по формуле:

$$Z_{C_{STPAX}}^{ГОД} = C_{STPAX} \cdot T_B \cdot K_{БМ} \cdot K_{УБ} \cdot 0,01, \quad (3.14)$$

где  $C_{STPAX}$  – страховая сумма, руб.;

$T_B$  – базовая ставка страхового тарифа, %;

$K_{БМ}$  – коэффициент, учитывающий страховые случаи в предыдущем периоде страхования;

$K_{УБ}$  – коэффициент, учитывающий уровень безопасности объекта.

Расчёт затрат на страхование инфраструктурного объекта представлен в следующей главе диссертационной работы.

**Коммунальные платежи.** Данный вид эксплуатационных затрат включает в себя:

- затраты на электроэнергию;
- затраты водоснабжение;
- затраты на водоотведение.

Электропотребление инфраструктурного объекта топливно-энергетического обеспечения системы городского наземного пассажирского транспорта осуществляется потребителями, которые, исходя из режимов работы, могут быть разделены на три группы:

- система электроотопления;

- электроосвещение, пожарно-охранная сигнализация, распределительное и информационно-коммуникационное оборудование операторной;

- технологическое оборудование, обеспечивающее приёмку, хранение и раздачу энергоносителя.

Потребление электроэнергии потребителями первой группы определяется климатическими условиями размещения инфраструктурного объекта. Электропотребители второй группы осуществляют стабильное потребление энергии по циклу, определяемому продолжительностью светового дня и режимом работы инфраструктурного объекта. Потребление электроэнергии технологическим оборудованием пропорционально зависит от объёма реализуемого энергоносителя.

Объём электроэнергии, потребляемой потребителями первой и второй групп, может быть определён по формуле:

$$W_{I,II} = N_H \cdot T_{год} \cdot K_T \cdot K_N, \quad (3.15)$$

где  $N_H$  – номинальная суммарная мощность электропотребителей, кВт;

$T_{год}$  – годовой фонд времени работы инфраструктурного объекта, час;

$K_T$  – коэффициент полноты загрузки электропотребителей по времени;

$K_N$  – коэффициент полноты загрузки электропотребителей по мощности.

Расчёт объёма электроэнергии, потребляемой потребителями третьей группы, производится при помощи выражения:

$$W_{III} = N_{уд} \cdot V_{ЭН}, \quad (3.16)$$

где  $N_{уд}$  – удельный расход электроэнергии, приходящийся на единицу реализуемого энергоносителя, кВт/ед.;

$V_{ЭН}$  – объём реализуемого энергоносителя, ед.

Затраты на водоснабжение и водоотведение могут быть рассчитаны в соответствии со СНиП 2.04.01-85 [167]. В соответствии с данным нормативом, расход воды в сутки (смену) на одного работающего человека составляет 25 литров.

Результаты расчёта затрат данного вида представлены ниже в четвёртой главе диссертационной работы.

***Проверка и калибровка оборудования и средств измерения.*** В рамках коммерческой эксплуатации рассматриваемых видов инфраструктурных объектов, калибровке подлежат накопительные ёмкости, оснащённые измерительными устройствами, обеспечивающими контроль объёма принимаемого топлива. Проверке подлежат средства измерения устройств распределения и раздачи реализуемого энергоносителя. Исходя из этого, объём затрат на поверку и калибровку оборудования и средств измерения инфраструктурного объекта определяется исходя из количества накопителей, подлежащих калибровке, и раздаточных устройств (точек обслуживания).

Средняя стоимость услуг по калибровке накопителей и поверке раздаточных устройств инфраструктурных объектов, осуществляющих реализацию рассматриваемых видов энергоносителей, целесообразно определить при помощи описанного выше сравнительного подхода. Реализация данного подхода производится на основе результатов мониторинга стоимости услуг, оказываемых аккредитованными организациями на территории региона.

***Охрана объекта.*** Большинство инфраструктурных объектов, осуществляющих реализацию рассматриваемых видов энергоносителей (за исключением электроэнергии), относятся к категории опасных объектов, для безопасной эксплуатации которых необходима организация охраны от противоправных действий. Как правило, охрана инфраструктурного объекта осуществляется силами частного охранного предприятия. Определение средней стоимости услуг охранных предприятий осуществляется на основе мониторинга рынка данного вида услуг с применением сравнительного

подхода при интерпретации полученных данных.

***Вывоз твёрдых бытовых отходов, уборка и озеленение территории.***

Затраты по данной статье целесообразно определить на основе данных, полученных от регионального оператора по обращению с твёрдыми коммунальными отходами.

***Банковские услуги, обслуживание процессингов.*** Затраты по данной статье включают в себя:

- расходы на открытие и ведение банковских счетов;
- оплату платежных терминалов и оборудования для обработки платежей;
- оплату процессинговых услуг (авторизация, передача данных и снятие средств с банковских счетов);
- оплату услуг и финансирование мероприятий по обеспечению информационно-финансовой безопасности и защите данных;
- затраты на обучение персонала выполняющего работы по обслуживанию платежных систем;
- прочие расходы.

Численные значения отчислений по данным видам затратных статей могут быть определены, как среднее значение, определённое на основе результатов мониторинга стоимости банковских услуг. В ходе предварительных исследований установлено, что перечисленные выше виды услуг, как правило, предоставляются банковской организацией комплексно и оплачиваются исходя из установленной процентной ставки от оборота денежных средств. В обобщённом виде затраты по данной статье могут быть определены по формуле:

$$\mathcal{Z}_{БАНК} = \frac{V_{ГОД} \cdot \Pi_1 \cdot \Pi_{БАНК}}{100}, \quad (3.17)$$

где  $V_{ГОД}$  – годовой объём реализуемого энергоносителя, ед.;

$\Pi_I$  – цена объёмной единицы энергоносителя, руб./ед.;

$\Pi_{БАНК}$  – процент отчислений за банковские услуги, %.

**Налоговые платежи и сборы.** Обзор финансовых обязанностей, обусловленных функционированием инфраструктурных объектов, позволил установить перечень следующих обязательных платежей и сборов:

- Акцизный сбор – это налог, который взимается с определённых видов товаров, в том числе, нефтепродуктов. На период с 01.01.2023 г. по 31.12.2023 г. установлен следующий размер акцизных сборов [124]:

- бензин – 14345 р. за тонну;
- дизельное топливо – 9938 р. за тонну;
- сжиженный углеводородный газ – 4500 р. за тонну.

При продаже природного газа и электроэнергии акцизный сбор не производится.

- Налог на имущество – владельцы инфраструктурных объектов, в соответствии с налоговым законодательством, обязаны платить налог на имущество. В соответствии с ч. 2 ст. 1 Закона Оренбургской области от 27.11.2003 № 613/70-III-ОЗ [71] для юридических лиц налогом на имущество облагаются объекты недвижимого имущества, налоговая база в отношении которых определяется как кадастровая стоимость. Установленная законом ставка налога на имущество составляет 2 % от его кадастровой стоимости;

- Земельный налог – данный налог уплачивается на земельный участок, на котором расположен рассматриваемый инфраструктурный объект. Для юридических лиц установлена ставка налога на землю в размере 1,5 % от кадастровой стоимости земельного участка [124];

- Налог на прибыль, назначается исходя из размера прибыли, получаемой в результате реализации энергоносителя по ставке 20 % [124]. Прибыль от реализации объёмной единицы энергоносителя определяется, как разница между закупочной и отпускной ценой.

### **3.4 Методы исследования параметров состояния и функционирования производственно-технической базы, обеспечивающей поддержание парка эксплуатируемых транспортных средств в исправном состоянии**

**3.4.1 Аналитические исследования технологических параметров функционирования подразделений производственно-технической базы транспортных и сервисных предприятий**

Ключевой принцип формирования производственно-технической базы транспортных и сервисных предприятий системы городского наземного пассажирского транспорта основан на сравнении расчётных значений объёмов рассматриваемых видов работ, с граничными значениями ( $T_{0i}$ ), определяющими условие необходимой степени загруженности производства и целесообразности включения рассматриваемого ( $i$ -го) производственного подразделения в состав производственно-технической базы предприятия. Анализ слагаемых уравнений, являющихся основой для определения значений параметра  $T_{0i}$  (выражения 2.92 и 2.93), позволил сформировать обобщённую структуру комплексных исследований, включающих в себя аналитическую и экспериментальную часть.

Одним из слагаемых выражений 2.92 и 2.93 является величина постоянных затрат на содержание рассматриваемого производственного подразделения - затрат не имеющих прямой зависимости от объёмов выполняемых работ. Численные значения данной составляющей зависят от состава минимально-необходимого набора оборудования, формируемого на основе анализа реализуемых на участке технологических процессов, от типа и объёма занимаемого помещения.

После определения перечня минимально-необходимого набора оборудования, обеспечивающего реализацию технологических процессов производственного подразделения, определяется средняя рыночная стоимость подобранных оборудования и производится расчёт норм

амortизационных отчислений на каждую ( $j$  - ю) группу оборудования, относимого к основным фондам (формула 3.12).

Площадь помещения, занимаемого производственным подразделением, определяется исходя из площади пола, занимаемой оборудованием и объектами ремонта с учётом плотности расстановки, технологической последовательности выполняемых операций и типовых планировочных решений. Одной из составляющих формулы 2.80, используемой для расчёта постоянных затрат, является удельная балансовая стоимость  $1 \text{ м}^3$  здания. Для определения среднего значения данной величины проводится анализ балансовой стоимости объектов недвижимости производственного назначения, исходя из уровня цен, сложившихся в регионе на расчётный период. Для анализа производится выборка типовых производственных помещений автотранспортных предприятий региона. Методы расчёта объёма выборки и оценки величины дисперсии полученных данных представлены ниже.

Для расчёта коэффициента, учитывающего затраты на содержание и ремонт зданий и сооружений (выражение 2.80) производится анализ данных затратных статей на автотранспортных предприятиях региона. Расчёт среднего по региону значения данного коэффициента производится по формуле:

$$K_{PC_3\partial} = \frac{\sum_{k=1}^n \left( \frac{P_{3\partial k}}{C_{3\partial, \partial k}} \right)}{n}, \quad (3.18)$$

где  $P_{3\partial k}$  - расходы на содержание и ремонт зданий и сооружений  $k$ -го предприятия, руб.;

$C_{3\partial, \partial k}$  – балансовая стоимость зданий и сооружений  $k$ -го предприятия, руб.;

$n$  – объём выборки исследуемых объектов.

Расчёт объёма выборки, обеспечивающего получение достоверной информации, производится в соответствии с методикой, используемой для определения объёма выборки транспортных средств при определении технико-экономических показателей эксплуатации. Описание методики представлено в разделе 3.1.2.

Затраты на оплату услуг сервисного предприятия определяются исходя из средней по региону стоимости нормо-часа сервисных услуг и объёмов выполняемых работ. Данные параметры так же могут быть определены на основе статистического анализа данных, определённых в ходе обследования сервисных предприятий региона.

**3.4.2 Натурные исследования затрат не пропорциональных объёмам выполняемых работ и параметров энергопотребления подразделений производственно-технической базы транспортных и сервисных предприятий**

К затратам, зависящим от объёма выполняемых работ, но не имеющим пропорциональной зависимости от их величины, относятся показатели, характеризующие уровень затрат на обслуживание и ремонт производственного оборудования, затраты на вспомогательные материалы, а также общехозяйственные расходы на оплату труда ИТР, служащих и вспомогательных рабочих. Функциональные зависимости затрат на обслуживание и ремонт производственного оборудования от объёма выполняемых работ определены методом аппроксимации данных, полученных в результате обработки информации, предоставленной планово-экономическими и производственно-техническими отделами комплексных АТП, включённых в выборку. Общехозяйственные расходы распределены между производственными подразделениями пропорционально объёмам выполняемых работ.

Параметры энергопотребления, как правило, пропорциональны объёму выполняемых работ и могут быть определены исходя из действующих

тарифов и показателей удельного расхода энергоносителей, которые определяются по результатам мониторинга показателей работы производственно-технической базы представительной выборки комплексных АТП. Мониторинг предполагает проведение хронометражных исследований, в ходе которых определяется объём работ, выполняемых с использованием оборудования, потребляющего энергоресурсы. При этом фиксируется номинальная мощность используемых потребителей электроэнергии.

Удельный расход электроэнергии определяется по формуле:

$$P\mathcal{E}_{yoi} = \frac{\sum_{j=1}^n (N_j \cdot T_j)}{T_{общ}} \cdot K_N, \quad (3.19)$$

где  $N_j$  – номинальная мощность  $j$ -ого вида технологического оборудования, Вт;  $K_N$  – коэффициент использования мощности оборудования;  $T_j$  – объём работ, выполняемых с использованием  $j$ -го вида технологического оборудования, чел-час.

Коэффициент использования мощности электрооборудования определяется, как отношение суммарного расхода электроэнергии рассчитанного для случая номинальной загруженности оборудования ( $K_N = 1$ ) к фактическому расходу электроэнергии определённому за тот же период по электрическому счётчику предприятия. Коэффициент использования мощности определяется, как средняя величина для производственных подразделений, потребляющих электроэнергию через общий счётчик.

Удельный расход энергоносителей определяется по следующей формуле:

$$PN_{y\partial i} = \frac{\sum_{j=1}^n (PN_j \cdot T_{ji})}{T_{общ}}, \quad (3.20)$$

где  $N_j$  – номинальная мощность  $j$ -ого вида технологического оборудования, Вт;  
 $K_N$  – коэффициент использования мощности оборудования;  
 $T_{ji}$  – объём работ, выполняемых с использованием  $j$ -го вида технологического оборудования, потребляющего  $i$  вид энергоносителя, чел.-ч.

Коэффициент использования мощности при этом принимается равным единице, а вместо значения номинальной мощности используется значение удельного расхода энергоносителя.

В качестве результатов расчёта принимаются средние значения, определённые по результатам мониторинга нескольких предприятий региона.

Для расчёта затрат, пропорциональных объёму выполняемых работ, необходимы данные, которые определяются, как средние по региону: часовые тарифные ставки ремонтных рабочих, уровень дополнительных расходов на содержание персонала, размер выплачиваемых премий и доплат, стоимость нормо-часа сервисных услуг по ТО и ремонту автомобилей. Указанные данные определяются по выборке автотранспортных и сервисных предприятий. Методика определения минимально-необходимого объёма выборки представлена выше. В работе сделано допущение, что на транспортных предприятиях-перевозчиках и на сервисных предприятиях, оказывающих услуги по ТО и ремонту транспортных средств, уровень оплаты труда персонала и стоимость нормо-часа сервисных услуг соответствуют средним значениям по региону.

Полученные на основе экспериментальных данных выражения, определяющие зависимость суммарных затрат на обслуживание и ремонт оборудования от трудоемкости выполняемых работ подлежат проверке на

адекватность. Эта оценка проводится с помощью критерия Фишера.

Полученные в ходе исследования зависимости затрат на обслуживание и ремонт оборудования от трудоемкости выполняемых работ могут быть использованы в дальнейших расчётах только после проверки их адекватности.

### **3.5 Выводы по разделу**

В рамках решения поставленных задач, для определения численных значений расчётных параметров, используемых в процессе практической реализации разработанных методик, установлены соответствующие методы и подходы, используемые при проведении аналитических исследований и натурных экспериментов.

1) Разработаны методы натурных исследований параметров пассажиропотоков на маршрутах системы городского наземного пассажирского транспорта. Практическая реализация разработанных методов позволяет определить годовой объём перевозок и полный перечень параметров пассажиропотоков, используемых при определении оптимальных структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих исследуемые маршруты. Достоверность получаемой информации обеспечивается за счёт проведения натурных обследований на расчётно обоснованной репрезентативной выборке транспортных средств. Методикой предусмотрено дополнение данных, полученных по результатам натурного обследования, информацией из других источников: данных о транзакциях и сведений об объёмах ежедневной выручки на исследуемых маршрутах.

2) Проведён анализ факторов, определяющих экономический эффект, формируемый альтернативной технологией топливно-энергетического обеспечения. Рассмотренные факторы разделены на группы, исходя из методов их исследования. Представлено описание используемых методов проведения аналитических исследований и натурных экспериментов.

3) Приведено описание методов определения экологотехнологических показателей функционирования различных видов

транспорта, обслуживающих маршруты системы городского наземного пассажирского транспорта. Предлагаемая методика предполагает учёт экологического ущерба, производимого вследствие выброса токсичных веществ и парниковых газов, при реализации различных технологических схем энергопотребления, как с мобильной энергетической установкой, размещённой непосредственно на борту транспортного средства, так и со стационарной энергетической установкой, функционирующей в рамках единой энергетической системы страны. При разработке методики учтены особенности типового езового цикла движения транспортных средств по городским пассажирским маршрутам и потери энергии в процессе преобразования и передачи от стационарного источника к транспортному средству.

4) Определены и описаны методы исследования технологических и технико-экономических параметров функционирования структурных элементов зарядно-заправочной инфраструктуры. По результату исследования предполагается определение:

- зависимостей численных значений структурных составляющих инвестиционных вложений от технических и технологических параметров создаваемых инфраструктурных объектов;
- эксплуатационных затрат на содержание инфраструктурных объектов, как функции от их технических и технологических параметров.

5) Разработаны методы проведения аналитических и натурных исследований технологических параметров, показателей энергопотребления и затрат не пропорциональных объёмам выполняемых работ для ключевых подразделений производственно-технической базы, обеспечивающей выполнение работ по поддержанию транспортных средств системы городского наземного пассажирского транспорта в исправном состоянии.

Представленный набор методик аналитических исследований и методов проведения натурных экспериментов позволяет определить массив данных и функциональных зависимостей, обеспечивающих решения поставленных задач и достижение поставленной цели исследования.

## 4 ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ СТРУКТУРНЫХ ЧАСТЕЙ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО НАЗЕМНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

### **4.1 Области эффективного применения категорий транспортных средств на маршрутах системы городского наземного пассажирского транспорта**

В соответствии с разработанным обобщённым алгоритмом оптимизации структурных параметров системы городского наземного пассажирского транспорта (рисунок 2.21), первым этапом оптимизации является определение целесообразной численности и пассажировместимости транспортных средств, исходя из параметров распределения пассажиропотоков обслуживаемого маршрута. Целевой функцией оптимизации является себестоимость перевозки одного пассажира. Ограничения процесса оптимизации определены, исходя из требований к качеству транспортного обслуживания населения, установленных социальным стандартом [155] и конкурсной документацией, разработанной администрацией муниципальных образований, для проведения конкурса на право обслуживания регулярных маршрутов пассажирского транспорта. Методология, определяющая последовательность расчётов, проводимых в процессе определения оптимальных структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского наземного пассажирского транспорта, приведена в разделе 2.2 данной работы.

В данном разделе отмечено, что численность транспортных средств, одновременно работающих на маршруте, определяет обеспечение такого показателя качества транспортного обслуживания населения, как частота

обслуживания остановочных пунктов. Численные значения данного показателя определяются исходя из установленных значений максимально-допустимых интервалов движения транспортных средств на маршруте.

В соответствии с рекомендациями отраслевого стандарта Р 3112178-034-95, и исходя из сложившейся практики транспортного обслуживания населения муниципальных образований, определены минимально-допустимые интервалы движения транспортных средств, принятые в качестве ограничений целевой функции при определении оптимальных структурных параметров парка транспортных средств. Принятые в качестве расчётных параметров максимально-допустимые значения интервалов движения транспортных средств на маршрутах системы городского наземного пассажирского транспорта, составляют:

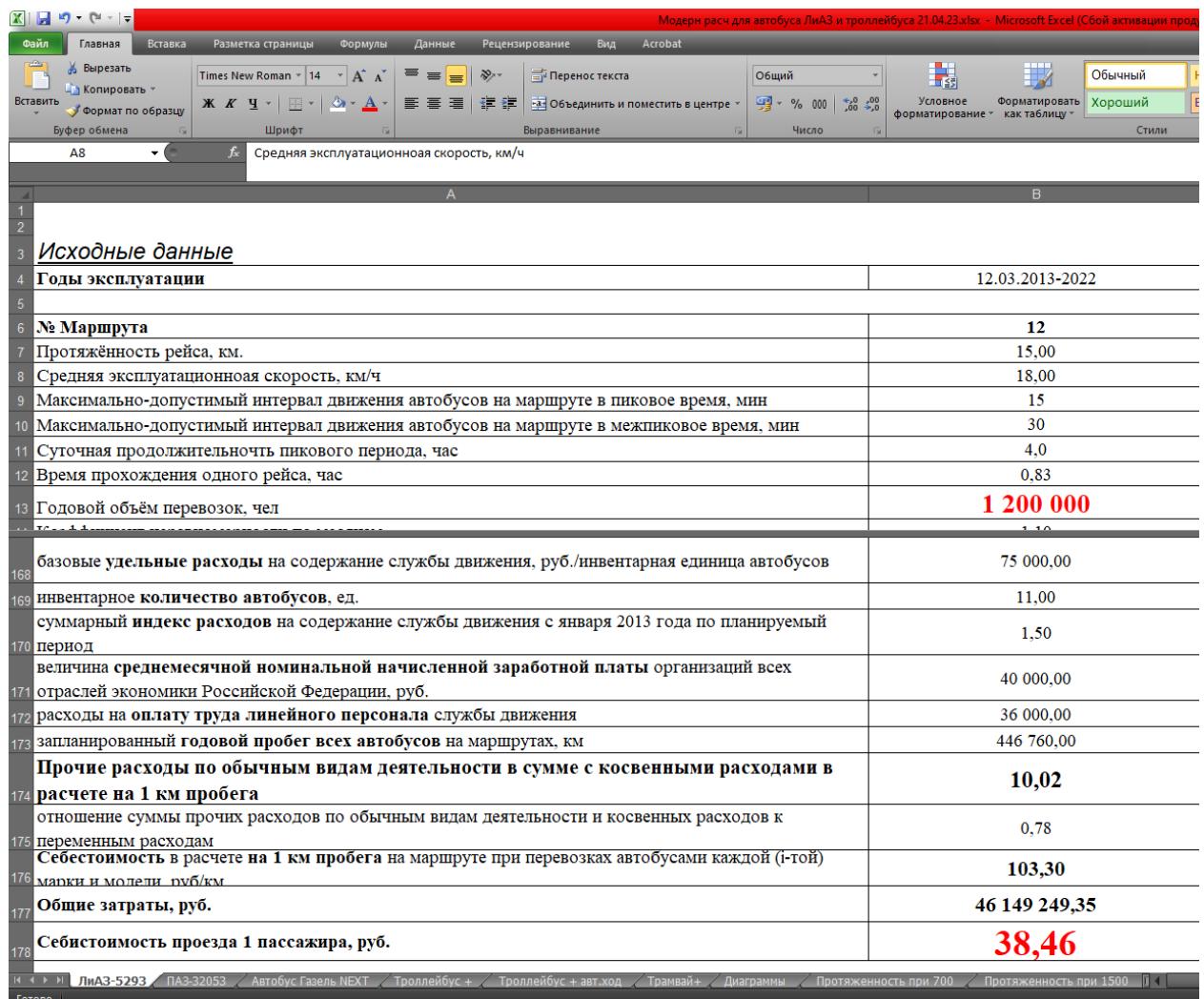
- в пиковое время – 10 минут;
- в межпиковое и послепиковое время – 30 минут.

Для снижения трудоёмкости вычислительных операций, методика расчёта необходимой численности транспортных средств, изложенная в разделе 2.2, реализована в виде электронной таблицы Microsoft Excel. Электронная таблица дополнена вычислительным блоком, позволяющим произвести расчёт себестоимости перевозки одного пассажира. Интерфейс данного приложения с фрагментом указанной электронной таблицы представлен на рисунке 4.1.

Первым этапом решения задачи построения области эффективного применения транспортных средств заданной пассажировместимости является определение перечня факторов, формирующих данную область и задающих её размерность. Перечень факторов, формирующих определяемую область, выявляется на основе анализа исходных параметров, используемых в расчётной методике.

Исходные параметры, используемые для расчёта целевой функции, определяющей оптимальные структурные параметры парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского наземного

пассажирского транспорта; их средние значения, установленные для транспортной системы города Оренбурга, а также диапазон изменения, представлены в таблице 4.1. Численные значения параметров, представленных в таблице 4.1, характеризуют условия в которых осуществляется транспортный процесс перевозки пассажиров. Данные параметры установлены на основании результатов обследования маршрутов системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга.



<u>Исходные данные</u>	
Годы эксплуатации	12.03.2013-2022
№ Маршрута	12
Протяжённость рейса, км.	15,00
Средняя эксплуатационная скорость, км/ч	18,00
Максимально-допустимый интервал движения автобусов на маршруте в пиковое время, мин	15
Максимально-допустимый интервал движения автобусов на маршруте в межпиковое время, мин	30
Суточная продолжительность пикового периода, час	4,0
Время прохождения одного рейса, час	0,83
Годовой объём перевозок, чел	<b>1 200 000</b>
базовые удельные расходы на содержание службы движения, руб./инвентарная единица автобусов	75 000,00
инвентарное количество автобусов, ед.	11,00
суммарный индекс расходов на содержание службы движения с января 2013 года по планируемый период	1,50
величина среднемесячной номинальной начисленной заработной платы организаций всех отраслей экономики Российской Федерации, руб.	40 000,00
расходы на оплату труда линейного персонала службы движения	36 000,00
запланированный годовой пробег всех автобусов на маршрутах, км	446 760,00
Прочие расходы по обычным видам деятельности в сумме с косвенными расходами в расчете на 1 км пробега	<b>10,02</b>
отношение суммы прочих расходов по обычным видам деятельности и косвенных расходов к переменным расходам	0,78
Себестоимость в расчете на 1 км пробега на маршруте при перевозках автобусами каждой (i-той) машины и модели, руб/км	<b>103,30</b>
Общие затраты, руб.	<b>46 149 249,35</b>
Себестоимость проезда 1 пассажира, руб.	<b>38,46</b>

Рисунок 4.1 – Интерфейс приложения Microsoft Excel с фрагментом электронной таблицы, реализующей разработанную методику расчёта структурных параметров парка и себестоимости перевозки одного пассажира

Таблица 4.1 – Исходные данные в расчёте структурных параметров парка и средней себестоимости перевозки одного пассажира

Наименование параметра	Среднее значение	Диапазон изменения	
		Минимальное значение	Максимальное значение
Протяжённость оборотного рейса, км.	32,8	17,4	50,7
Средняя эксплуатационная скорость, км/ч	19,2	17,1	23,6
Годовой объём перевозок, тыс.чел.	2589,6	41,7	7819,6
Коэффициент неравномерности пассажиропотоков по неделям года	1,23	1,08	1,47
Коэффициент неравномерности пассажиропотоков по дням недели	1,18	1,03	1,31
Коэффициент неравномерности пассажиропотоков по часам рабочей смены	1,34	1,23	1,74
Коэффициент неравномерности пассажиропотоков по участкам маршрута	1,27	1,1	2,14
Удельная стоимость энергоносителя, руб./км. пробега. *	-	7,8	18,9

\* Удельная стоимость энергоносителя характеризует расход энергоносителя в стоимостном выражении, приходящийся на один километр пробега.

Расчёт численного значения данной величины производится по формуле:

$$\beta_{ЭНЕРГ} = \frac{Ц_{1Э} \cdot H_B}{100}, \quad (4.1)$$

где  $Ц_{1Э}$  – стоимость объёмной единицы используемого энергоносителя, руб.;

$H_B$  – базовая норма расхода топлива, ед./100 км;

Для определения значимости перечисленных параметров, произведён расчёт себестоимости перевозки одного пассажира в условиях, характеризуемых крайними значениями исследуемой величины и средними значениями остальных (не исследуемых) параметров. Ранжирование исследуемых параметров произведено в порядке убывания величины расхождения значений себестоимости, соответствующих минимуму и максимуму исследуемого параметра.

Расчёт произведён исходя из условий выполнения перевозок автобусом большого класса городской модификации, работающим на компримированном природном газе (базовая модификация автобуса ЛиАЗ-5292). Результаты расчёта сведены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты ранжирования факторов, определяющих структурные параметры парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского наземного пассажирского транспорта

Наименование параметра	Себестоимость перевозки одного пассажира, руб.			Амплитуда изменения себестоимости перевозки одного пассажира, руб.	Ранг исследуемого параметра
	При минимальном значении исследуемого параметра	При максимальном значении исследуемого параметра			
1	2	3	4	5	
Протяжённость оборотного рейса, км.	19,91	55,58	35,67	2	
Средняя эксплуатационная скорость, км/ч	39,69	31,72	7,97	5	
Годовой объём перевозок, тыс. чел	1373,2	34,88	1338,32	1	
Коэффициент неравномерности пассажиропотоков по неделям года	35,49	39	3,51	7	
Коэффициент неравномерности пассажиропотоков по дням недели	35,49	37,83	2,34	8	

## Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5
Коэффициент неравномерности пассажиропотоков по часам рабочей смены	36,08	40,17	4,09	6
Коэффициент неравномерности пассажиропотоков по участкам маршрута	35,49	44,25	8,76	4
Удельная стоимость энергоносителя, руб./км. пробега.	44,25	54,7	10,45	3

Исходя из полученных результатов, можно сделать предварительный вывод о том, что тремя наиболее значимыми факторами, формирующими размерность области оптимального применения транспортных средств заданной пассажировместимости, являются:

1. Годовой объём перевозок;
2. Протяжённость оборотного рейса;
3. Удельная стоимость энергоносителя, определяемая технологией топливно-энергетического обеспечения.

В соответствии с результатами ранжирования, область эффективного применения транспортных средств различной пассажировместимости определяется трёхмерной поверхностью, построенной в системе координат размерностью «Объём перевозок» - «Протяжённость оборотного рейса» - «Себестоимость перевозки одного пассажира». Третий аргумент исследуемой функции – «Удельная стоимость энергоносителя» определяется реализуемой технологией топливно-энергетического обеспечения, характеризуемой определённым соотношением стоимости и расхода энергоносителя. При этом, целесообразно дополнительно учитывать экологический ущерб. Результаты исследования данного фактора представлены в следующем разделе данной работы.

Диапазон изменения исследуемых факторов соответствует значениям, представленным в таблице 4.1. Значения менее значимых факторов,

представленных в таблице 4.1, приняты равными указанным средним значениям.

Взаимное расположение указанных трёхмерных поверхностей, может быть проиллюстрировано серией графиков (срезов), построенных в одной координатной плоскости для транспортных средств различной пассажировместимости, обслуживающих маршруты заданной протяжённости. Графики отражают зависимость себестоимости перевозки одного пассажира от годового объёма перевозок. Себестоимость перевозки одного пассажира определена без учёта экологического ущерба. Примеры таких графиков приведены на рисунках 4.2 и 4.3.

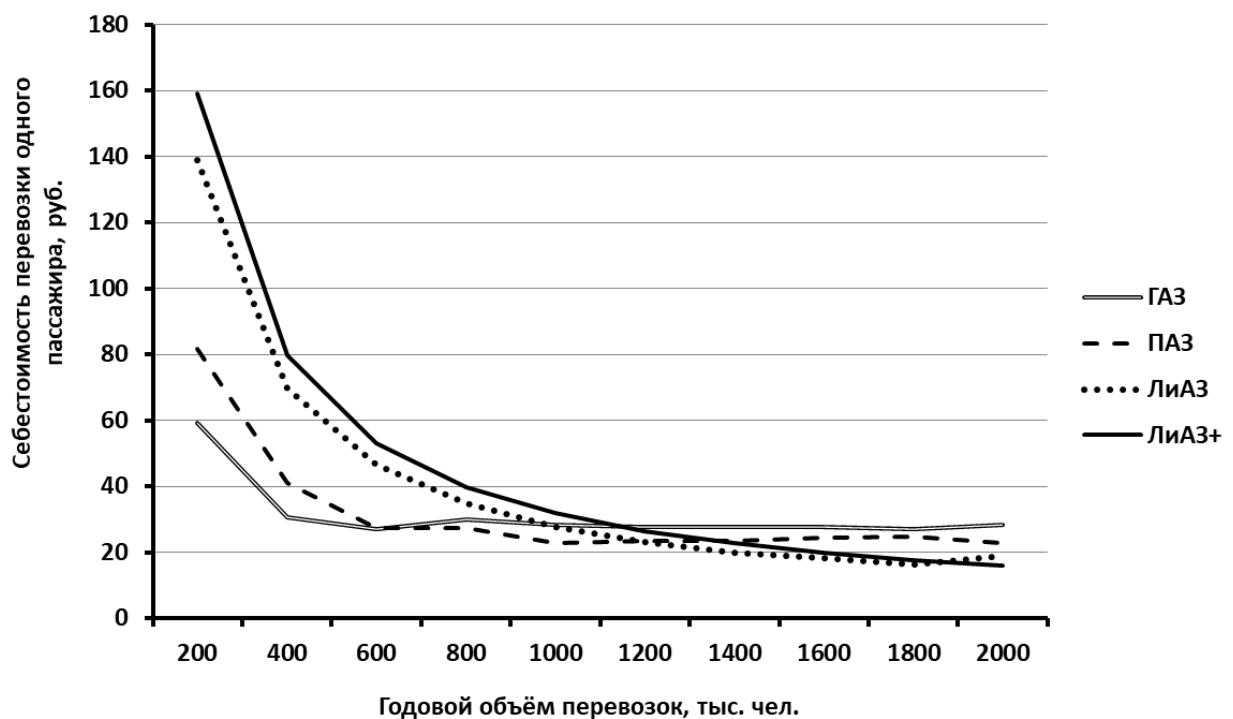


Рисунок 4.2 - Зависимости себестоимости перевозки одного пассажира от годового объёма перевозок для городского маршрута с протяжённостью оборотного рейса 15 км

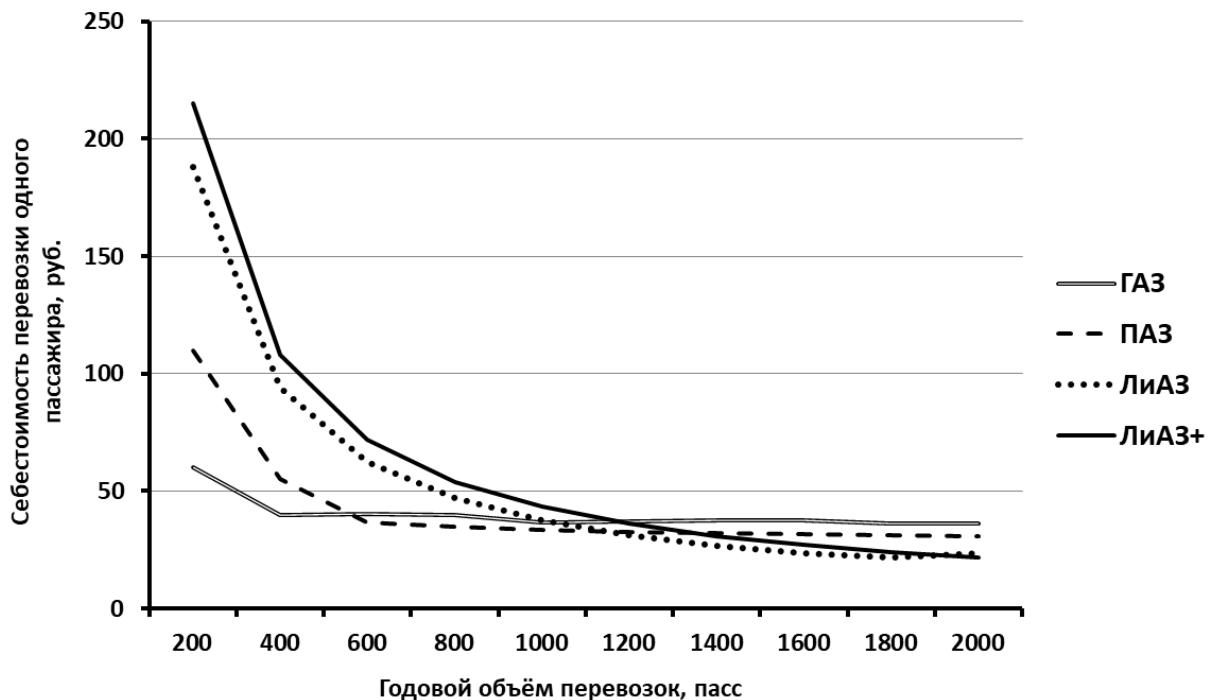
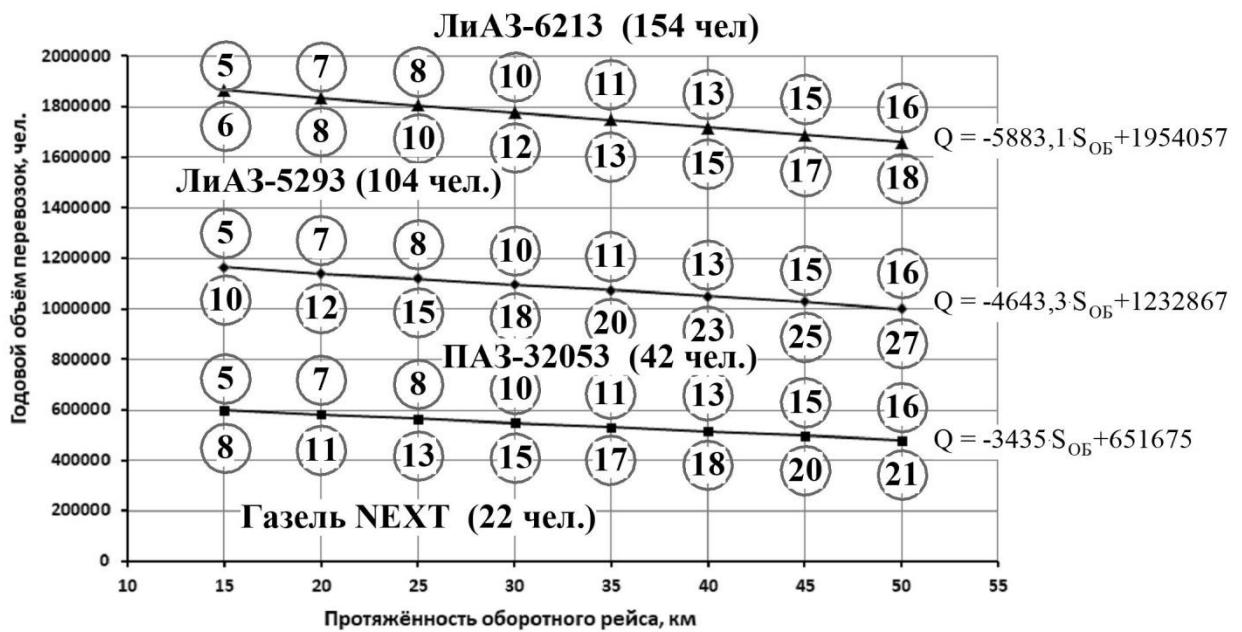


Рисунок 4.3 - Зависимости себестоимости перевозки одного пассажира от годового объёма перевозок для городского маршрута с протяжённостью оборотного рейса 20 км

Расчёт комплексной себестоимости, учитывающей экологический ущерб, определяемый реализуемой технологией топливно-энергетического обеспечения, приведён в последующем разделе работе.

В результате последовательного перебора данных, формирующих исследуемую область оптимального применения транспортных средств различной пассажировместимости (годовой объём перевозок, протяжённость оборотного рейса), получен массив данных, формирующих структурные параметры парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского наземного пассажирского транспорта. Графики, иллюстрирующие полученные данные, представлены на рисунке 4.4.



7) - расчётная численность транспортных средств, закреплённых за маршрутом.

$Q$  - годовой объём перевозок, пасс.;

$S_{об}$  - протяжённость оборотного рейса, км.

Рисунок 4.4 – Структурные параметры парка транспортных средств, определённые исходя из области эффективного применения транспортных средств различной пассажировместимости

Исходя из полученных данных, определены неравенства, формирующие условия применения транспортных средств различной пассажировместимости на маршрутах системы городского наземного пассажирского транспорта. Данные условия формируются неравенствами:

Газель NEXT (22 чел):  $Q < -3435 \cdot S_{об} + 651675$  ;

ПАЗ-32053 (42 чел):  $-4643,3 \cdot S_{об} + 1232867 > Q > -3435 \cdot S_{об} + 651675$  ;

ЛиАЗ-5393 (104 чел):  $-5883,1 \cdot S_{об} + 1954057 > Q > -4643,3 \cdot S_{об} + 1232867$  ;

ЛиАЗ-6213 (154 чел):  $Q > -5883,1 \cdot S_{об} + 1954057$  ;

где  $Q$  – годовой объём перевозок, пасс;

$S_{об}$  – протяжённость оборотного рейса, км.

## 4.2 Закономерности, определяющие формирование структурных параметров парка эксплуатируемых транспортных средств с учётом экологического ущерба

Для оценки энергоэффективности типовых систем энергообеспечения, применяемых в рамках системы городского пассажирского транспорта, проведён анализ информации, содержащейся в ряде источников [110, 158, 199, 204]. Результаты оценки, определённые, как средние значения собранных данных, приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Сравнительный анализ энергоэффективности различных технологий топливно-энергетического обеспечения транспортного процесса (КПД, %)

Звенья энергетической цепи	Стационарная энергетическая установка		Мобильная энергетическая установка
	Непрерывная передача энергии	Дискретная передача энергии	
1	2		3
Преобразование тепловой энергии энергетической установкой		38,4	32,5
Понижающая трансформация		95	-
Передача энергии по линии электропередачи		98	-
Понижающая трансформация		95	-
Передача по кабельной линии		99	-
Преобразование энергии тяговой подстанцией	95	-	-
Передача энергии по контактному проводу	85	-	-

## Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
Преобразование энергии зарядной станцией	-	97	
Заряд и разряд аккумуляторной батареи	-	95	
Преобразование энергии электродвигателем	87	87	-
Передача механической энергии трансмиссией	97	97	85
Передача энергии движителем транспортного средства	98,5	98,5	98,5
Общий КПД передачи	59,2	67,4	83,7
Общий КПД ( $\Sigma$ КПД)	22,9	25,7	27,2

Для выполнения расчёта показателей энергопотребления электротранспортных средств, как с дискретной, так и с непрерывной передачей энергии, приняты следующие исходные данные:

- полная масса транспортного средства (таблица 4.2);
- коэффициент трения качения автомобильного колеса по асфальто-бетонному покрытию – 0,015;
- коэффициент трения качения стального колеса по рельсу – 0,002;
- коэффициент лобового сопротивления транспортных средств – 0,7;
- рельеф местности – равнинный.

Таблица 4.2 – Полная масса рассматриваемых категорий транспортных средств

Категория транспортного средства	Пассажировместимость, чел.	Полная масса, кг.
Электробус	22	6250
	100	18000
	150	26000
Троллейбус	100	18000
	150	26000
Трамвай	150	26000
	175	37000
	200	40000
	250	52000

Расчёт величины энергозатрат на различных этапах ездового цикла производится по формулам 2.50, 2.51, 2.52, 2.53, 2.54.

#### A) Режим разгона.

Сила инерции:

- для электробуса (полная масса 6250 кг), формула 2.51:

$$F_i = 6250 \cdot 0,5 = 3\,125 \text{ H}$$

- для троллейбуса и электробуса (полная масса 18000 кг):

$$F_i = 18000 \cdot 0,5 = 9\,000 \text{ H}$$

- для троллейбуса, электробуса и трамвая (полная масса 26000 кг):

$$F_i = 26000 \cdot 0,5 = 13\,000 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 37000 кг):

$$F_i = 37000 \cdot 0,5 = 18500 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 40000 кг):

$$F_i = 40000 \cdot 0,5 = 20000 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 52000 кг):

$$F_i = 52000 \cdot 0,5 = 26000 \text{ H}$$

Сила трения качения (формула 2.52):

- для электробуса (полная масса 6250 кг):

$$F_i = 6250 \cdot 9,81 \cdot 0,015 = 920 \text{ H}$$

- для троллейбуса и электробуса (полная масса 18000 кг):

$$F_T = 18000 \cdot 9,81 \cdot 0,015 = 2649 \text{ H}$$

- для троллейбуса, электробуса (полная масса 26000 кг):

$$F_i = 26000 \cdot 9,81 \cdot 0,015 = 3826 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 26000 кг):

$$F_i = 26000 \cdot 9,81 \cdot 0,002 = 510 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 37000 кг):

$$F_T = 37000 \cdot 9,81 \cdot 0,002 = 726 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 40000 кг):

$$F_i = 40000 \cdot 9,81 \cdot 0,002 = 785 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 56000 кг):

$$F_i = 56000 \cdot 9,81 \cdot 0,002 = 1099 \text{ H}$$

Сила сопротивления воздуха (средняя скорость в режиме разгона равна половине от максимальной скорости  $V_{CP} = 5,5 \text{ м/с}$ ), формула 2.53:

$$F_B = 0,5 \cdot 0,7 \cdot 6,25 \cdot 1,22 \cdot 5,5^2 = 80 \text{ H}$$

Сила тяги на ведущих колёсах транспортного средства:

- для электробуса (полная масса 6250 кг):

$$F_{KI} = 3125 + 920 + 80 = 4125 \text{ H}$$

- для троллейбуса и электробуса (полная масса 18000 кг):

$$F_{KI} = 9000 + 2649 + 80 = 11729 \text{ H}$$

- для троллейбуса, электробуса (полная масса 26000 кг):

$$F_{KI} = 13000 + 3826 + 80 = 16906 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 26000 кг):

$$F_{KI} = 13000 + 510 + 80 = 13590 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 37000 кг):

$$F_{KI} = 18500 + 726 + 80 = 19306 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 40000 кг):

$$F_{KI} = 20000 + 785 + 80 = 20865 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 52000 кг):

$$F_{KI} = 26000 + 1099 + 80 = 27179 \text{ H.}$$

**В) Режим равномерного движения:**

Сила сопротивления воздуха (средняя скорость движения  $V = 11 \text{ м/с}$ ):

$$F_B = 0,5 \cdot 0,7 \cdot 6,25 \cdot 1,22 \cdot 11^2 = 323 \text{ H}$$

Сила тяги на ведущих колёсах транспортного средства в режиме равномерного движения, исходя из уравнения тягово-скоростного баланса (формула 2.50):

- для электробуса (полная масса 6250 кг):

$$F_{KII} = 920 + 323 = 1243 \text{ H}$$

- для троллейбуса и электробуса (полная масса 18000 кг):

$$F_{KII} = 2649 + 323 = 2972 \text{ H}$$

- для троллейбуса, электробуса (полная масса 26000 кг):

$$F_{KII} = 3826 + 323 = 4149 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 26000 кг):

$$F_{KII} = 510 + 323 = 833 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 37000 кг):

$$F_{KII} = 726 + 323 = 1049 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 40000 кг):

$$F_{KII} = 785 + 323 = 1108 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 52000 кг):

$$F_{KII} = 1099 + 323 = 1422 \text{ H.}$$

**С) Режим торможения:**

Сила инерции (формула 2.51):

- для электробуса (полная масса 6250 кг):

$$F_i = -6250 \cdot 0,5 = -3125 \text{ H}$$

- для троллейбуса и электробуса (полная масса 18000 кг):

$$F_i = -18000 \cdot 0,5 = -9000 \text{ H}$$

- для троллейбуса, электробуса и трамвая (полная масса 26000 кг):

$$F_i = -26000 \cdot 0,5 = -13000 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 37000 кг):

$$F_i = -37000 \cdot 0,5 = -18500 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 40000 кг):

$$F_i = -40000 \cdot 0,5 = -20000 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 52000 кг):

$$F_i = -52000 \cdot 0,5 = -26000 \text{ H}$$

Сила тяги на ведущих колёсах транспортного средства в режиме торможения (уравнение тягово-скоростного баланса, формула 2.50):

- для электробуса (полная масса 6250 кг):

$$F_{KIII} = -3125 + 920 + 80 = -2125 \text{ H}$$

- для троллейбуса и электробуса (полная масса 18000 кг):

$$F_{KIII} = -9000 + 2649 + 80 = -6271 \text{ H}$$

- для троллейбуса, электробуса (полная масса 26000 кг):

$$F_{KIII} = -13000 + 3826 + 80 = -9094 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 26000 кг):

$$F_{KIII} = -13000 + 510 + 80 = -12410 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 37000 кг):

$$F_{KIII} = -18500 + 726 + 80 = -17694 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 40000 кг):

$$F_{KIII} = -20000 + 785 + 80 = -19135 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 52000 кг):

$$F_{KIII} = -26000 + 1099 + 80 = -24821 \text{ H}$$

С учётом того, что при замедлении троллейбуса и трамвая до 30 % энергии поглощается рекуперационным тормозом и передаётся обратно в сеть, усилие на рекуперационном тормозе составит:

- для электробуса (полная масса 6250 кг):

$$F_{KIII} = -2125 \cdot 0,3 = -638 \text{ H}$$

- для троллейбуса и электробуса (полная масса 18000 кг):

$$F_{KIII} = -6271 \cdot 0,3 = -1881 \text{ H}$$

- для троллейбуса, электробуса (полная масса 26000 кг):

$$F_{KIII} = -9094 \cdot 0,3 = -2728 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 26000 кг):

$$F_{KIII} = -12410 \cdot 0,3 = -3723 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 37000 кг):

$$F_{KIII} = -17694 \cdot 0,3 = -5308 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 40000 кг):

$$F_{KIII} = -19135 \cdot 0,3 = -5741 \text{ H}$$

- для трамвая (полная масса 52000 кг):

$$F_{KIII} = -24821 \cdot 0,3 = -7446 \text{ H}$$

Время разгона транспортного средства от нуля до  $V = 40$  км/ч ( $V = 11,1$  м/с):

$$t_p = \frac{V}{a} = \frac{11,1}{0,5} = 22 \text{ с.}$$

Расстояние, преодолеваемое за время разгона:

$$S_p = \frac{a \cdot t_p^2}{2} = \frac{0,7 \cdot 22^2}{2} = 170 \text{ м.}$$

Поскольку торможение осуществляется с аналогичным заземлением, то время торможения составляет 22 секунды. За данное время транспортное средство преодолевает расстояние 170 метров.

Таким образом, расстояние, преодолеваемое в режиме равномерного движения, составит:

$$S_{a=0} = S_{II} - S_p \cdot 2 = 700 - 170 \cdot 2 = 360 \text{ м}$$

где  $S_{II}$  – длина перегона между остановочными пунктами, м.

Время на преодоление расстояния в 360 метров со скоростью 40 км/ч (11 м/с) составит:

$$t_{a=0} = S_{a=0} / V = 360 / 11,1 = 33 \text{ с.}$$

Общее время преодоления перегона между остановками:

$$t = 33 + 22 \cdot 2 = 77 \text{ с.}$$

Средняя скорость движения транспортного средства на перегоне между остановками:

$$V_{CP} = \frac{700}{77} = 9 \text{ м/с} = 32 \text{ км/ч.}$$

Среднее время преодоления одного километра пути:

$$t_1 = \frac{1000}{V_{CP}} = \frac{1000}{9} = 111 \text{ с} = 0,0308 \text{ ч.}$$

Работа, совершаяя силой, определяется, как произведение модуля данной силы на перемещение (формула 2.49). Следовательно, работа по перемещению пассажирского транспортного средства на расстояние 1 километр составит (формула 2.54):

- для электробуса (полная масса 6250 кг):

$$A_{1KM} = \frac{4125 \cdot 170 + 1243 \cdot 360 - 638 \cdot 170}{0,7} = 1486100 \text{ Дж;}$$

- для троллейбуса и электробуса (полная масса 18000 кг):

$$A_{1KM} = \frac{11729 \cdot 170 + 2972 \cdot 360 - 1881 \cdot 170}{0,7} = 3920114 \text{ Дж;}$$

- для троллейбуса, электробуса (полная масса 26000 кг):

$$A_{1KM} = \frac{16906 \cdot 170 + 4149 \cdot 360 - 2728 \cdot 170}{0,7} = 5577000 \text{ Дж;}$$

- для трамвая (полная масса 26000 кг):

$$A_{1KM} = \frac{13590 \cdot 170 + 833 \cdot 360 - 3723 \cdot 170}{0,7} = 2824671 \text{ Дж;}$$

- для трамвая (полная масса 37000 кг):

$$A_{1KM} = \frac{19306 \cdot 170 + 1049 \cdot 360 - 5308 \cdot 170}{0,7} = 3939000 \text{ Дж;}$$

- для трамвая (полная масса 40000 кг):

$$A_{1KM} = \frac{20865 \cdot 170 + 1108 \cdot 360 - 5741 \cdot 170}{0,7} = 4242800 \text{ Дж;}$$

- для трамвая (полная масса 52000 кг):

$$A_{1KM} = \frac{27179 \cdot 170 + 1422 \cdot 360 - 7446 \cdot 170}{0,7} = 5523614 \text{ Дж.}$$

Количество энергии, генерируемой стационарной энергетической установкой для обеспечения перемещения транспортного средства на 1 км (формула 3.5):

- для электробуса (полная масса 6250 кг):

$$E_{\text{ЭЛЕК } 1} = \frac{1486100}{0,674} = 2204896 \text{ Дж} = 0,593 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для троллейбуса (полная масса 18000 кг):

$$E_{\text{ТОПЛ } 1} = \frac{3920114}{0,592} = 6621814 \text{ Дж} = 1,781 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для электробуса (полная масса 18000 кг):

$$E_{\text{ЭЛЕКТ } 2} = \frac{3920114}{0,674} = 5816192 \text{ Дж} = 1,563 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для троллейбуса (полная масса 26000 кг):

$$E_{\text{ТОПЛ}} = \frac{5577000}{0,592} = 9420608 \text{ Дж} = 2,532 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для электробуса (полная масса 26000 кг):

$$E_{\text{ТОПЛ}} = \frac{5577000}{0,674} = 8274481 \text{ Дж} = 2,224 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для трамвая (полная масса 26000 кг):

$$E_{\text{ТОПЛ}} = \frac{2824671}{0,592} = 4771404 \text{ Дж} = 1,282 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для трамвая (полная масса 37000 кг):

$$E_{\text{ТОПЛ}} = \frac{3939000}{0,592} = 6653716 \text{ Дж} = 1,788 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для трамвая (полная масса 40000 кг):

$$E_{\text{ТОПЛ}} = \frac{4242800}{0,592} = 7166891 \text{ Дж} = 1,927 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для трамвая (полная масса 52000 кг):

$$E_{\text{ТОПЛ}} = \frac{5523614}{0,592} = 9330429 \text{ Дж} = 2,508 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Доля энергии, генерируемой за счёт преобразования тепла, образующегося при сгорании топлива (формула 3.6):

- для электробуса (полная масса 6250 кг):

$$E_{\Sigma} = 0,593 \cdot 0,6073 = 0,36 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для троллейбуса (полная масса 18000 кг):

$$E_{\Sigma} = 1,781 \cdot 0,6073 = 1,082 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для электробуса (полная масса 18000 кг):

$$E_{\Sigma} = 1,563 \cdot 0,6073 = 0,949 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для троллейбуса (полная масса 26000 кг):

$$E_{\Sigma} = 2,532 \cdot 0,6073 = 1,538 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для электробуса (полная масса 26000 кг):

$$E_{\Sigma} = 2,224 \cdot 0,6073 = 1,351 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для трамвая (полная масса 26000 кг):

$$E_{\Sigma} = 1,282 \cdot 0,6073 = 0,779 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для трамвая (полная масса 37000 кг):

$$E_{\Sigma} = 1,788 \cdot 0,6073 = 1,086 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для трамвая (полная масса 40000 кг):

$$E_{\Sigma} = 1,927 \cdot 0,6073 = 1,17 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

- для трамвая (полная масса 52000 кг):

$$E_{\Sigma} = 2,508 \cdot 0,6073 = 1,523 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Результаты выполненных расчётов сведены в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Показатели энергопотребления электротранспортных средств различных классов и пассажировместимости

Категория транспортного средства	Пассажиро-вместимость, чел.	Энергопотребление, кВт·ч/км	Энергия, генерируемая тепловыми электростанциями, кВт·ч/км
1	2	3	4
Электробус	22	0,593	0,36
	100	1,563	0,949
	150	2,224	1,351
Троллейбус	100	1,781	1,082
	150	2,532	1,538

## Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
Трамвай	150	1,282	0,779
	175	1,605	0,975
	200	1,927	1,17
	250	2,508	1,523

Годовой фонд времени работы тепловой электростанции (формула 3.7):

$$T_{год} = 365 \cdot 24 \cdot 0,98 = 8585 \text{ часов}$$

Исходя из полученного значения, с учётом данных, представленных в таблице 1.1, определены средние удельные часовые выбросы тепловой электростанции, использующей в качестве топлива природный газ, и удельные выбросы на 1 кВт·ч вырабатываемой энергии. Полученные расчётные величины представлены в таблице 4.2.

Исходя из данных, представленных в таблице 4.2 и приведённых выше результатов расчёта, определены удельные выбросы токсичных веществ, генерируемых тепловой электростанцией, работающей на природном газе (в единой энергетической системе Российской Федерации), производимые при выработке электроэнергии, необходимой для совершения одного километра пробега различных видов пассажирского электротранспорта. Указанные значения удельных выбросов представлены в таблице 4.3.

На основании полученных значений удельных выбросов токсичных веществ тепловой электростанции, представленных в таблице 4.3, произведён расчёт удельных выбросов токсичных веществ, производимых тепловой электростанцией при выработке электроэнергии, необходимой для совершения одного километра пробега различных категорий пассажирского электротранспорта. Результаты расчёта представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.3 – Удельные выбросы токсичных веществ тепловой электростанции, использующей в качестве топлива природный газ, мощностью 1000 МВт

Вид выбросов / объём израсходованного топлива	Объём, тонн	Часовой выброс (расход), кг	Удельный выброс на 1 кВт·ч, кг
Объём расходуемого топлива (метан)	$1,9 \cdot 10^9$ м <sup>3</sup> /год	221 316 м <sup>3</sup> /час	0,221 м <sup>3</sup>
Сернистые газы (SO <sub>X</sub> )	12	1,4	$1,4 \cdot 10^{-6}$
Окислы азота (NO <sub>X</sub> )	12080	1 407	0,0014
Твердые частицы (сажа)	450	52,42	$5,24 \cdot 10^{-5}$
Двуокись углерода (CO <sub>2</sub> )	$3,8 \cdot 10^6$	442 632	0,443

Таким образом, получены данные, необходимые для оценки экологического ущерба, образуемого в результате эксплуатации различных категорий электротранспортных средств.

Таблица 4.4 - Удельные выбросы токсичных веществ, производимых тепловой электростанцией при выработке электроэнергии, необходимой для совершения одного километра пробега различных видов пассажирского электротранспорта

Вид выбросов / объём израсходованного топлива	Удельный выброс на 1 кВт·ч, г	Удельный выброс на 1 км пробега, г							
		Электробус		Троллейбус		Трамвай			
		22 чел	100 чел	150 чел	100 чел	150 чел	150 чел	175 чел	200 чел
Объём топлива (метан)	0,221 м <sup>3</sup>	0,1311 м <sup>3</sup> /км	0,3454 м <sup>3</sup> /км	0,4915 м <sup>3</sup> /км	0,3936 м <sup>3</sup> /км	0,5596 м <sup>3</sup> /км	0,2833 м <sup>3</sup> /км	0,3951 м <sup>3</sup> /км	0,4259 м <sup>3</sup> /км
Сернистые газы (SO <sub>X</sub> )	0,0014	0,0008	0,0022	0,0031	0,0025	0,0035	0,0018	0,0025	0,0027
Оксиды азота (NO <sub>X</sub> )	1,4	0,8302	2,1882	3,1136	2,4934	3,5448	1,7948	2,5032	2,6978
Твердые частицы (сажа)	0,0524	0,0311	0,0819	0,1165	0,0933	0,1327	0,0672	0,0937	0,1010
Диоксид углерода (CO <sub>2</sub> )	443	262,7	692,4	985,2	789,0	1121,7	567,9	792,1	853,7
									1111,0

На основе полученных данных определены области эффективного применения рассматриваемых категорий транспортных средств. Данные

области определяются трёхмерной поверхностью, построенной в системе координат размерностью «Объём перевозок» - «Протяжённость оборотного рейса» - «Комплексный показатель эффективности транспортного процесса».

Расчёт численных значений экологического ущерба произведён по формуле 2.4. Численные значения расчётных параметров, принятые в соответствии данными, представленными в методике определения предотвращённого экологического ущерба, утверждённой Государственным комитетом Российской Федерации по охране окружающей среды [37], представлены в таблице 4.5. Показатель эколого-экономической оценки удельного ущерба от загрязнения атмосферного воздуха принятый для Поволжского экономического региона, имеет значение  $Y_{УД} = 49,3$  р./ усл.т по состоянию на 1.01.1998 года. Пересчёт данного значения выполнен исходя из коэффициента инфляции между периодом с 1998 до 2023 г., имеющим значение 2022,8 %. По состоянию на январь 2023 года  $Y_{УД} = 997,2$  р./ усл.т.

Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха для Поволжского экономического региона:  $k_{\Theta} = 1,9$ . [142]

Таблица 4.5 – Значения коэффициентов относительной эколого-экономической опасности загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух [37]

Загрязняющие вещества	Коэффициент относительной эколого-экономической опасности ( $k_i$ )
Оксид углерода (CO)	0,4
Оксиды азота (NO <sub>X</sub> )	16,5
Углеводороды (CH)	0,7
Сернистые газы (SO <sub>X</sub> )	20,0
Твёрдые частицы (сажа)	2,7

Расчёт численных значений суммарного ущерба от выброса парниковых газов производится при помощи формулы 2.8. Величина удельного экологического ущерба от поступления в атмосферный воздух

одной тонны углекислого газа, в соответствии с постановлением правительства РФ о размере ставок за превышение квот на выбросы парниковых газов, составляет 1000 рублей за тонну CO<sub>2</sub>. Единый коэффициент удельного сокращения выбросов парниковых газов, определяемый с учетом цели достижения углеродной нейтральности субъекта Российской Федерации для объединённой энергетической системы Урала имеет значение 0,568.

### **4.3 Результаты аналитических исследований технологических и технико-экономических параметров функционирования структурных элементов зарядно-заправочной инфраструктуры**

**4.3.1 Результаты аналитических исследований структурных параметров инвестиционных вложений на создание инфраструктурного объекта топливно-энергетического обеспечения**

В процессе выполнения аналитических исследований, направленных на определение структурных параметров инвестиционных вложений на создание инфраструктурного объекта топливно-энергетического обеспечения, реализован сравнительный подход. По результатам исследования получены данные, представленные в таблице 4.4.

На основе анализа представленных данных, структурные составляющие инвестиционных вложений можно разделить на три группы:

- инвестиционные вложения, объём которых не определяется количественными характеристиками инфраструктурного объекта (количество точек обслуживания и накопителей энергоносителя);
- инвестиционные вложения, на объём которых влияют количественные характеристики инфраструктурного объекта, но зависимость, характеризующая это влияние, не имеет линейный характер;
- инвестиционные вложения, объём которых пропорционально зависит от количественных характеристик инфраструктурного объекта.

Таблица 4.4 – Численные значения структурных параметров инвестиций на создание инфраструктурных объектов топливно-энергетического обеспечения, тыс. руб.

Структурные параметры инвестиций	Вид технологии топливно-энергетического обеспечения				
	Жидкое топливо (бензин, диз. топливо)	Сжиженный углеводородный газ (смесь пропана и бутана)	Компримированный природный газ (метан)	Сжиженный природный газ (криогенная технология)	Электроэнергия, дискретное потребление
Разработка проектной и документации	2000	2200	3500	12000	230
Экспертиза на соответствие требований промышленной безопасности	150	150	150	1000	150
Затраты на приобретение (отчуждение) земельного участка	4200	4600	4200	5250	1575
Подготовка и планировка земельного участка, строительство фундамента, обустройство территории	3087,5	3276	2657,5	3870	525
Подвод коммуникаций	850	850	1280	2760	150
Строительство, отделка и обустройство помещений	600	600	600	1200	-
Приобретение монтаж и наладка оборудования, в том числе:					
- накопители для хранения энергоносителя	$R \cdot 525$	$R \cdot 750$	17850	61200	-
- раздаточные (заправочные) устройства	$e \cdot 50$	$e \cdot 85$	$e \cdot 20$	$e \cdot 2000$	$e \cdot 2000$
- системы производственной и экологической безопасности	165	420	385	4950	65
- информационно-коммуникационное и расчётно-кассовое оборудование.	60	60	60	60	30

$R$  – количество накопителей;

$e$  – количество точек обслуживания.

К первой категории отнесены затраты на выполнение следующих видов работ:

- Разработка проектной документации;
- Экспертиза на соответствие требований промышленной безопасности;
- Строительство, отделка и обустройство помещений;
- Приобретение и монтаж информационно-коммуникационного и расчётно-кассового оборудования.

Ко второй категории отнесены:

- Затраты на приобретение (отчуждение) земельного участка;
- Подготовка и планировка земельного участка, строительство фундамента, подвод коммуникаций, обустройство территории;
- Приобретение и монтаж систем производственной и экологической безопасности.

К третьей категории отнесены:

- Затраты на приобретение и монтаж накопителей для хранения энергоносителя;
- затраты на организацию точек обслуживания (приобретение и монтаж раздаточных (заправочных) устройств).

В относительном выражении структура инвестиционных вложений отражена на диаграмме, представленной на рисунке 4.1.

Аналитические исследования, выполненные для изучения характера влияния количества точек обслуживания, проектируемого инфраструктурного объекта, на объём инвестиций, необходимых для его создания, позволили получить зависимости, представленные на рисунке 4.2.

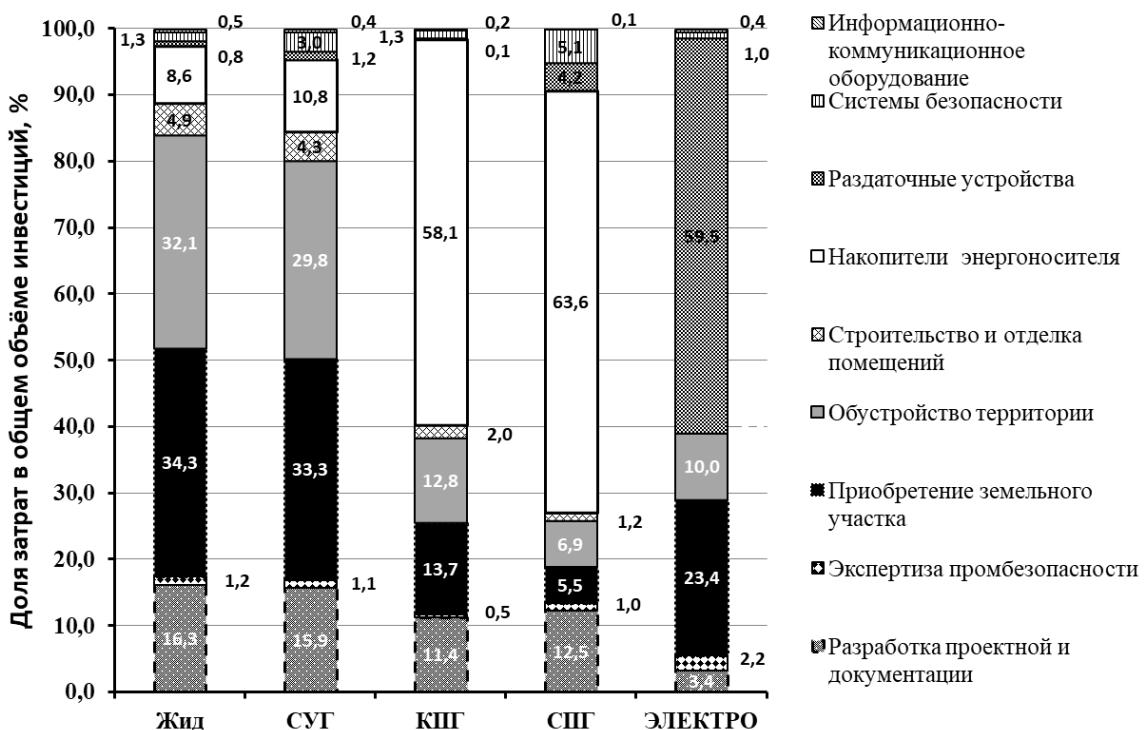


Рисунок 4.1 – Структура инвестиционных вложений на строительство инфраструктурного объекта топливно-энергетического обеспечения различными видами энергоносителей (2 точки обслуживания, 2 накопителя )

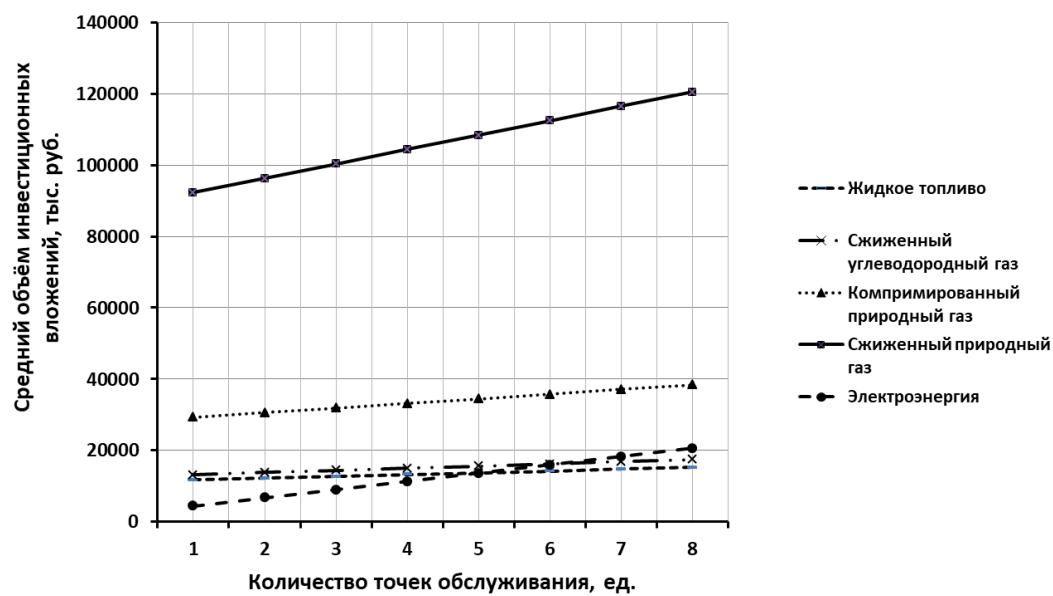


Рисунок 4.2 – Зависимость среднего объема инвестиционных вложений на создание инфраструктурного объекта топливно-энергетического обеспечения от количества точек обслуживания для различных видов энергоносителей

Итоговые математические выражения, характеризующие зависимость объёма инвестиционных вложений от количественных параметров инвестиционных вложений имеют вид:

- жидкое топливо:  $K = 525 \cdot R + 50 \cdot e + 11112,5;$
- сжиженный углеводородный газ:  $K = 750 \cdot R + 85 \cdot e + 12156;$
- компримированный природный газ:  $K = 20 \cdot e + 30682,5;$
- сжиженный природный газ:  $K = 2000 \cdot e + 92290;$
- электроэнергия:  $K = 2000 \cdot e + 2725;$

где  $R$  – количество накопителей энергоносителя, ед.;

$e$  – количество точек обслуживания ед.

#### 4.3.2 Результаты анализа технологических характеристик инфраструктурных объектов топливно-энергетического обеспечения

Проведённый обзор источников и технической документации позволил выявить, что существующие раздаточные устройства жидких топлив (бензин, дизельное топливо) имеют различную производительность, определяемую их назначением и преимущественным типом заправляемых транспортных средств. Численные значения, характеризующие скорость заправки данными видами заправочных устройств, находятся в пределах от 50 до 200 л/мин.

Скорость заправки заправочных устройств на инфраструктурных объектах, реализующих сжиженный углеводородный газ, определяется: производительностью используемого насоса; температурой окружающей среды; регулировочными и конструктивными параметрами газовой арматуры транспортного средства; составом газовой смеси; противодавлением газовой смеси в баллоне заправляемого транспортного средства. Скорость заправки газовым видами топлив, как правило, является не постоянной величиной и меняется в процессе заправки. На основе анализа технической документации,

содержащей информацию о технических характеристиках рассматриваемого типа газозаправочных станций, можно сделать заключение о том, что на практике скорость заправки изменяется в пределах от 58 до 100 л/мин. В рамках предварительных расчётов можно принять, среднее значение скорости заправки из указанного диапазона (80 л/мин).

Названные особенности в той или иной степени характерны для других рассматриваемых типов газозаправочных систем, предназначенных для раздачи компримированного и сжиженного природного газа.

Установлено, что скорость раздачи компримированного природного газа зависит от типа используемого разъёмного устройства. Для заправки легковых автомобилей применяются устройства типа NGV-1. Для повышения скорости заправки грузовых автомобилей и автобусов применяют устройства NGV-2 с увеличенным проходным сечением.

При применении устройства NGV-1 скорость заправки находится в пределах от 0,4 до 3,8 м<sup>3</sup>/мин. Средняя скорость заправки составляет  $\bar{v} = 2,1 \text{ м}^3/\text{мин.}$

При применении устройства NGV-2 скорость заправки находится в пределах от 1,6 до 17,6 м<sup>3</sup>/мин. Средняя скорость заправки составляет  $\bar{v} = 9,6 \text{ м}^3/\text{мин.}$

Для сжиженного природного газа скорость заправки, при её выполнении с открытым дренажом, изменяется в пределах от 3 до 34 л/мин, в зависимости от степени заполнения баллона. Средняя скорость заправки составляет  $\bar{v} = 18 \text{ л/мин.}$  [45]

Для технологий, предполагающих использование в качестве энергоносителя электроэнергию, скорость накопления энергии на борту транспортного средства зависит от: электротехнических и мощностных характеристик зарядной станции; ёмкости и технического состояния заряжаемой батареи; степени разряженности заряжаемой аккумуляторной батареи.

В настоящее время существует несколько международно признанных

стандартов, классифицирующих авто-зарядные станции по мощности, по зарядным режимам и по типам разъёмов.

В основу Европейской классификации положен стандарт IEC 61851. Данный стандарт положен в основу при разработке отечественного стандарта ГОСТ Р МЭК 61851-1-2013 «Система токопроводящей зарядки для электромобилей» [46]. В соответствии с основными положениями данных стандартов, все зарядные станции разделяются на четыре вида в зависимости от реализуемого зарядного режима.

Параметры, определяющие характеристики данных режимов, приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Параметры зарядных режимов в соответствии со стандартами IEC 61851 и ГОСТ Р МЭК 61851-1-2013 [46]

Наименование режима	Параметры режима	
	Наименование параметра	Значения
Режим 1	Вид тока	Переменный
	Сила тока, А	до 16
	Напряжение, В	220-240
	Мощность, кВт	2-4
Режим 2	Вид тока	Переменный
	Сила тока, А	до 32
	Напряжение, В	220-240
	Мощность, кВт	7-8
Режим 3	Вид тока	Переменный
	Сила тока, А	до 250-400
	Напряжение, В	400-600
	Мощность, кВт	до 240
Режим 4	Вид тока	Постоянный
	Сила тока, А	до 400
	Напряжение, В	до 600
	Мощность, кВт	до 240

Режим 1 реализуется зарядными устройствами, подключаемыми к бытовой электросети.

Для реализации режима 2 необходимо зарядное устройство,

подключаемое к отдельной линии, обеспечивающей электропитание с силой тока до 32 А. В зарядном кабеле таких устройств необходимо наличие встроенной системы защиты.

Режим 3 – это быстрая зарядка высоким напряжением и током. При этом, зарядное устройство может быть подключено к типовой трёхфазной промышленной сети электроснабжения.

Режим 4 – по параметрам близок третьему режиму, но требует наличие внешнего источника постоянного тока.

Американская классификация отличается от европейской (отечественной) системы. В этой системе предусмотрено разделение уровня (Level). AC Level1 является аналогом «Режим-1», но в два раза уступает в мощности из-за напряжения в 110 В в американской сети. AC Level2 сопоставим с «Режим-2», но максимальный ток может достигать 80 А. Для быстрой зарядки американским стандартом предусмотрены два уровня с постоянным током: DC Level1 (до 1000 В и 80 кВт) и DC Level2 (до 1000 В и 400 кВт).

Учитывая высокую электроёмкость накопителей энергии электротранспортных средств (75 - 150 кВт·ч), используемых в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта, и необходимость обеспечения зарядки в период отстоя на конечных пунктах, для построения инфраструктуры электроэнергетического обеспечения целесообразно использовать зарядные устройства, реализующие 3 и 4 режим (по американскому стандарту DC Level1 и DC Level2).

Как было отмечено выше, скорость зарядки большинства накопителей электроэнергии во многом определяется степенью его разряженности. Данная зависимость иллюстрируется графиком, представленным на рисунке 4.3.

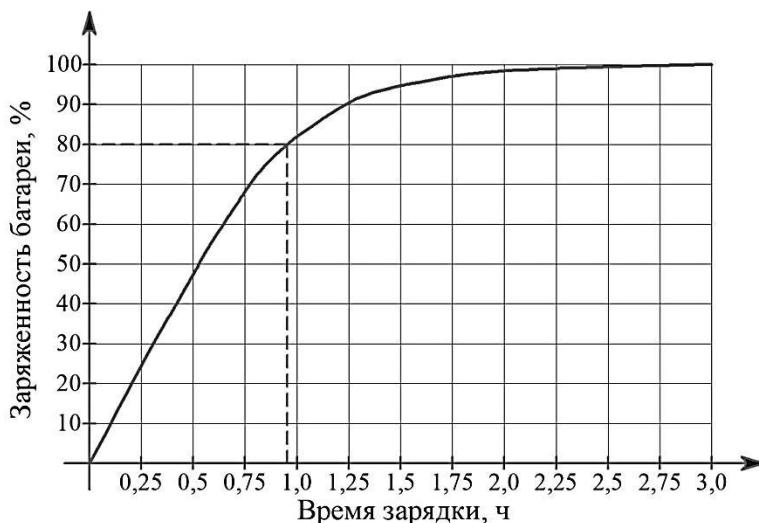


Рисунок 4.3 – Зависимость изменения заряженности аккумуляторной батареи от времени

Как видно из представленного графика, скорость зарядки кратно падает после достижения уровня заряженности батареи более 80 %. Исходя из этого, максимальная производительность зарядной станции обеспечивается при заполнении ёмкости аккумуляторной батареи до уровня 80 % от максимума.

Исходя из обозначенных условий, при использовании зарядной станции, реализующей третий или четвёртый зарядный режим, обеспечивающие скорость накопления энергии около 4 кВт·ч/мин [204], в интервале от 0 до 80 % от номинальной ёмкости батареи, определена зависимость, позволяющая определить расчётное время зарядки электротранспортного средства, эксплуатируемого в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта:

$$t_1 = \frac{0,8 \cdot V_3}{V_3} + t_{II}, \quad (4.1)$$

где  $V_3$  – электроёмкость аккумуляторной батареи, кВт·ч;

$V_3$  – средняя скорость зарядки, кВт·ч/мин;

$t_{II}$  – время на подключение транспортного средства к зарядной станции и отключения от зарядки.

Полученные по результатам аналитического исследования значения скоростей пополнения запаса энергоносителя на борту транспортного средства, установленные для различных технологий топливно-энергетического обеспечения, приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Скорости пополнения запаса энергоносителя на борту транспортного средства, установленные для различных технологий топливно-энергетического обеспечения

Вид энергоносителя	Тип раздаточного устройства	Средняя скорость пополнения запаса энергоносителя
Бензин, диз. топливо	-	80 л/мин
Сжиженный углеводородный газ	-	18 л/мин
Компримированный природный газ	NGV-1	2,1 м <sup>3</sup> /мин
	NGV-2	9,6 м <sup>3</sup> /мин
Сжиженный природный газ	-	18 л/мин
Электроэнергия, дискретное потребление	Устройства, реализующие третий или четвёртый зарядный режимы при зарядке до 80 % от ёмкости батареи	4 кВт·ч/мин

4.3.3 Результаты исследования эксплуатационных затрат на функционирование инфраструктурных объектов топливно-энергетического обеспечения

Структура эксплуатационных затрат на содержание инфраструктурных объектов топливно-энергетического обеспечения приведена в разделе 3.3.3. Ниже приведены результаты исследования объёма затрат по данным расходным статьям.

**Фонд оплаты труда персонала.** На основе анализа типовых технологических процессов приёмки, хранения и раздачи рассматриваемых видов энергоносителей, определён минимально-необходимый состав персонала инфраструктурных объектов топливно-энергетического

обеспечения. Данные о составе персонала представлены в таблице 4.7. В этой же таблице приведены затраты на оплату труда рассматриваемых категорий персонала (формула 3.8), по состоянию на середину 2023 года, для Оренбургской области.

Таблица 4.7 – Структурный состав и затраты на оплату труда персонала инфраструктурных объектов

Вид энергоносителя	Состав персонала		Средне- месячная заработная плата, руб.	Годовой фонд оплаты труда, руб.
	Должность	Кол-во		
Бензин, дизельное топливо	Управляющий	1	60 714	1 043 309
	Мастер-технолог	1	43 570	748 707
	Оператор АЗС	5	35 000	3 007 200
	Уборщик	1	18 000	309 312
	ИТОГО	9		5 417 840
Сжиженный углеводородный газ;  Компримиро- ванный природный газ	Управляющий	1	60 714	1 043 309
	Мастер-технолог	1	43 570	748 707
	Оператор-кассир	5	23 000	1 976 160
	Наполнитель газовых баллонов	5	30 000	2 577 600
	Уборщик	1	18 000	309 312
Сжиженный природный газ	ИТОГО	14		6 964 400
	Мастер-технолог	1	55 000	945 120
Электроэнергия	Уборщик	1	18 000	309 312
	ИТОГО	2		1 254 432

Структурный состав и фонд оплаты труда персонала, обеспечивающего функционирование инфраструктурного объекта, можно считать постоянной величиной, не зависящей от состава, состояния и интенсивности эксплуатации оборудования инфраструктурного объекта.

**Затраты на амортизацию основных фондов инфраструктурного объекта.** Методика расчёта затрат на амортизацию основных фондов приведена в разделе 3.3.3. Результаты проведённого анализа стоимости основных фондов инфраструктурного объекта приведены в таблице 4.4.

Результаты расчёта объёма амортизационных отчислений на восстановление основных фондов, входящих в состав инфраструктурных объектов, осуществляющих реализацию рассматриваемых видов энергоносителей, приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Структура затрат на амортизацию основных фондов, входящих в состав инфраструктурных объектов, осуществляющих реализацию рассматриваемых видов энергоносителей, тыс. руб.

Группа основных фондов	Срок полезного использования, лет	Вид энергоносителя				
		Бензин, диз. топливо	Сжиженный углеводородный газ	Компримированный природный газ	Сжиженный природный газ	Электроэнергия
Здания и сооружения	30	20	20	20	40	-
Коммуникации	10	85	85	128	276	15
Технологическое оборудование						
Накопители энергоносителя	10	$R \cdot 52,5$	$R \cdot 75$	1785	6120	-
Раздаточные устройства	7	$e \cdot 7$	$e \cdot 12$	$e \cdot 2,9$	$e \cdot 286$	$e \cdot 286$
Оборудование систем безопасности	15	11	28	26	330	4,3
Информационно-коммуникационное оборудование	7	8,6	8,6	8,6	8,6	4,3
ИТОГО		184,1	228,6	1970,5	7060,6	309,6

На основе данных, представленных в таблице 3.7, получены выражения для расчёта объёма амортизационных отчислений на восстановление основных фондов инфраструктурного объекта, тыс.руб.:

- жидкое топливо:  $A = 52,5 \cdot R + 7 \cdot e + 124,6$ ;
- сжиженный углеводородный газ:  $A = 75 \cdot R + 12 \cdot e + 141,6$ ;
- компримированный природный газ:  $A = 2,9 \cdot e + 1967,6$ ;
- сжиженный природный газ:  $A = 286 \cdot e + 6774,6$ ;

- электроэнергия:  $A = 286 \cdot e + 23,6$ .

Полученные выражения необходимы для выполнения практических расчётов, в рамках разработанного методологического подхода к определению оптимальных структурных параметров системы городского наземного пассажирского транспорта.

**Затраты на обслуживание и ремонт оборудования инфраструктурного объекта.** В предыдущем разделе диссертационной работы установлено, что объём затрат по данной затратной статье может быть определён, как процентная доля от средней стоимости технологического оборудования инфраструктурного объекта. Информация о средней стоимости оборудования инфраструктурных объектов, осуществляющих реализацию рассматриваемых видов энергоносителей, приведена в таблице 4.4. Данные, полученные на основе такого анализа, приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Затраты на обслуживание и ремонт оборудования инфраструктурного объекта

Вид энергоносителя	Средняя стоимость оборудования, тыс. руб.	Доля затрат на обслуживание и ремонт, %. (от средней стоимости оборудования)	Годовые затраты на обслуживание и ремонт оборудования, тыс. руб.
1	2	3	4
Бензин, диз. топливо	$C_{OB} = 525 \cdot R + 50 \cdot e + 225$	18,7	$Z_{rem} = 98,2 \cdot R + 9,4 \cdot e + 42,1$
Сжиженный углеводородный газ	$C_{OB} = 750 \cdot R + 85 \cdot e + 480$	12,9	$Z_{rem} = 96,8 \cdot R + 11 \cdot e + 61,9$
Компримирован- ный природный газ	$C_{OB} = 20 \cdot e + 18295$	3,4	$Z_{rem} = 0,68 \cdot e + 622$
Сжиженный природный газ	$C_{OB} = 2000 \cdot e + 66210$	2,6	$Z_{rem} = 52 \cdot e + 1721,5$
Электроэнергия, дискретное потребление	$C_{OB} = 2000 \cdot e + 95$	3,8	$Z_{rem} = 76 \cdot e + 3,6$

**Затраты на страхование.** Нормативно-правовые основы, определяющие порядок страхования опасных производственных объектов, к числу которых отнесены ряд инфраструктурных объектов, осуществляющих топливно-энергетическое обеспечение транспортной системы, приведены в разделе 3.3.3 данной диссертационной работы. В том же разделе представлена методика расчёта затрат на страхование. Результаты расчёта, выполненного в соответствии с действующими нормативами (выражение 3.10), сведены в таблицу 4.10.

Инфраструктурные объекты, осуществляющие зарядку электротранспортных средств, в соответствии с действующим законодательством, не относятся к категории опасных производственных объектов, подлежащих обязательному страхованию.

Затраты на страхование не зависят от состава, состояния и интенсивности эксплуатации оборудования инфраструктурного объекта. Исходя из этого, данная затратная статья включена в категорию постоянных затрат.

Таблица 4.10 – Затраты на страхование инфраструктурных объектов, реализующих рассматриваемые виды энергоносителей

Вид энергоносителя	Страховая сумма, млн. руб.	Базовая ставка страхового тарифа, %	Коэффициент, учитывающий страховые случаи в предыдущем периоде страхования	Коэффициент, учитывающий уровень безопасности объекта	Страховой взнос, руб.
Бензин, диз. топливо	20	0,034	0,7	0,8	4000
Сжиженный углеводородный газ	37,5	0,045	0,7	0,9	11000
Компримированный природный газ	37,5	0,045	0,7	0,9	11000
Сжиженный природный газ	37,5	0,045	0,7	0,95	11220

**Коммунальные платежи.** Для выполнения практических расчётов объёмов коммунальных платежей, производимых инфраструктурным объектом, определены параметры электропотребления объектом, расположенным в зоне умеренного климата Российской Федерации. Выполнен анализ технических характеристик топливораздаточных и накопительных устройств типового зарядно-заправочного оборудования. При выполнении расчётов принят круглосуточный режим работы инфраструктурного объекта при семидневной рабочей неделе ( $T_{Год} = 8\ 760$  час). Полученные расчётные данные приведены в таблице 4.11.

Для зарядной станции, реализующей электроэнергию, расходуемую для зарядки накопителей электротранспортных средств, принято допущение, что зарядная станция, установлена на освещённой площадке, работает без оператора в автономном режиме, без строительства помещения для персонала.

С учётом данных таблиц 4.7 и 4.11, а так же тарифов на электроэнергию, водоснабжение и водоотведение, определены итоговые выражения для расчёта затрат на оплату коммунальных услуг. Данные выражения представлены в таблице 4.12. В расчётах приняты следующие значения тарифов на коммунальные услуги: электроэнергия – 8,1 р/(кВт·ч); водоснабжение – 33,6 р/м<sup>3</sup>; водоотведение – 20,97 р/м<sup>3</sup>.

Таблица 4.11 – Типовые параметры энергопотребления инфраструктурных объектов, реализующих рассматриваемые виды энергоносителей

Вид энергоносителя	Группа электропотребителей					Годовой расход электроэнергии, кВт·ч
		Суммарная мощность электропотребителей, кВт	Коэффициент полноты загрузки по времени ( $K_T$ )	Коэффициент полноты загрузки по мощности ( $K_N$ )	Удельный расход электроэнергии на единицу реализуемого энергоносителя, кВт·ч/ед.	
Бензин, диз. топливо	I	7,0	0,5	0,6	-	$W_{ГОД} = 36879,6 + 0,08 \cdot V_{\mathcal{E}}^*$
	II	6,2	0,4	0,85	-	
	III	7,6	-	-	0,08	
Сжиженный углеводородный газ	I	7,0	0,5	0,6	-	$W_{ГОД} = 36879,6 + 0,02 \cdot V_{\mathcal{E}}^*$
	II	6,2	0,4	0,85	-	
	III	1,2	-	-	0,02	
Компримированный природный газ	I	7,0	0,5	0,6	-	$W_{ГОД} = 36879,6 + 0,23 \cdot V_{\mathcal{E}}^*$
	II	6,2	0,4	0,85	-	
	III	14,3	-	-	0,23	
Сжиженный природный газ	I	7,0	0,5	0,6	-	$W_{ГОД} = 36879,6 + 0,29 \cdot V_{\mathcal{E}}^*$
	II	6,2	0,4	0,85	-	
	III	16,7	-	-	0,29	
Электроэнергия	I	-	-	-	-	$W_{ГОД} = 16381,2$
	II	5,5	0,4	0,85	-	
	III	-	-	-	-	

\*  $V_{\mathcal{E}}$  – объём реализуемого энергоносителя, ед.

Таблица 4.12 – Итоговые выражения для расчёта коммунальных услуг инфраструктурным объектом

Вид энергоносителя	Годовое количество человеко-смен, ед.	Выражение для расчёта затрат на оплату коммунальных услуг, руб./год
Бензин, диз. топливо	1980	$Z_{КОМ} = 301417,6 + 0,65 \cdot V_{ГОД}$ *
Сжиженный углеводородный газ	3080	$Z_{КОМ} = 302913,6 + 0,16 \cdot V_{ГОД}$ *
Комprimированный природный газ	3080	$Z_{КОМ} = 302913,6 + 1,86 \cdot V_{ГОД}$ *
Сжиженный природный газ	3080	$Z_{КОМ} = 302913,6 + 2,35 \cdot V_{ГОД}$ *
Электроэнергия	440	$Z_{КОМ} = 133286,1$

\*  $V_{ГОД}$  – годовой объём реализуемого энергоносителя, ед.

**Проверка и калибровка оборудования и средств измерения.** Средняя стоимость услуг по калибровке накопителей и поверке раздаточных устройств инфраструктурных объектов, определена на основе результатов мониторинга стоимости данных услуг, оказываемых аккредитованными организациями на территории региона. В процессе проведения аналитического исследования использован описанный выше сравнительный подход. Результаты исследования представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Результаты анализа затрат на выполнение работ по калибровке и поверке оборудования и средств измерения инфраструктурных объектов

Вид энергоносителя	Затраты на поверку измерительных устройств точки обслуживания, руб.	Затраты на калибровку накопителей энергоресурсов, руб.	Выражение для расчёта общей величины затрат, тыс. руб.
1	2	3	4
Бензин, диз. топливо	12900	10500	$Z_{МЕТР} = 10,5 \cdot R + 12,9 \cdot e$
Сжиженный углеводородный газ	12900	12750	$Z_{МЕТР} = 12,75 \cdot R + 12,9 \cdot e$

## Продолжение таблицы 4.13

1	2	3	4
Компримированный природный газ	13200	-	$Z_{METP} = 13,2 \cdot e$
Сжиженный природный газ	14100	12750	$Z_{METP} = 12,75 \cdot R + 14,1 \cdot e$
Электроэнергия	4300	-	$Z_{METP} = 4,3 \cdot e$

**Охрана объекта.** Результаты мониторинговых исследований рынка охранных услуг на территории города Оренбург позволили определить среднюю величину ежемесячных затрат по данной расходной статье (по состоянию на начало второго квартала 2023 года).  $Z_{OXP} = 85000$  руб./мес. Годовые затраты на охрану инфраструктурного объекта, исходя из установленного размера ежемесячных выплат, составляют:

$$Z_{OXP, \text{год}} = 1\ 020\ 000 \text{ руб./год.}$$

Электрозарядная станция не является опасным производственным объектом и не требует выделенных затрат на организацию охраны.

**Вывоз твёрдых бытовых отходов, уборка и озеленение территории.** Затраты по данной статье определены на основе данных, предоставленных региональным оператором по обращению с твёрдыми коммунальными отходами, осуществляющим свою деятельность на территории Оренбургской области - ООО «Природа». По данным оператора, установленный размер затрат по данной статье (по состоянию на начало второго квартала 2023 года) составляет:  $Z_{OTX} = 23000$  руб/год. Производственный процесс функционирования электрозарядных станций не предполагает образование и вывоз твёрдых бытовых отходов.

**Банковские услуги, обслуживание процессингов.** Расчёт затрат по данной расходной статье производится по формуле 3.13.

В процессе мониторинга процентных ставок, определяющих размер оплаты банковских услуг, установлено среднее значение данной ставки - 1,3 % от оборота денежных средств. Итоговые выражения для расчёта затрат

на оплату банковских услуг, определённые с учётом стоимости рассматриваемых видов энергоносителей, приведены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Выражения для расчёта затрат на оплату банковских услуг

Вид энергоносителя	Цена объёмной единицы энергоносителя	Выражение для расчёта затрат на оплату коммунальных услуг, руб./год
Дизельное топливо	58,9 р/л	$Z_{БАНК} = V_{ГОД} \cdot 0,766$
Сжиженный углеводородный газ	24,9 р/л	$Z_{БАНК} = V_{ГОД} \cdot 0,324$
Компримированный природный газ	19,98 р/м <sup>3</sup>	$Z_{БАНК} = V_{ГОД} \cdot 0,26$
Сжиженный природный газ	35 р/л	$Z_{БАНК} = V_{ГОД} \cdot 0,455$
Электроэнергия	15 р/кВт	$Z_{БАНК} = V_{ГОД} \cdot 0,195$

**Налоговые платежи и сборы.** Основные положения, определяющие объём данного вида затратных статей, приведены в разделе 3.3.3. Розничная цена объёмных единиц рассматриваемых видов энергоносителей представлена в таблице 4.14. Закупочные цены определены, как среднее значение коммерческих предложений оптовых организаций реализующих рассматриваемые виды энергоносителей на территории Оренбургской области и соседних регионов:

- дизельное топливо – 47,85 руб./л;
- сжиженный углеводородный газ - 14,2 руб./л;
- компримированный природный газ – 13,3 руб./м<sup>3</sup>;
- сжиженный природный газ – 23,3 руб./л;
- электроэнергия – 8,1 руб./кВт.

Результаты аналитического исследования и полученные по его результатам зависимости, позволяющие произвести расчёт общих затрат на выплату налоговых платежей и сборов приведены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Налоговые платежи и сборы, руб.

Вид энергоносителя	Акцизный сбор	Налог на имущество	Земельный налог	Налог на прибыль	Итоговое выражение
Дизельное топливо	$11,56 \cdot V_{ГОД}$	90750	63000	$2,21 \cdot V_{ГОД}$	$13,77 \cdot V_{ГОД} + 153750$
Сжиженный углеводород- ный газ	$9,57 \cdot V_{ГОД}$	94520	69000	$2,1 \cdot V_{ГОД}$	$11,67 \cdot V_{ГОД} + 163520$
Компримиро- ванный природный газ	-	90750	63000	$1,34 \cdot V_{ГОД}$	$1,34 \cdot V_{ГОД} + 153750$
Сжиженный природный газ	-	156600	78750	$2,3 \cdot V_{ГОД}$	$2,3 \cdot V_{ГОД} + 235350$
Электроэнер- гия	-	13500	23625	$1,4 \cdot V_{ГОД}$	$1,4 \cdot V_{ГОД} + 37125$

Суммированием выражений, представленных в данном разделе, получены итоговые формулы для расчёта годовых эксплуатационных затрат на содержание инфраструктурного объекта, осуществляющего реализацию рассматриваемого вида энергоносителя. Полученные формулы приведены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Итоговые выражения для расчёта годовых эксплуатационных затрат на содержание заправочной (зарядной) станции

Вид энергоносителя	Итоговое выражение для расчёта годовых эксплуатационных затрат
Дизельное топливо	$\Sigma Z_{ЭКС} = 161200 \cdot R + 29300 \cdot e + 15,186 \cdot V_{ГОД} + 7086708$
Сжиженный углеводородный газ	$\Sigma Z_{ЭКС} = 173075 \cdot R + 35900 \cdot e + 12,154 \cdot V_{ГОД} + 8688334$
Компримированный природный газ	$\Sigma Z_{ЭКС} = 16780 \cdot e + 3,46 \cdot V_{ГОД} + 11064664$
Сжиженный природный газ	$\Sigma Z_{ЭКС} = 12750 \cdot R + 352100 \cdot e + 5,105 \cdot V_{ГОД} + 17052984$
Электроэнергия	$\Sigma Z_{ЭКС} = 80300 \cdot e + 1,595 \cdot V_{ГОД} + 7448011$

## **4.4 Результаты исследования факторов, определяющих структурные параметры производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта**

### **4.4.1 Описание выборки исследуемых предприятий**

Аналитические и экспериментальные исследования, направленные на определение численных значений факторов, оказывающих ключевое влияние на структурные параметры производственно-технической базы, обеспечивающей поддержание подвижного состава в исправном состоянии, проведены на выборке предприятий системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга.

По состоянию на период проведения исследования, перевозка пассажиров по регулярным маршрутам системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга осуществлялась 8 предприятиями-перевозчиками, обладающими собственной производственно-технической базой.

Краткая характеристика выборки предприятий-перевозчиков, обладающих собственной производственно-технической базой, представлена в таблице 4.17.

**Таблица 4.17 – Характеристика предприятий-перевозчиков, включённых в исследуемую выборку**

Параметр предприятия	Предприятия-перевозчики							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество обслуживаемых маршрутов, ед.	12	8	3	2	5	8	4	3
Численность транспортных средств, ед	126	286	62	81	90	166	51	58
Общий годовой пробег транспортных средств, тыс. км.	5670	13454	3253	3705	4633	8694	2721	2629

## Продолжение таблицы 4.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Общая трудоёмкость работ по ТО и ремонту транспортных средств, чел.-ч.	33215	70962	21074	15566	33080	56505	11435	18764

Структурный состав производственно-технической базы данных предприятий отражён в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Структурный состав производственно-технической базы предприятий-перевозчиков, включённых в исследуемую выборку

Наименование производственного подразделения	Предприятия-перевозчики							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зона ТО-1	V	V	V	V	V	V	V	V
Зона ТО-2	V	V	V	V	V	V	V	V
Участок диагностики		V				V		
Зона постовых разборочно-сборочных работ ТР	V	V	V	V	V	V	V	V
Маллярный участок	V	V				V		
Сварочно-жестяницкий участок	V	V			V	V		
Моторный участок (с обкаткой)	V				V	V		
Агрегатный участок	V	V			V	V		
Слесарно-механический участок	V					V		
Электротехнический участок	V	V			V	V		
Аккумуляторный участок	V	V	V		V	V		
Участок топливной аппаратуры	V	V						
Шиномонтажный участок (объединённый с вулканизационным)	V	V			V	V		

#### 4.4.2 Результаты анализа технико-экономических показателей функционирования производственно-технической базы выборки предприятий

В отношении каждого из предприятий-перевозчиков проведён анализ технико-экономических показателей функционирования производственно-технической базы. По результатам анализа определены показатели, необходимые для проведения технико-экономического расчёта в соответствии с разработанной методикой:

- удельная стоимость зданий промышленного назначения, руб./ $m^3$ ;
- удельные затраты на содержание зданий и сооружений, руб./ $m^3$ .

Полученные результаты приведены таблице 4.19.

Таблица 4.19 – Результаты анализа стоимости и затрат на содержание зданий и сооружений

Предприятие-перевозчик	Удельная стоимость зданий промышленного назначения, руб./ $m^3$	Удельные затраты на содержание зданий и сооружений, руб./ $m^3$
№ 1	4339,6	177,92
№ 2	4276,9	136,86
№ 3	4590,4	151,48
№ 4	4535,3	176,88
№ 5	4088,8	114,49
№ 6	4563,5	142,3
№ 7	3876,2	167,8
№ 8	4294,5	158,4
Среднее значение	4320,6	151,65

Одним из условий достоверности полученных данных является однородность исследуемой выборки. В качестве критерия однородности, определяющего уровень энергопотребления производственных подразделений, принят коэффициент механизации производства. Данный коэффициент определяется, как отношение объёма работ, выполняемого с использованием механизированного инструмента, к общему объёму работ.

В ходе мониторинга технологических процессов, реализуемых на производственных подразделениях выборки исследуемых предприятий, были получены данные, необходимые для расчёта коэффициента механизации. На основе полученных данных, при помощи программного продукта Statistica, определены статистические параметры коэффициента механизации, как случайной величины. В таблице 4.20 представлен диапазон изменения коэффициентов механизации, определённых для исследуемых производственных подразделений.

Таблица 4.20 - Диапазон изменения коэффициента механизации на исследуемых производственных подразделениях

Производственные участки	Диапазон изменения
Зона ТО-1	0,05 - 0,16
Зона ТО-2	0,08 - 0,23
Участок диагностики	0,89 - 0,91
Зона постовых разборо-сборочных работ ТР	0,16 - 0,38
Малярный участок	0,12 - 0,29
Сварочно-жестяницкий участок	0,54 - 0,61
Моторный участок (с отделением обкатки)	0,12 - 0,24
Агрегатный участок	0,09 - 0,18
Слесарно-механический участок	0,84 - 0,87
Электротехнический участок	0,26 - 0,30
Аккумуляторный участок	0,09 - 0,11
Участок топливной аппаратуры	0,71 - 0,75
Шиномонтажный участок (объединённый с вулканизационным)	0,44 - 0,65

Исходя из диапазона установленных значений коэффициентов механизации, и определяемых им значений коэффициента вариации, можно сделать заключение об однородности исследуемой выборки.

#### 4.4.3 Результаты исследования постоянных затрат на функционирование производственных подразделений

К группе постоянных затрат отнесены затратные статьи, величина которых не зависит от объёма выполняемых работ, а определяется только

состоянием производства. Постоянные затраты определены, как сумма следующих слагаемых: амортизационные отчисления на восстановление зданий; затраты на содержание и ремонт производственных помещений; амортизационные отчисления на полное восстановление оборудования, отнесённого к основным фондам.

На основе результатов анализа типовых технологических процессов, реализуемых на исследуемых производственных подразделениях, определён перечень необходимого технологического оборудования и производственного инвентаря, относимого к основным фондам. На основе полученных данных, произведён расчёт величины годовых амортизационных отчислений на полное восстановление сформированных комплектов оборудования.

Исходя из результатов анализа типовых планировочных решений, с учётом суммарной площади пола, занимаемой оборудованием, определена типовая площадь производственных помещений.

Совокупные результаты выполненного аналитического исследования позволили определить значения постоянных затрат – составляющей сметы затрат на производство, не зависящей от объёма выполняемых работ. Значения получены исходя из условия комплектования рассматриваемых производств минимально-необходимым набором технологического оборудования и производственного инвентаря. Полученные значения постоянных затрат, для рассматриваемых производственных подразделений, представлены в таблице 4.21.

Таблица 4.21 – Результаты аналитического исследования постоянных затрат на содержание подразделений производственно-технической базы

Производственное подразделение	Стоимость здания, руб.	Затраты на амортизацию зданий, руб.	Затраты на ремонт и содержание производственных помещений, тыс. руб.	Амортизационные отчисления на восстановление оборудования, руб.	ИТОГО: Постоянные затраты, руб.
Зона ТО-1	3785560	94639	130980	146971	372590
Зона ТО-2	3785560	94639	130980	190139	415758
Участок диагностики	3785560	94639	130980	699008	924627
Зона постовых разборо-сборочных работ ТР	1992400	94639	130980	246075	471694
Малярный участок	7544793	188621	261051	128328	578000
Сварочно-жестяницкий участок	4243946	106098	146840	145314	398252
Моторный участок (с отделением обкатки)	3615214	90381	125087	1075176	1290644
Агрегатный участок	2187584	54690	75692	336467	466849
Слесарно-механический участок	3143664	78592	108771	1183050	1370413
Электротехнический участок	558874	13973	29005	154892	197870
Аккумуляторный участок	628733	15719	21753	36488	73960
Участок топливной аппаратуры	1169716	29243	40472	198503	268218
Шиномонтажный участок (объединённый с вулканизационным)	1348468	33712	46658	176379	256749

4.4.4 Результаты исследования затрат на содержание производственно-технической базы не пропорционально зависящих от объёма выполняемых работ.

К обозначенной категории отнесены затратные статьи, определяемые объёмом выполняемых работ, но зависимость от объёма работ имеет не линейный характер. В рассматриваемую категорию включены: затраты на формирование фонда оплаты труда непроизводственного и общехозяйственного персонала; затраты на вспомогательные материалы; затраты на содержание и ремонт технологического оборудования; прочие (накладные) расходы. Для выявления зависимостей, определяющих характер влияния объёма работ по обслуживанию и ремонту транспортных средств на величину обозначенных выше затратных статей, был проведён анализ финансовой деятельности предприятий-перевозчиков, включённых в исследуемую выборку.

Объём затратных статей, не имеющих привязки к производственным подразделениям (затраты, производимые в целом по предприятию) разделены по подразделениям пропорционально распределению объёма выполняемых работ. Определённое по результатам мониторинга производственной деятельности предприятий-перевозчиков, распределение объёмов выполняемых работ по видам представлено в таблице 4.22.

Таблица 4.22 – Распределение объёмов работ по обслуживанию и ремонту транспортных средств по видам

Виды работ (производственные подразделения)	Доля от общей трудоёмкости работ по поддержанию транспортных средств в исправном состоянии, %
1	2
Зона ТО-1	10,3
Зона ТО-2	12,7
Участок диагностики	3,2
Зона постовых разборо-сборочных работ ТР	20,6
Маллярный участок	5,3
Сварочно-жестяницкий участок	8,0

## Продолжение таблицы 4.22

1	2
Моторный участок (с отделением обкатки)	5,3
Агрегатный участок	8
Слесарно-механический участок	4
Электротехнический участок	4
Аккумуляторный участок	1,3
Участок топливной аппаратуры	2,7
Шиномонтажный участок (объединённый с вулканизационным)	3,4
Всего	88,8

Для получения достоверных данных, позволяющих определить характер зависимостей затрат нелинейно зависящих от объёма выполняемых работ выборка исследуемых предприятий была расширена. Кроме предприятий – перевозчиков, обслуживающих регулярные маршруты системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга, в выборку включено десять транспортных предприятий, обладающих собственной производственно-технической базой и эксплуатирующих парк транспортных средств численностью от 50 до 250 единиц.

Аналогичные исследования были проведены Г.А. Шахалевичем, их результаты отражены в диссертационной работе данного автора [203]. Указанное исследование проведено более десяти лет назад, представленные в данной работе данные во многом устарели и нуждаются в уточнении.

По результатам исследования, проведённого в отношении расширенной выборки исследуемых предприятий, получен массив данных, на основе аппроксимации которых получены зависимости отражающие влияние объёма выполняемых работ на суммарную величину затрат, отнесённых к исследуемой группе. Достоверность аппроксимации полученных зависимостей находится в пределах от 0,902 до 0,989. Данные зависимости приведены в таблице 4.23.

Таблица 4.23 – Функциональные зависимости затрат на производство, не имеющих пропорциональной зависимости от объёма выполняемых работ

Виды работ (производственные участки)	Функциональная зависимость
Зона ТО-1	$Z_2 = 6485,2 \cdot (T^{0,5115})$
Зона ТО-2	$Z_2 = 16994,7 \cdot (T^{0,4983})$
Участок диагностики	$Z_2 = 40756,8 \cdot (T^{0,2963})$
Зона постовых разборо-сборочных работ ТР	$Z_2 = 256,28 \cdot (T^{0,8554})$
Малярный участок	$Z_2 = 32829,3 \cdot (T^{0,3238})$
Сварочно-жестяницкий участок	$Z_2 = 8109,6 \cdot (T^{0,4992})$
Моторный участок (с отделением обкатки)	$Z_2 = 18065,7 \cdot (T^{0,4907})$
Агрегатный участок	$Z_2 = 8173 \cdot (T^{0,5024})$
Слесарно-механический участок	$Z_2 = 4285,7 \cdot (T^{0,6522})$
Электротехнический участок	$Z_2 = 2140,1 \cdot (T^{0,5891})$
Аккумуляторный участок	$Z_2 = 20159 \cdot (T^{0,2109})$
Участок топливной аппаратуры	$Z_2 = 221,3 \cdot (T^{0,9878})$
Шиномонтажный участок (объединённый с вулканизационным)	$Z_2 = 515 \cdot (T^{0,767})$

Таким образом, определены параметры необходимые для моделирования затрат на содержание производственных подразделений, обеспечивающих выполнение работ по поддержанию эксплуатируемых транспортных средств в исправном состоянии.

#### 4.4.5 Результаты исследования затрат, имеющих линейную зависимость от объёма работ по ТО и ремонту транспортных средств

К рассматриваемой категории отнесены: затраты на электроэнергию и другие виды энергоносителей; затраты на оплату труда основного производственного персонала.

Для определения объёмов потребляемой электроэнергии и других видов энергоносителей, проведён мониторинг работ, выполняемых на производственных подразделениях предприятий, включённых в исследуемую выборку. В процессе мониторинговых исследований, методом хронометражных замеров была определена трудоёмкость работ, выполняемых с использованием механизированного оборудования и

инструмента. Мониторинговыми исследованиями предусмотрено определение номинальной мощности используемых потребителей электроэнергии и расход энергии при их использовании.

Результаты мониторинга представлены в таблице 4.24.

Таблица 4.24 – Результаты исследования показателей энергопотребления подразделений производственно-технической базы транспортных предприятий

Наименование производственного подразделения	Удельные затраты на энергоносители, руб./чел.-ч.	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/чел.-ч.	Удельные затраты на электроэнергию, руб./чел.-ч.
Зона ТО-1	0,80	0,146	1,183
Зона ТО-2	3,83	0,16	1,3
Участок диагностики	17,6	2,465	19,97
Зона постовых разборо-сборочных работ ТР	0,85	0,112	0,91
Малярный участок	3,4	2,143	17,36
Сварочно-жестяницкий участок	3,5	1,587	12,85
Моторный участок (с отделением обкатки)	48,07	0,907	7,35
Агрегатный участок	5,5	0,552	4,47
Слесарно-механический участок	8,05	1,81	14,66
Электротехнический участок	10,43	0,977	7,91
Аккумуляторный участок	0,15	2,124	17,2
Участок топливной аппаратуры	16,9	0,475	3,85
Шиномонтажный участок (объединённый с вулканизационным)	7,25	1,332	10,79

В процессе исследования затрат на оплату труда персонала основного производства, на транспортных предприятиях, включённых в исследуемую выборку, определены: средние значения часовых тарифных ставок; средние

квалификационные разряды персонала; существующие доплаты и премиальные выплаты.

Среднечасовые тарифные ставки ремонтных рабочих для транспортных предприятий города Оренбурга, по состоянию на 2023 год имеют следующие значения:

- третий разряд - 85,64 руб.;
- четвёртый разряд - 98,25 руб.;
- пятый разряд - 107,14 руб.;
- шестой разряд - 120,16 руб.

Для расчёта затрат на формирование фонда заработной платы рабочих основного производства рассматриваемых производственных подразделений транспортных предприятий, по результатам аналитических исследований, проведённых на выборке предприятий, определены средние разряды производственных рабочих, средние значения часовых тарифных ставок и коэффициентов доплат. Результаты данного исследования приведены в таблице 4.25.

Таблица 4.25 – Результаты анализа данных для расчёта затрат на оплату труда производственных рабочих

Участок	Средний разряд производственных рабочих	Средняя часовая тарифная ставка рабочих основного производства, руб.	Средняя величина коэффициента доплат
1	2	3	4
Зона ТО-1	3,2	88,16	2,87
Зона ТО-2	3,8	95,73	2,87
Участок диагностики	4,2	100,03	3,08
Зона постовых разборо-сборочных работ ТР	4,1	99,14	2,75
Малярный участок	4,3	100,92	3,28

## Продолжение таблицы 4.25

1	2	3	4
Сварочно-жестяницкий участок	4,0	98,25	3,28
Моторный участок (с отделением обкатки)	4,1	99,14	3,15
Агрегатный участок	4,1	99,14	3,0
Слесарно-механический участок	4,5	102,7	3,2
Электротехнический участок	4,0	98,25	2,85
Аккумуляторный участок	3,0	85,64	3,28
Участок топливной аппаратуры	4,5	102,7	3,28
Шиномонтажный участок (объединённый с вулканизационным)	3,4	90,68	3,1

Полученные данные послужили основой для определения зависимостей рассматриваемой категории затрат на содержание производственных подразделений, от объёма выполняемых работ. Полученные зависимости сведены в таблицу 4.26.

Таблица 4.26 - Результаты исследования затрат, имеющих линейную зависимость от объёма работ по ТО и ремонту транспортных средств

Участок	Расчётная формула*
1	2
Зона ТО-1	$Z_3 = 255 \cdot T$
Зона ТО-2	$Z_3 = 276,2 \cdot T$
Участок диагностики	$Z_3 = 330,5 \cdot T$
Зона постовых разборо-сборочных работ ТР	$Z_3 = 273,6 \cdot T$
Маярный участок	$Z_3 = 350,5 \cdot T$
Сварочно-жестяницкий участок	$Z_3 = 336,7 \cdot T$

## Продолжение таблицы 4.26

1	2
Моторный участок (с отделением обкатки)	$Z_3 = 320,5 \cdot T$
Агрегатный участок	$Z_3 = 302,4 \cdot T$
Слесарно-механический участок	$Z_3 = 345,1 \cdot T$
Электротехнический участок	$Z_3 = 288,9 \cdot T$
Аккумуляторный участок	$Z_3 = 300,2 \cdot T$
Участок топливной аппаратуры	$Z_3 = 341,2 \cdot T$
Шиномонтажный участок (объединённый с вулканизационным)	$Z_3 = 293,2 \cdot T$

\* $Z_3$  – сумма затрат пропорционально зависящих от объёма выполняемых работ, руб.;

$T$  – трудоёмкость, выполняемых работ, н-час.

Предложенный концептуальный подход к определению оптимальных структурных параметров производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта предполагает, что целесообразность включения производственного подразделения в состав производственно-технической базы предприятия определяется исходя из соотношения общих затрат на его содержание и затрат на оплату услуг сервисного предприятия при отказе от содержания данного производственного подразделения.

Для расчёта объёма затрат на оплату услуг сервисного предприятия определена средняя стоимость нормо-часа, услуг сервисных предприятий города Оренбурга по рассматриваемому перечню работ по обслуживанию и ремонту автотранспортных средств. Установленные по результатам исследования значения средней стоимости нормо-часа оказываемых услуг приведены в таблице 4.27.

Таблица 4.27 – Анализ стоимости сервисных услуг по ТО и ремонту автотранспортных средств предприятий Екатеринбурга и Свердловской области

Производственные подразделения	Средняя стоимость нормо-часа сервисных услуг, руб.
Зона ТО-1	962
Зона ТО-2	994
Участок диагностики	1049
Зона постовых разборо - сборочных работ ТР	994
Малярный участок	1052
Сварочно-жестяницкий участок	1032
Моторный участок (с отделением обкатки)	1022
Агрегатный участок	996
Слесарно-механический участок	1027
Электротехнический участок	991
Аккумуляторный участок	998
Участок топливной аппаратуры	1025
Шиномонтажный участок (объединённый с вулканизационным)	962

Полученные данные (таблица 4.27) являются основой для определения оптимальных структурных параметров производственно-технической базы системы городского пассажирского транспорта.

4.4.6 Расчёт значений объёмов работ, определяющих целесообразность включения производственных подразделений в состав производственно-технической базы автотранспортных предприятий.

Минимальный объём работ, определяющий целесообразность включения производственного подразделения в состав производственно-технической базы транспортного предприятия, определяется равенством затрат на содержание данного подразделения затратам на оплату услуг сервисного предприятия, выполняющего аналогичные виды работ. Данное условие для регламентных работ технического обслуживания описывается выражением 2.93, для работ текущего ремонта выражением 2.94.

Составленное с учётом нормативных значений показателей технической эксплуатации транспортных средств, данные выражения позволяют произвести расчёт минимальной численности транспортных средств определяющей целесообразность содержания на АТП рассматриваемых производственных подразделений.

При рассмотрении в качестве аргумента численности транспортных средств, при известных прочих параметрах, выражения 2.93 и 2.94 превращаются в уравнения, решение которых позволяет определить минимальные значения численности транспортных средств, определяющие целесообразность включения рассматриваемых производственных подразделений в состав производственно-технической базы транспортного предприятия.

Промежуточным результатом, полученным в ходе реализации предложенного подхода, являются минимальные объёмы работ, определяющие целесообразность включения производственных подразделений в состав производственно-технической базы автотранспортного предприятия. Полученные значения минимальных объёмов работ приведены в таблице 4.28.

Таблица 4.28 – Значения минимальных объёмов работ, определяющие целесообразность включения производственных подразделений в состав производственно-технической базы автотранспортного предприятия

Производственные подразделения	Годовой объём работ, чел.-ч.
1	2
Зона ТО-1	2072
Зона ТО-2	1091
Участок диагностики	2520
Зона постовых разборо - сборочных работ ТР	1036
Малярный участок	2014
Сварочно-жестяницкий участок	1276
Моторный участок (с отделением обкатки)	4803
Агрегатный участок	14441

## Продолжение таблицы 4.28

1	2
Слесарно-механический участок	4417
Электротехнический участок	1058
Аккумуляторный участок	736
Участок топливной аппаратуры	875
Шиномонтажный участок (объединённый с вулканизационным)	675

Применительно к исследуемой системе городского пассажирского транспорта, проведён расчёт минимальной численности транспортных средств, определяющих целесообразность содержания рассматриваемых производственных подразделений на базе автотранспортного предприятия.

В качестве параметров, описывающих условия эксплуатации, приняты значения, характерные для эксплуатации транспортных средств на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта. Принятые в расчёте значения, характеризующие условия эксплуатации, приведены в таблице 4.29.

Таблица 4.29 – Параметры эксплуатации транспортных средств в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта

Эксплуатационный параметр	Значение
Среднесуточный пробег $l_{CC}$ , км	186
Количество рабочих дней в году ДРГ, дни	365
Коэффициент выпуска транспортных средств на линию ( $\alpha_B$ )	0,85
Годовой пробег транспортного средства, обслуживающего маршрут городского пассажирского транспорта, км.	57706

Наиболее распространёнными моделями транспортных средств, обслуживающими маршруты городского пассажирского транспорта большинства городов Российской Федерации являются автобусы семейств ПАЗ – 32053 и ЛиАЗ – 5293 .

Показатели технической эксплуатации данных моделей транспортных средств, используемые в расчёте, приведены в таблице 4.30 [113, 160].

Таблица 4.30 – Показатели технической эксплуатации моделей транспортных средств системы городского наземного пассажирского транспорта

Показатель	Модель транспортного средства	
	ПАЗ – 32053	ЛиАЗ – 5293
Периодичность ТО-1, км.	7500	5000
Периодичность ТО-2, км.	15000	20000
Трудоёмкость ТО-1, н-час.	5,5	5,8
Трудоёмкость ТО-2, н-час.	18,0	24,6
Трудоёмкость сезонного обслуживания, чел.-чс	3,6	4,2
Удельная трудоёмкость текущего ремонта, н-час/1000 км	5,3	4,8

В соответствии с разработанной методикой, на основе решений уравнений, полученных на основе выражений 2.93 и 2.94, определена минимальная численность рассматриваемых моделей транспортных средств, определяющая целесообразность включения производственных подразделений в состав производственно-технической базы транспортного предприятия. Полученные результаты представлены на рисунке 4.4.

Таким образом, получены данные, иллюстрирующие влияние ключевых факторов, определяющих влияние параметров внешней среды и объёмов выполняемой транспортной работы на структурные параметры подсистем, образующих материальную основу системы городского наземного пассажирского транспорта.

Полученные данные использованы в последующем разделе диссертационной работы для решения заключительной задачи - технико-экономической оценки результатов исследования.

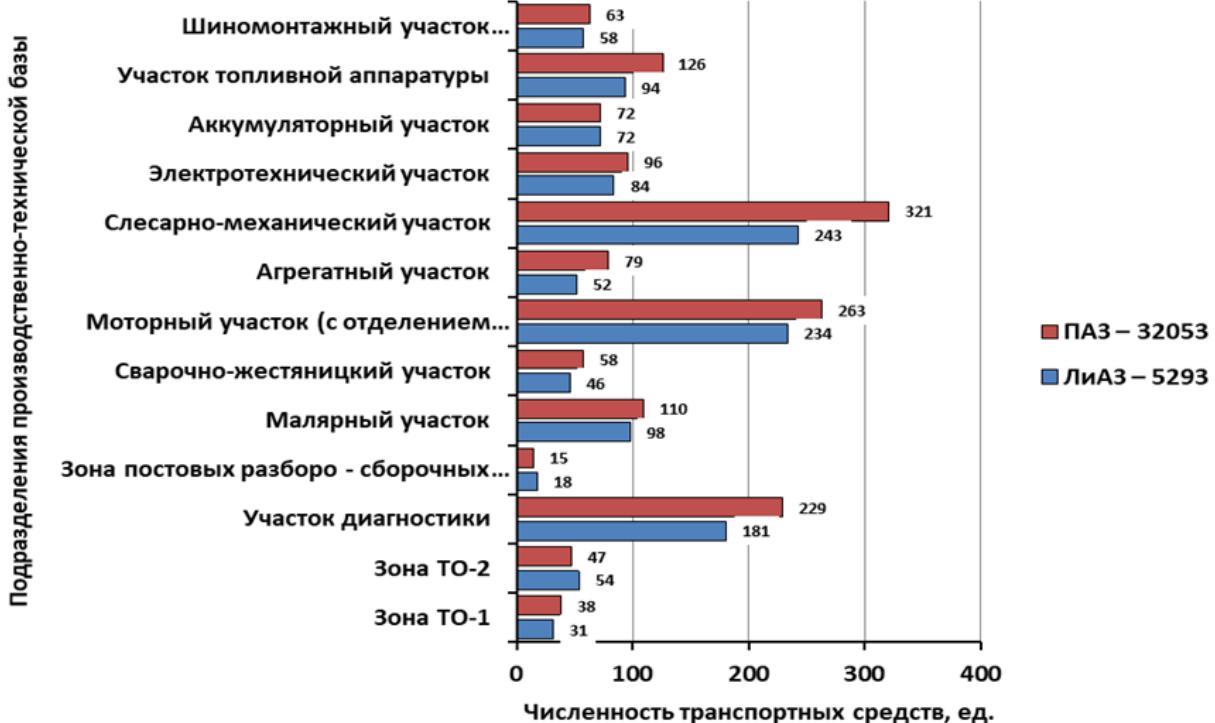


Рисунок 4.4 - Минимальные значения численности транспортных средств, обеспечивающие формирование объёмов работ, определяющих целесообразность включения производственных подразделений в состав производственно-технической базы предприятия

#### 4.5 Верификация разработанной математической модели

Верификация математической модели – это процедура проверки её адекватности. Верификация предполагает оценку соответствия результатов моделирования, данным полученным в результате практической реализации проектных решений или исследуемых процессов на моделируемом объекте.

Методология, представленная в диссертационной работе и реализованная в виде математической модели, включает в себя:

- методику оптимизации структурных параметров парка подвижного состава системы наземного городского пассажирского транспорта;

- методику определения оптимальных структурных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения рассматриваемой системы;
- методику оптимизации структурных параметров производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта.

Разработанная методология предполагает выполнение ряда циклических итерационных расчётов, в ходе которых определяются структурные параметры подсистем, обеспечивающих минимальное значение целевой функции при соблюдении установленных ограничений.

Процедура оптимизации предполагает моделирование показателей работы рассматриваемых подсистем при любых заданных структурных параметрах (фактических и проектных). Сравнение показателей работы подсистем системы городского пассажирского транспорта, определённых по результатам моделирования при исходных данных, отражающих её фактическое состояние, с данными полученными на основе натурных обследований, является основой для верификации разработанной математической модели.

Ниже, в таблицах 4.32, 4.33 и 4.34 приведены результаты сравнения показателей, определённых по результатам моделирования, с фактическими показателями, отражающими результаты функционирования рассматриваемых подсистем.

Данные, приведённые в таблице 4.32, получены по результатам моделирования и анализа производственной деятельности выборки из трёх предприятий-перевозчиков системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга.

Таблица 4.32 – Сравнительный анализ результатов моделирования и фактических показателей эксплуатации подвижного состава (затратные статьи приведены выборочно)

Наименование показателя	Значения		Погрешность моделирования, %
	По результатам моделирования	По результатам фактического наблюдения	
1	2	3	4
Автобус (22 пасс.) СУГ (212 ед.)			
Общий годовой пробег выборки транспортных средств, тыс. км.	1212,2	1237,6	2,1
Удельные затраты на оплату труда водителей и кондукторов, руб./км	14,17	13,48	-4,87
Удельные затраты на топливо, руб./км	5,36	5,5	2,61
Удельные затраты на обслуживание и ремонт транспортных средств, руб./км	2,14	2,18	1,87
Суммарные удельные затраты, руб./км	38,3	39,28	2,6
Автобус (45 пасс.) КПГ			
Общий годовой пробег выборки транспортных средств, тыс. км.	1825,15	1741,15	-4,9
Удельные затраты на оплату труда водителей и кондукторов, руб./км	18,61	20,74	6,3
Удельные затраты на топливо, руб./км	6,74	7,05	4,6
Удельные затраты на обслуживание и ремонт транспортных средств, руб./км	2,84	3	5,63
Суммарные удельные затраты, руб./км	54,73	-56,97	4,09
Автобус (100 пасс.) КПГ			
Общий годовой пробег выборки транспортных средств, тыс. км.	750,4	723,3	-3,61

## Продолжение таблицы 4.32

1	2	3	4
Удельные затраты на оплату труда водителей и кондукторов, руб./км	35,62	38,01	6,72
Удельные затраты на топливо, руб./км	10,28	10,78	4,87
Удельные затраты на обслуживание и ремонт транспортных средств, руб./км	4,33	4,57	5,61
Суммарные удельные затраты, руб./км	118,9	125,0	5,11
Троллейбус (100 пасс.)			
Общий годовой пробег выборки транспортных средств, тыс. км.	417	389	-6,7
Удельные затраты на оплату труда водителей и кондукторов, тыс. руб.	31,12	31,47	1,2
Удельные затраты на электроэнергию, тыс. руб.	12,02	12,36	2,8
Удельные затраты на обслуживание и ремонт транспортных средств, тыс. руб.	1,75	1,84	5,14
Суммарные удельные затраты, руб./км	148,83	154,54	3,86

Сравнение моделируемых и фактических параметров функционирования инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения выполнено на основе результатов анализа показателей работы автомобильных заправочных станций, реализующих различные виды энергоносителей на территории города Оренбурга. Результаты сравнения приведены в таблице 4.33.

Таблица 4.33 - – Сравнительный анализ результатов моделирования и фактических показателей функционирования автомобильных заправочных станций, реализующих различные виды энергоносителей на территории города Оренбурга

Наименование показателя	Значения		Погрешность моделирования, %
	По результатам моделирования	По результатам фактического наблюдения	
<b>Реализуемый энергоноситель – дизельное топливо (бензин)</b>			
Количество накопителей, ед	3		-
Количество точек обслуживания, ед.	6		-
Годовой объём реализуемого энергоносителя, л.	3154330		-
Годовые эксплуатационные затраты, тыс. руб.	55559	58559	5,41
<b>Реализуемый энергоноситель – сжиженный углеводородный газ</b>			
Количество накопителей, ед	1		-
Количество точек обслуживания, ед.	2		-
Годовой объём реализуемого энергоносителя, л.	1205351		-
Годовые эксплуатационные затраты, тыс. руб.	23583,2	22672,6	-3,86
<b>Реализуемый энергоноситель – компримированный природный газ</b>			
Количество точек обслуживания, ед.	8		-
Годовой объём реализуемого энергоносителя, м <sup>3</sup> .	14243785		-
Годовые эксплуатационные затраты, тыс. руб.	60482,4	62196,5	2,83
<b>Реализуемый энергоноситель – электроэнергия</b>			
Количество точек обслуживания, ед.	2		-
Годовой объём реализуемого энергоносителя, кВт·ч.	1681600		-
Годовые эксплуатационные затраты, тыс. руб.	10290,8	10730,2	4,27

Верификация математической модели, положенной в основу методики определения оптимальных параметров производственной базы, основана на сравнении прогнозируемых и фактических значений годовых затрат на содержание подразделений производственно-технической базы одного из транспортных предприятий, осуществляющего свою деятельность в рамках системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга. Результаты выполненного сравнительного анализа представлены в таблице 4.34.

Таблица 4.34 – Результаты сравнительного анализа прогнозируемых и фактических годовых затрат на содержание производственно-технической базы транспортного предприятия системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга

Производственное подразделение	Годовой объём работ, чел.-ч	Прогнозируемые годовые затраты, тыс. руб.	Фактические годовые затраты, тыс. руб.	Ошибка моделирования, %
Зона технического обслуживания № 1	1054	8957,5	9557,7	6,7
Зона технического обслуживания № 2	1497	10749	11318,7	5,3
Участок диагностики	910	2879,7	На СТО	-
Зона постовых работ текущего ремонта	4990	7873,2	8259,0	4,9
Малярный участок	2717	1840,4	1770,5	-3,8
Сварочно-жестяницкий участок	1608	6625,4	6287,5	-5,1
Моторный участок	2488	10774,4	11065,3	2,7
Агрегатный участок	2190	6933,0	6440,7	7,1
Слесарно-механический участок	1960	9148,1	9047,5	-1,1
Электротехнический участок	1370	1747,5	1859,3	6,4
Аккумуляторный участок	380	481	451,2	-6,2
Участок ремонта топливной аппаратуры	1193	6675,9	7116,5	6,6
Шиномонтажный участок	2024	1184,2	1216,2	2,7

Данные, полученные по итогам верификации, позволяют сделать заключение об адекватности разработанной математической модели.

## 4.6 Выводы по разделу

В разделе представлены результаты аналитических исследований и натурных экспериментов, позволивших получить информацию необходимую для решения задачи получения данных, обеспечивающих практическую реализацию разработанных методов. По итогам проделанной работы получены следующие результаты:

1. Определены области эффективного применения категорий транспортных средств на маршрутах системы городского наземного пассажирского транспорта. На основе результатов ранжирования факторов, определяющих значение целевой функции, установлено, что наиболее значимыми из них являются: годовой объём перевозок, протяжённость оборотного рейса и удельная стоимость используемого энергоносителя. Данные факторы определили размерность сформированной области эффективного применения рассматриваемых категорий транспортных средств. Исходя из полученных данных, определены неравенства, формирующие условия применения транспортных средств различной пассажировместимости на маршрутах системы городского наземного пассажирского транспорта.

2. Исходя из предложенной методики оценки экологического ущерба, установлены закономерности, определяющие формирование структурных параметров парка транспортных средств с учётом экологических показателей реализуемых технологий топливно-энергетического обеспечения транспортного процесса. В рамках решаемой задачи определены показатели энергопотребления электротранспортных средств различных классов и пассажировместимости. На основе полученных данных установлены значения пробеговых выбросов электротранспортных средств, определяемые как выбросы тепловой электростанции, производящей необходимое количество электроэнергии.

3. На основе выполненных аналитических исследований технологических и технико-экономических параметров функционирования структурных элементов зарядно-заправочной инфраструктуры определены: зависимости, определяющие структуру и объём инвестиций, необходимых для создания инфраструктурных объектов (зарядных/заправочных станций) с заданными технологическим параметрами; технологические характеристики заправочных (зарядных) станций и раздаточных устройств; определены составляющие и значения эксплуатационных затрат на содержание рассматриваемых видов инфраструктурных объектов, установлен характер зависимости величины данных затрат от объёмов реализуемых энергоносителей и конструктивно-технологических параметров объектов.

4. Проведённые исследования факторов, определяющих величину затратных статей на содержание подразделений производственно-технической базы установлены: значения постоянных затрат, не зависящих от объёма выполняемых работ; функциональные зависимости, определяющие величину переменных затрат пропорционально и не пропорционально зависящих от объёмов работ по обслуживанию и ремонту транспортных средств; зависимости затрат на оплату услуг сервисных предприятий, при выполнении рассматриваемых видов работ на их базе на условиях кооперации.

Результаты исследований, представленные в данной главе, позволили сформировать информационную базу, обеспечивающую применение разработанных методов на практике.

# 5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

## 5.1 Описание системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга

Перевозка пассажиров в рамках системы городского наземного пассажирского транспорта осуществляется двумя видами транспорта: автобусами и троллейбусами.

Маршрутная транспортная сеть, находящаяся в пределах черты города, на период обследования включала в себя 40 автобусных и 6 троллейбусных маршрутов. Полный перечень маршрутов системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга, с указанием основных технологических параметров, представлен в приложении 1.

Утверждённая администрацией города расстановка транспортных средств на маршрутах предусматривает ежедневный выпуск на линию 920 единиц подвижного состава, из них 54 – троллейбусы. С учётом усреднённых значений коэффициента выпуска, парк транспортных средств, закреплённых за маршрутами, входящими в состав системы пассажирского транспорта, составляет 1082 единиц, из которых 63 - троллейбусы.

Структурные параметры парка транспортных средств, обслуживающего маршруты городского пассажирского транспорта и технико-экономические показатели эксплуатации транспортных средств, представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Существующие структурные параметры и показатели эксплуатации парка транспортных средств, обслуживающих маршруты городского пассажирского транспорта

Показатель	Автобус особо малого класса	Автобус малого класса	Автобус среднего класса	Троллейбус	ИТОГО
Номинальная пассажировместимость, чел.	22	45	105	110	-
Вид топлива (энергоносителя)	Сжиженный углеводородный газ	Компримированый природный газ	Компримированый природный газ	Электроэнергия	-
Численность ТС, ед.	212	604	50	54	920
Количество обслуживаемых маршрутов, ед.	12	25	3	6	46
Общий годовой пробег, тыс. км	12 122	36 503	1 876	2 085	52 587
Годовой объём перевозок, пасс.	12 403 400	75 267 800	7 323 600	8 876 300	103 871 100
Общие годовые затраты на эксплуатацию, руб.	464 284	1 924 899	219 279	306 038	2 914 500

Основу автобусного парка, обслуживающего городские пассажирские маршруты составляют автобусы ЛиАЗ, ПАЗ, FIAT, Peugeot, Mercedes и др. Основу троллейбусного парка составляют троллейбусы ВМЗ-52981 и ВМЗ-5298.01 «Авангард». Все транспортные средства оборудованы терминалами, для оплаты транспортных услуг при помощи электронных платёжных систем.

Общая протяжённость регулярных городских маршрутов составляет 1140 км, из них 1070 км – автобусные маршруты и 70 км – троллейбусные.

Пассажирские перевозки населения обеспечивают восемь предприятий-

перевозчиков различных организационно-правовых форм. Краткая характеристика предприятий – перевозчиков представлена в таблице 4.17.

Структурные параметры производственно-технической базы предприятий, обслуживающих маршруты системы городского пассажирского транспорта, приведены в таблице 4.18.

Как видно из данных, представленных в таблице 5.1, основными видами потребляемых энергоресурсов являются электроэнергия, компримированный природный газ и сжиженный углеводородный газ.

Снабжение электроэнергией осуществляется через контактную сеть общей протяжённостью 70 км, полностью покрывающей троллейбусные маршруты. Троллейбусы с автономным ходом в составе парка транспортных средств, обслуживающих пассажирские маршруты города Оренбурга отсутствуют.

Снабжение компримированным природным газом осуществляется посредством одной автомобильной газонаполнительной компрессорной станции, оснащённой восемью заправочными постами. Заправка расположена у границы города в северной его части.

Снабжение транспортного комплекса города Оренбурга сжиженным углеводородным газом осуществляется сетью, включающей в свой состав одиннадцать заправочных станций с числом заправочных постов от двух до четырёх.

## **5.2 Оптимизация структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих маршруты системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга**

В соответствии с методикой, представленной в подразделе 2.2, произведена оптимизация структурных параметров парка транспортных средств системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга. Для получения необходимых исходных данных, в рамках

муниципального контракта № 0153300066914001120-0070596-01 от 1.12.2014 г. «Разработка новой маршрутно-транспортной сети города Оренбурга», произведено комплексное обследование пассажиропотоков регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта общего пользования. В ходе обследования, на основании данных о полной выручке определены годовые объёмы перевозок и их распределение по периодам года и дням недели. На основе анализа метаданных электронных платежей определено распределение пассажиропотоков по времени суток. На основе натурных обследований, произведённых в периоды пиковых пассажиропотоков, определены наиболее нагруженные участки маршрутов и интенсивность пассажиропотоков на данных участках. Полученная информация послужила основой для выполнения оптимизационных расчётов.

По результатам проделанной работы определены оптимизированные структурные параметры парка транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга. Результаты расчёта приведены в таблице 5.2. В этой же таблице представлены технико-экономические показатели эксплуатации парка транспортных средств в рамках рассматриваемой системы. В этой же таблице приведены аналогичные показатели парка до оптимизации.

Предлагаемые изменения структурных параметров парка транспортных средств наглядно проиллюстрированы при помощи диаграмм, представленных на рисунке 5.1.

В результате оптимизации достигнуто снижение величины обобщённого показателя эффективности транспортного процесса на 3,572 руб. (целевой функции исследования), что обеспечило достижение годового экономического эффекта около 370 млн. рублей (с учётом экологического ущерба). Величина суммарных годовых затрат, а так же соотношение эксплуатационных затрат и экологического ущерба, проиллюстрированы при помощи диаграмм, представленных на рисунке 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты оптимизации структурных параметров парка транспортных средств системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга

Показатель	Группы транспортных средств (оптимизированная структура парка)			Обобщённые эксплуатационные показатели	
	Автобус особо малого класса	Автобус малого класса	Автобус среднего класса	После оптимизации	До оптимизации
1	2	3	4	5	6
Номинальная пассажировместимость, чел.	22	45	105	-	-
Вид топлива (энергоносителя)	Сжиженный углеводородный газ	Компримированный природный газ	Компримированный природный газ	-	-
Численность ТС, ед.	42	149	404	595	920
Количество обслуживаемых маршрутов, ед.	6	12	28	46	46
Общий годовой пробег, тыс. км	2 948	7 148	18 763	28 860	52 587
Годовой объём перевозок, пасс.	1 994 700	13 539 200	88 337 200	103 871 100	103 871 100
Общие годовые затраты, тыс. руб.	109 819	391 823	2 047 627	2 549 269	2 914 500
Экологический ущерб, тыс. руб.	855	2 782	10 415	14 053	19 674
Суммарные затраты с учётом экологического ущерба, тыс. руб.	110 674	394 605	2 058 042	2 563 322	2 934 174
Удельные затраты на 1 км пробега, руб./км	37,5	55,2	109,7	88,8	55,8

## Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6
Удельный экологический ущерб на одного пассажира, руб./чел.	0,429	0,205	0,118	0,135	0,189
Обобщённый показатель эффективности транспортного процесса, руб./чел.	55,48	29,15	23,30	24,678	28,25

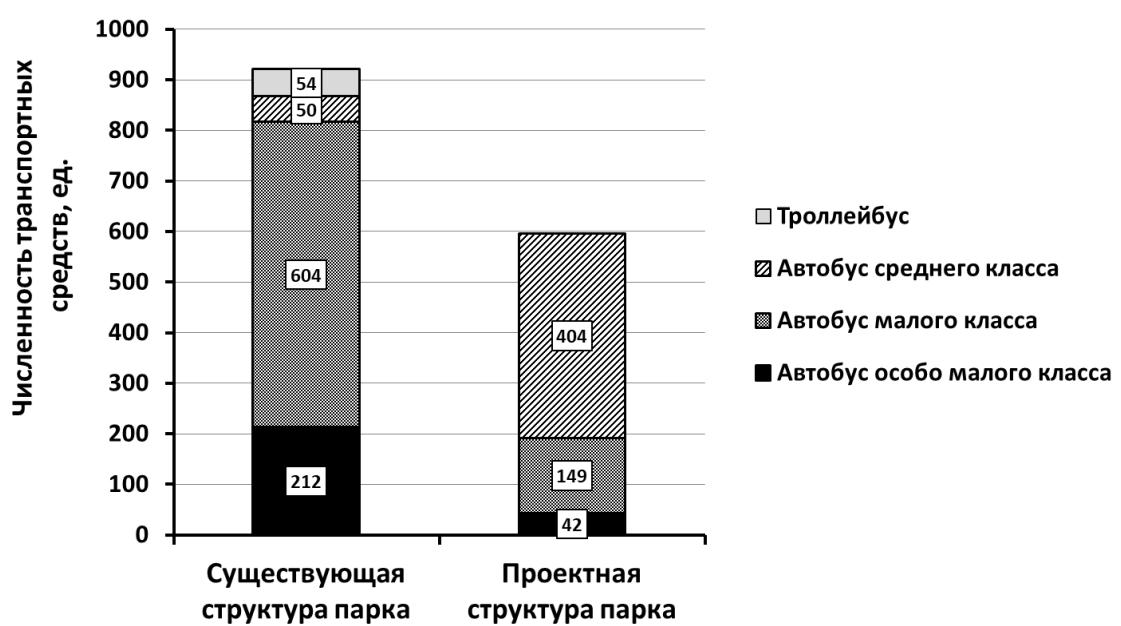


Рисунок 5.1 – Результаты оптимизации структурных параметров парка транспортных средств системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга

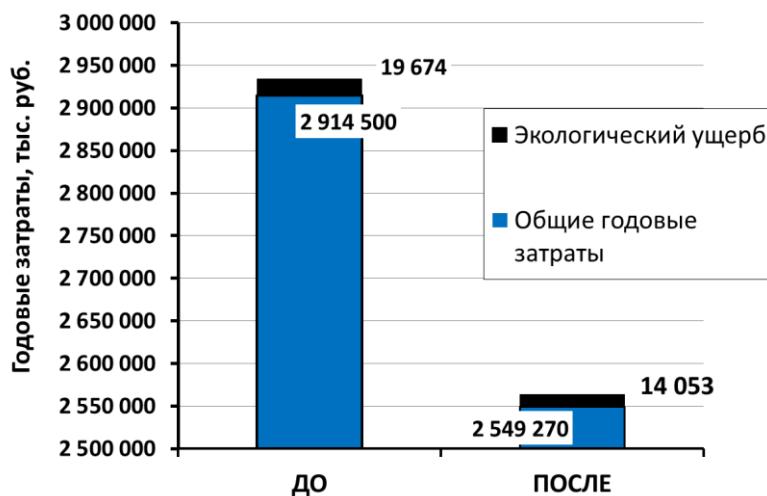


Рисунок 5.2 – Результаты оценки мероприятий по изменению структурных параметров парка транспортных средств системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга

Следует отметить, что в соответствии с разработанным алгоритмом, полученные результаты не являются окончательными и нуждаются в уточнении, после оптимизации структурных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения и структурных параметров производственно-технической базы.

### **5.3 Оптимизация инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга**

Для практической реализации разработанной методики (подраздел 2.3), исходя из установленных норм и надбавок, регламентированных для заданных условий эксплуатации, определены параметры энергопотребления оптимизированного парка транспортных средств системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга. Расчётные параметры энергопотребления представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Проектные параметры энергопотребления системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга

Показатель	Потребители энергоресурсов			Итого
	Автобус особо малого класса	Автобус малого класса	Автобус среднего класса	
Номинальная пассажировместимость, чел.	22	45	105	-
Численность транспортных средств, ед.	42	149	404	595
Общий годовой пробег, км	2 948 616	7 148 160	18 763 920	28 860 696
Удельные затраты на топливо, руб/км	5,27	6,68	10,28	
Общие затраты на топливо, руб.	15 539 206	47 749 709	192 893 098	256 182 013
Стоимость единицы топлива, руб.	28,40	19,40	19,40	
Объём потребляемого топлива – сжиженный углеводородный газ, (л)	547 155	-	-	547 155
Объём потребляемого топлива – компримированный природный газ, м <sup>3</sup>	-	2 461 325	9 942 943	12 404 268

Исходя из установленных параметров энергопотребления, в соответствии с разработанной методикой, произведено пошаговое моделирование параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения. В процессе моделирования для заданного количества заправочных постов на каждой из заправочных станций, определены:

- минимально-допустимый объём реализуемого топлива, обеспечивающего окупаемость инвестиционных вложений на строительство заправочных станций;
- минимально-необходимое количество заправочных станций, определённое исходя из объёма реализуемого топлива;
- минимально-необходимое количество заправочных станций,

определенное исходя из годового количества обслуживаний парка эксплуатируемых транспортных средств.

Значения исходных данных, используемых при моделировании, представлены таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Значения исходных данных, используемых при моделировании структурных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения

Наименование	Значение
Максимально-допустимый срок окупаемости инвестиций, лет	10
Разница между розничной и оптовой ценой сжиженного углеводородного газа, руб.	17
Разница между розничной и оптовой ценой компримированного природного газа, руб.	5
Ставка налога на прибыль, %	20

Результаты моделирования параметров функционирования инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Результаты моделирования параметров функционирования инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения при пошаговом изменении структурных параметров

Параметр	Значения								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество заправочных постов	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Инвестиционные вложения на строительство заправочной станции СУГ, тыс. руб.	12 991	13 076	13 161	13 246	13 331	13 416	13 501	13 586	13 586
Инвестиционные вложения на строительство заправочной станции КПГ, тыс. руб.	20 702	20 722	20 742	20 762	20 782	20 802	20 822	20 842	20 842

## Продолжение таблицы 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Годовые эксплуатационные затраты на содержание заправочной станции СУГ, тыс. руб.	15 736	15 772	15 808	15 844	15 880	15 916	15 952	15 988
Годовые эксплуатационные затраты на содержание заправочной станции КПГ, тыс. руб.	54 000	54 016	54 033	54 050	54 067	54 084	54 100	54 117
Минимально-допустимый годовой объём реализуемого топлива СУГ, тыс. л.	1 021	1 023	1 026	1 029	1 032	1 034	1 037	1 040
Минимально-допустимый объём реализуемого топлива КПГ, тыс. м <sup>3</sup> .	11 317	11 321	11 325	11 329	11 333	11 336	11 340	11 344
Минимально-необходимое количество заправочных станций, исходя из объёма реализуемого топлива (КПГ)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Минимально-необходимое количество заправочных станций, определённое исходя из годового количества обслуживаний парка эксплуатируемых транспортных средств (КПГ), ед.	6,6	3,3	2,2	1,6	1,3	1,1	0,9	0,8

По результатам моделирования установлено, что объём потребляемого в рамках системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга сжиженного углеводородного газа, не обеспечивает окупаемость инвестиций, направленных на создание одной заправочной станции.

Но, с учётом наличия на территории города значительного количества других транспортных средств – потребителей сжиженного углеводородного газа и развитой сети заправочных станций, реализующих данный вид энергоносителя, проблему снабжения транспортных средств системы городского пассажирского транспорта данным видом топлива можно считать решённой. Снижению актуальности данной проблемы способствует тот факт, что выполненная оптимизация структурных параметров парка транспортных средств предполагает снижение потребления данного вида топлива.

Относительно снабжения транспортных средств системы городского пассажирского транспорта компримированным природным газом установлена целесообразность строительства заправочной станции, так как при проектном годовом объёме потребления 12 404 268 м<sup>3</sup>, окупаемость инвестиций обеспечивается при объёмах потребления от 11 344 000 м<sup>3</sup>.

Следовательно, по параметру окупаемости инвестиций, для транспортных средств системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга, целесообразно строительство одной автомобильной газонаполнительной компрессорной станции, обеспечивающей подвижной состав компримированным природным газом.

Исходя из условия обеспечения необходимого количества обслуживаний (заправок) за заданный промежуток времени, для гарантированного обслуживания всего парка и обеспечения максимальной производительности транспортных средств, общее количество постов обслуживания должно быть не менее 7 (соответствующий столбик таблицы 5.5 выделен цветом).

На территории города Оренбурга имеется одна автомобильная газонаполнительная компрессорная станция, оснащённая восьмью постами обслуживания. С учётом наличия других потребителей данного вида газомоторного топлива, целесообразно рассмотреть вопрос о расширении сети заправок исходя из численности других ключевых потребителей кроме транспортных средств системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга.

## 5.4 Оптимизация структурных параметров производственно-технической базы предприятий системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга

Оптимизация производственно-технической базы предприятий-перевозчиков, осуществляющих свою деятельность в рамках системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга, произведено в соответствии с методикой, представленной в подразделе 2.4, с использованием данных, представленных в подразделе 4.4.

В соответствии с результатами оптимизации структуры парка транспортных средств, исходя из существующего закрепления обслуживаемых маршрутов за предприятиями-перевозчиками, произведена реструктуризация парка транспортных средств, закреплённых за предприятиями-перевозчиками. Результаты реструктуризации приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Проектные структурные и технологические параметры парка транспортных средств предприятий-перевозчиков системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга

Перевозчик	Номинальная пассажировместимость транспортных средств, чел.	Проектное количество транспортных средств, ед.	Проектный общий годовой пробег транспортных средств, км	Общая трудоёмкость работ по обслуживанию и ремонту транспортных средств, чел.-ч.
1	2	3	4	5
№ 1	105 22	98 23	5 500 112	32 219
№ 2	105 45 22	99 106 10	10 090 819	53 222

## Продолжение таблицы 5.6

1	2	3	4	5
№ 3	105	17	1 268 798	8 218
	45	7		
№ 4	45	29	1 334 323	5 604
№ 5	105	73	3 752 784	26 795
№ 6	105	98	5 539 824	39 554
	22	9		
№ 7	45	7	381 235	1 601
№ 8	105	10	446 760	3 190
ИТОГО		586	28 314 655	170 403

Так как в парке рассматриваемых предприятий присутствуют транспортные средства различных категорий, для практической реализации разработанной методики целесообразно выполнить приведение численности транспортных средств к численности транспортного средства одной (базовой) категории. В качестве базовой категории, приняты автобусы среднего класса (пассажировместимостью 105 человек).

Расчёт приведённой численности транспортных средств производится исходя из соотношения удельной трудоёмкости обслуживания и ремонта транспортного средства приводимой категории и удельной трудоёмкости транспортного средства базовой модели. Приведённое количество транспортных средств определяется по формуле:

$$N_A^{\text{ПРИВ}} = N_A \cdot k_{\text{ПРИВ}} = N_A \cdot \frac{t_{\text{УД}}}{t_B^{\text{УД}}}, \quad (5.1)$$

где  $N_A$  – численность транспортных средств приводимой модели, ед.;

$k_{\text{ПРИВ}}$  – коэффициент приведения;

$t_{\text{УД}}$  – удельная трудоёмкость технического обслуживания и текущего ремонта приводимой категории транспортного средства, чел.-ч/1000 км;

$t_B^{\text{УД}}$  - удельная трудоёмкость технического обслуживания и текущего ремонта базовой категории транспортного средства, чел.-ч/1000 км.

Значения удельных трудоёмкостей рассматриваемых категорий транспортных средств и значения коэффициентов приведения представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Удельные трудоёмкости и коэффициенты приведения рассматриваемых категорий транспортных средств

Категория транспортных средств	Автобус среднего класса (базовая категория)	Автобус малого класса	Автобус особо малого класса
Пассажировместимость транспортных средств, чел.	105	45	22
Удельная трудоёмкость ТО и Р, чел.-ч/1000км	7,14	4,2	3,1
Коэффициенты приведения	1	0,59	0,43

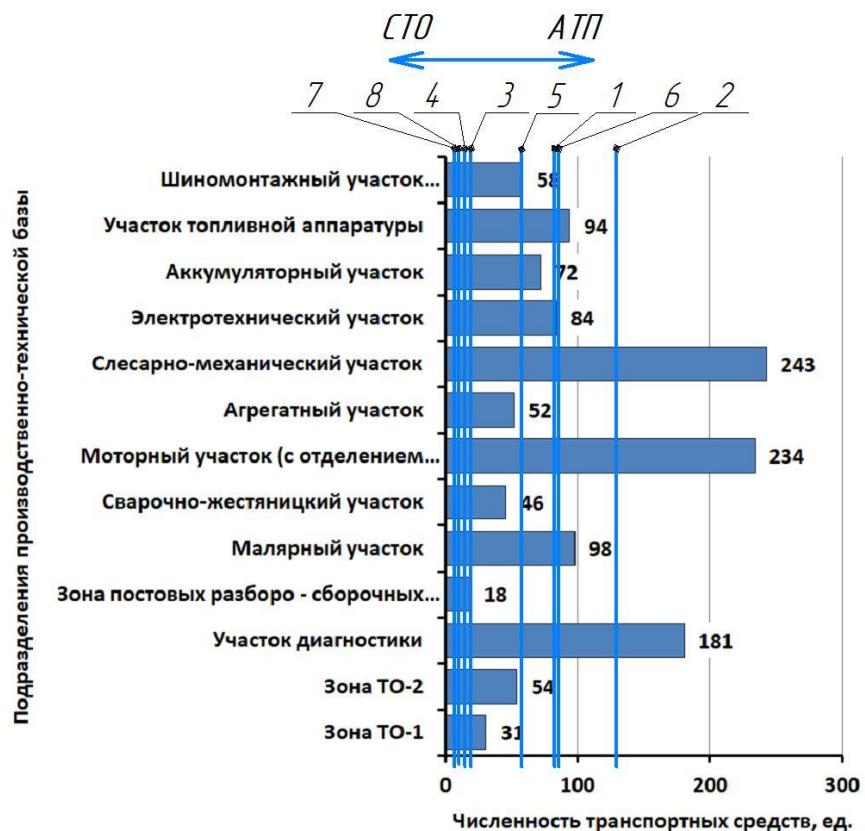
Результаты расчёта приведённой численности транспортных средств, эксплуатируемых предприятиями перевозчиками системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга, приведены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Приведённая численность транспортных средств, эксплуатируемых предприятиями перевозчиками системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга

Предприятие-перевозчик	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
Приведённая численность транспортных средств, ед.	108	172	21	17	73	111	4	10

Для определения оптимальных структурных параметров производственно-технической базы предприятий-перевозчиков, произведено сравнение приведённого количества транспортных средств со значениями минимальной численности транспортных средств, определяющих целесообразность включения рассматриваемых производственных

подразделений в состав производственно-технической базы предприятия. Результаты сопоставления приведены на рисунке 5.3.



1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – порядковые номера предприятий – перевозчиков

СТО  $\longleftrightarrow$  АТП распределение производственных подразделений по месту организации (на базе СТО или АТП)

Рисунок 5.3 – Сравнение минимальных значений численности транспортных средств, определяющих целесообразность включения производственных подразделений в состав производственно-технической базы, с приведённой численностью транспортных средств предприятий-перевозчиков

Исходя из полученных данных, сформирован оптимизированный структурный состав производственно-технической базы предприятий-перевозчиков системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга. Полученный результат представлен в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Оптимизированный структурный состав производственно-технической базы предприятий-перевозчиков системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга

Наименование производственного подразделения	Предприятия-перевозчики							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
Зона ТО-1	V	V			V	V		
Зона ТО-2	V	V			V	V		
Участок диагностики								
Зона постовых разборо-сборочных работ ТР	V	V	V		V	V		
Малярный участок		V						
Сварочно-жестяницкий участок	V	V			V	V		
Моторный участок (с обкаткой)								
Агрегатный участок	V	V			V	V		
Слесарно-механический участок								
Электротехнический участок		V				V		
Аккумуляторный участок	V	V				V		
Участок топливной аппаратуры		V						
Шиномонтажный участок (объединённый с вулканизационным)	V	V				V		

По результатам выполненного технологического расчёта (методика приведена в работах Напольского Г.М. [125]), определены объёмы работ по техническому обслуживанию транспортных средств каждого из предприятий-перевозчиков, а так же их распределение по видам.

На основе результатов оптимизации структуры производственно-технической базы предприятий-перевозчиков и данных о трудоёмкости видов выполняемых работ, определено распределение совокупного объёма работ, между производственно-технической базой транспортных и сервисных предприятий. Полученные результаты представлены в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Распределение совокупного объёма работ по техническому обслуживанию транспортных средств системы городского пассажирского транспорта, между производственно-технической базой транспортных и сервисных предприятий

Виды работ	Объём работ, выполняемых на базе АТП, чел.-ч	Объём работ, выполняемых на базе СТО, чел.-ч
Техническое обслуживание № 1	12143	1489
Техническое обслуживание № 2	18215	2234
Диагностирование транспортных средств	-	11181
Постовые разборо-сборочные работы текущего ремонта	59203	3846
Малярные работы	7500	2725
Сварочно-жестяницкие работы	9107	1117
Ремонт двигателей	-	13632
Ремонт агрегатов	10230	3633
Слесарно-механические работы	-	8520
Ремонт электрооборудования	7680	2941
Зарядка и обслуживание аккумуляторных батарей	1680	1273
Ремонт топливной аппаратуры	1597	3515
Шиномонтажные и вулканизационные работы	3036	3515

Полученные данные об объёмах работ, выполняемых на производственно-технической базе сервисных предприятий, являются исходной информацией для формирования рынка сервисных услуг.

По результатам выполненного расчёта сметы затрат на производство установлено, что в результате оптимизации производственно-технической базы предприятий системы городского наземного пассажирского транспорта обеспечивается снижение удельных затрат на техническое обслуживание и ремонт транспортных средств на 16,9 %. Абсолютные значения удельных затрат на техническое обслуживание и ремонт транспортных средств рассматриваемых категорий, представлены в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Удельные затраты на техническое обслуживание и ремонт транспортных средств системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга

Категория транспортных средств	Удельные затраты на техническое обслуживание и ремонт транспортных средств, руб./км	
	До оптимизации структуры производственно-технической базы	После оптимизации структуры производственно-технической базы
Троллейбус	2,71	-
Автобус среднего класса	4,34	3,61
Автобус малого класса	2,86	2,37
Автобус особо малого класса	2,13	1,81

Составляющие годового экономического эффекта, полученного в рамках системы городского пассажирского транспорта в результате реализации мероприятий по реструктуризации производственно-технической базы, приведены в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Годовой экономический эффект, полученный по результатам реализации производственно-технической базы системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга

Категория транспортных средств	Автобус среднего класса	Автобус малого класса	Автобус особо малого класса	ИТОГО
1	2	3	4	5
Общий годовой пробег, км	19 049 846	7 148 160	2 948 616	29 146 622
Общие годовые затраты на выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств, руб.	До реструктуризации	82 676 333	20 443 738	6 280 552
	После реструктуризации	68 769 946	16 941 139	5 336 995
				91 048 080

### Продолжение таблицы 5.12

1	2	3	4	5
Общий годовой экономический эффект, руб.	13 906 388	3 502 598	943 557	18 352 543

В соответствии с разработанным алгоритмом, полученные значения удельных затрат на выполнение работ по поддержанию транспортных средств в исправном состоянии использованы в последующей итерации оптимизационного расчёта для определения обобщённого показателя эффективности транспортного процесса и корректировки на основе полученных результатов структурных параметров парка транспортных средств.

### **5.5 Итоговые показатели оптимизации структурных параметров подсистем системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга**

По результатам двух итераций комплексных расчётов, выполненных в соответствии с алгоритмом, представленным на рисунке 2.21, определены итоговые показатели оптимизации структурных параметров подсистем системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга. Результаты оптимизации структурных параметров рассматриваемых подсистем представлены в таблице 5.13.

Таблица 5.13 – Технико-экономические показатели оптимизации структурных параметров подсистемы системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга

Показатель	До реструктуризации	После реструктуризации
1	2	3
Количество обслуживаемых маршрутов, ед.		46
Годовой объём перевозок, тыс. пасс.		103 871
Количество предприятий-перевозчиков, ед.		8
Численность троллейбусов (номинальная пассажировместимость 110 чел.), ед	54	-
Численность автобусов особо малого класса (номинальная пассажировместимость 22 чел.), ед.	212	42
Численность автобусов малого класса (номинальная пассажировместимость 45 чел.), ед.	604	149
Численность автобусов средств среднего класса (номинальная пассажировместимость 105 чел.), ед.	50	404
Общая численность транспортных средств, ед.	920	595
Общий годовой пробег транспортных средств, тыс. км.	52 587	28 860
Годовой объём потребляемой электроэнергии, кВт·ч.	3 713 171	-
Годовой объём потребляемого сжиженного углеводородного газа, л.	2 249 415	547 155
Годовой объём потребляемого компримированного природного газа, л.	13 563 461	12 404 268
Объём работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств, выполняемый на производственно-технической базе АТП, чел.-ч.	135763	62 878
Объём работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств, выполняемый на производственно-технической базе СТО, чел.-ч.	83906	113 985
Общие годовые затраты на выполнение работ по техническому обслуживанию ремонту транспортных средств, тыс. руб.	144 010	90 016
Общие годовые эксплуатационные затраты, тыс. руб.	2 914 500	2 533 422
Общий годовой экологический ущерб, тыс. руб.	19 674	14 053
Общие годовые затраты с учётом экологического ущерба, тыс. руб.	2 934 174	2 547 475
Удельные затраты на 1 км пробега, руб./км	55,8	88,3

### Продолжение таблицы 5.13

1	2	3
Обобщённый показатель эффективности транспортного процесса, руб./чел.	28,25	24,53
Общий годовой экономический эффект от реализации проектных решений, тыс. руб.		386 400

### 5.6 Выводы по разделу

В разделе представлены результаты практического применения разработанной методологии в отношении системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга. При этом решена задача оценки эффективности предложенных мероприятий по оптимизации структурных параметров подсистем, составляющих материальную основу рассматриваемой системы.

1. Проведён анализ показателей, описывающих состояние и параметры функционирования рассматриваемых подсистем, входящих в состав системы городского пассажирского транспорта города Оренбурга. В частности, определены структурные параметры парка транспортных средств, обслуживающих городские пассажирские маршруты, показатели их эксплуатации и распределение транспортных средств по предприятиям-перевозчикам. Установлены параметры потребления энергоресурсов и параметры инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения. Определены структурные параметры совокупной производственно-технической базы, обеспечивающей выполнение работ по поддержанию эксплуатируемых транспортных средств в исправном состоянии. Полученная информация позволила сформировать массив данных, обеспечивающих практическую реализацию разработанных методов.

2. Выполнены расчёты, по результатам которых определены оптимизированные структурные параметры парка транспортных средств, обслуживающих маршруты рассматриваемой системы городского пассажирского транспорта. Установлено, что увеличение доли транспортных

средств среднего класса с 12 % до 68 % при уменьшении доли транспортных средств малого и особо малого класса с 88 % до 32 %, позволяет сократить численность парка транспортных средств с 920 до 595 единиц (на 35 %) и обеспечивает снижение получение годового экономического эффекта в объёме 370 млн. руб. (по результатам первого итерационного расчёта).

3. По результатам оптимизации параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения установлено, что основными видами энергоресурсов, потребляемых парком проектной структуры, являются: сжиженный углеводородный газ (СУГ) и компримированный природный газ (КПГ). Определены расчётные годовые объёмы потребления данных видов энергоресурсов: СУГ – 547 тыс. литров; КПГ - 12 404 тыс. м<sup>3</sup>. Для расчётного объёма потребления СУГ установлено, что строительство специализированной заправочной станции, обеспечивающей снабжение парка транспортных средств СУГ нецелесообразно. По результатам реструктуризации парка транспортных средств системы городского пассажирского транспорта, установлено снижение общего объёма потребления СУГ в 4,1 раза, следовательно, снабжение данным видом топлива может быть обеспечено действующей сетью заправок. Для расчётного объёма потребления КПГ (снижение объёма потребления в 0,91 раза), определена целесообразность строительства специализированной заправочной станции с числом постов обслуживания не менее семи.

4. По результатам оптимизации структурных параметров производственно-технической базы предприятий системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга установлены объёмы и виды работ, рекомендованные к выполнению на производственно-технической базе предприятий-перевозчиков. На основании полученных данных определены проектные параметры производственно-технической базы каждого из предприятий-перевозчиков. Объёмы работ не рекомендованные к выполнению на производственно-технической базе предприятий-перевозчиков являются основой для формирования рынка

сервисных услуг и определения структурного состава производственно-технической базы сервисных предприятий. По результатам выполненного экономического расчёта установлено, что внедрение проектных мероприятий по изменению структуры производственно-технической базы обеспечивает снижение годовых затрат на выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств на 18 млн. 352 тыс. руб.

5. Выполненный повторный циклический расчёт оптимальных структурных параметров рассматриваемых подсистем системы городского пассажирского транспорта позволил учесть взаимное влияние оптимизируемых подсистем и определить итоговые значения показателей, определяющих оптимальное состояние рассматриваемой системы. Установлено, что практическая реализация проектных мероприятий позволит обеспечить снижение обобщённого показателя эффективности транспортного процесса с 28,25 руб./чел. до 24,53 руб./чел. Итоговое значение общего годового экономического эффекта от реализации предложенных мероприятий составляет 386 млн. 400 тыс. руб.

Полученные результаты свидетельствуют об адекватности предложенного концептуального подхода и разработанной методологии оптимизации структурных параметров системы городского пассажирского транспорта. Представленные методы, объединённые в единый методический комплекс, обладают универсальностью и могут быть использованы при оптимизации структурных параметров транспортных систем различных городских территорий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итогом проведённых научных исследований является методология оптимизации структурных параметров системы городского пассажирского наземного транс-порта на основе согласования взаимосвязей ключевых подсистем. Полученные автором результаты позволяют решить важную народно-хозяйственную задачу повышения эффективности перевозок пассажиров в условиях обеспечения привлекательности транспорта общего пользования на основе развития производственно-технической базы и инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения при одновременном снижении отрицательного воздействия на окружающую среду.

Основные выводы по результатам исследований:

1. На основе результатов анализа принципов функционирования транспортных и логистических систем сформулирована концепция устойчивого развития системы городского пассажирского наземного транспорта, реализующая условие согласованного формирования структурных параметров подсистем, исходя из значений комплексного показателя эффективности, включающего технико-эксплуатационные и экологические характеристики. В рамках концепции разработана модель функционирования системы, обеспечивающая возможность определения оптимальных структурных параметров и взаимосвязей ключевых подсистем, составляющих её материальную основу.

2. В качестве составной части концептуального подхода разработаны модель и методика определения оптимальной структуры парка транспортных средств, обеспечивающие учёт параметров транспортного процесса, эффективности использования не возобновляемых источников энергии, организации работ по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава и состояния инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения. В качестве критерия оптимизации использована величина суммарных затрат на перевозку пассажиров и затрат на компенсацию экологического ущерба.

3. На основе результатов аналитических и натурных исследований определены многомерные области эффективного применения пассажирских транспортных средств различных категорий и классов. Размерность области сформирована наиболее значимыми факторами: годовой объём перевозок, длина маршрута, способ энергетического обеспечения с учётом эффективности расходования не возобновляемых источников энергии. Получена система неравенств, определяющая области эффективного применения подвижного состава различной пассажировместимости. Применение автобусов, оснащённых двигателями внутреннего сгорания, обеспечивает максимальную эффективность использования не возобновляемых энергоресурсов (суммарный КПД 27,2 %) и минимальные значения суммарных затрат на перевозку одного пассажира от 60 до 25 руб. при использовании транспортных средств пассажировместимостью от 22 до 150 чел., определяемой исходя из величины годового объёма перевозок.

4. В соответствии с принципами системного подхода разработана методика определения оптимальных структурных параметров инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения системы городского пассажирского наземного транс-порта, учитывающая влияние структуры, интенсивности эксплуатации, используемых видов энергоносителей и территориального расположения парка подвижного состава на количество заправочных (зарядных) станций, их производительность и территориальное расположение. Исходя из результатов моделирования, подтверждена возможность вычисления минимальных объёмов реализуемых энергоносителей, определяющих целесообразность строительство заправочных станций. Для жидких топлив при минимально-допустимом уровне рентабельности данный объём равен 4 260 000 литров в год. Определена численность транспортных средств, потребляющих данный объём: 590 ед. автобусов пассажировместимостью 22 чел.; 380 автобусов пассажировместимостью 45 чел.; 260 автобусов пассажировместимостью 100 чел.; 190 автобусов пассажировместимостью 150 чел.

5. Разработана методика оптимизации состава производственно-технической базы системы городского пассажирского наземного транспорта, как одной из подсистем. В качестве критерия оптимального состояния используется величина совокупных затрат, включающих в затраты на перевозку пассажиров и затраты на компенсацию экологического ущерба от транспортного процесса. Методика основана на сравнении затрат по видам работ на базе транспортного или сервисного предприятий, учитывает структурные параметры парка и его распределение по транспортным предприятиям. Определены условия для кооперации транспортных и сервисных предприятий, являющиеся методической базой для формирования структуры совокупной производственно-технической базы системы городского пассажирского наземного транспорта. Установлено, что обоснованными условиями формирования комплексного АТП, обслуживающего городские маршруты, является наличие парка транспортных средств численностью более 243 ед. автобусов пассажировместимостью 100 чел. или более 321 ед. автобусов пассажировместимостью 45 чел.

6. Единство разработанных моделей и методов обеспечено разработанной методикой решения оптимизационной задачи, предполагающей выполнение многошагового итерационного расчёта, по результатам которого определяется состояние и взаимное влияние составляющих структурных частей, формирующее минимальные совокупные затраты на перевозку пассажиров и компенсацию экологического ущерба.

7. Технико-экономическая оценка результатов применения разработанных методов в отношении системы городского пассажирского наземного транспорта города Оренбурга позволила установить, что оптимизация структурных параметров входящих в её состав подсистем сокращает совокупные затраты на перевозку пассажиров на 12,6 %, при снижении экологического ущерба на 28,6 %, что позволяет обеспечить снижение себестоимости перевозки одного пассажира (с учётом

экологического ущерба) с 28,5 руб. до 24,68 руб. Итоговое значение общего годового экономического эффекта от реализации предложенных мероприятий составляет 386 млн. 400 тыс. руб.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абржина, Л.Л. Методический подход к экономической оценке ущерба атмосферному воздуху / Л.Л. Абржина, Е.Р. Магарил // Вестник УГТУ-УПИ. Серия: Экономика и управление. – 2008. – № 2. – С. 100–103.
2. Авдоныкин, Ф.Н. Оптимизация процессов изменения технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации [Текст] : учеб.пособие для вузов / Ф. Н. Авдоныкин. - М.: Транспорт, 1993. – 350 с.
3. Авдоныкин, Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей [Текст] : учеб.пособие для вузов / Ф. Н. Авдоныкин. - М. : Транспорт, 1985. - 215 с.
4. Азаров, В.К. К вопросу об экологически чистом городском транспорте / В.К. Азаров, С.В. Гайсин, В.Ф. Кутенёв // Журнал автомобильных инженеров. - 2016. - № 2 (97). - С. 36-41.
5. Азаров, В.К. Современные экологические проблемы эксплуатации автотранспортных средств / В.К. Азаров, А.В. Васильев, В.Ф. Кутенёв // Двигатель. - 2022. - № 1-3 (139-141). - С. 50-53.
6. Азаров, В.К. Экологический ущерб от двигателей автомобилей в зависимости от вида потребляемого топлива / В.К. Азаров, Е.М. Зозулин, В.Ф. Кутенёв // Транспорт на альтернативном топливе. - 2022. - № 6 (90). - С. 48 - 55.
7. Айвазян, С.А. Практикум по прикладной статистике и эконометрике : учеб. пособие для вузов / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян . - М. : МЭСИ, 2002. - 119 с.
8. Айвазян, С.А. Классификация многомерных наблюдений / С.А. Айвазян, З.И. Бежаева, О.В. Староверов. -М.: Статистика, 1974. -240 с.
9. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Исследование зависимостей [Текст] : Справочное изд. / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин - М., Финансы и статистика, 1985. - 487 с.

10. Альметова, З.В. Транспортная инфраструктура: учебное пособие / З.В. Альметова; под ред. О.Н. Ларина. // Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, - 2013. - 44 с.
11. Анализ развития различных видов городского электрического транспорта в Полоцке и Новополоцке / Д. В. Капский [и др.] // Наука и техника. – 2022. – Т. 21, № 2. – С. 150–157.
12. Андрианов, Ю.В. Методические рекомендации по расчету износа конструктивных компонентов АТС / Ю. В. Андрианов, В. В. Комаров, В. И. Кравчинский // Автомобильная промышленность, 2010. - № 11. - С. 17-20.
13. Андрианов, Ю.В. Методологические проблемы экспертной деятельности по установлению стоимости транспортных средств / Ю. В. Андрианов // Вопросы оценки, 2006. - № 3. - С. 33-36.
14. Апсин, В.П. Технологические расчеты при проектировании, реконструкции, расширении и техническом перевооружении авторемонтных предприятий: учеб. пособие для вузов / В.П. Апсин, А.П. Пославский, В.В. Сорокин; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2008. - 103 с.
15. Афанасьев, А.С. Контактные и кабельные сети трамваев и троллейбусов / А.С. Афанасьев, Г.П. Долаберидзе, В.В. Шевченко // М.: «Транспорт», 1979. - 306 с.
16. Басков, В.Н. Нормативно-правовое регулирование на пассажирском автомобильном транспорте и городском наземном электрическом транспорте / В.Н. Басков, А.В. Игнатов, Ю.А. Славина // Учебное пособие для студентов направлений 23.03.01, 23.04.01 «Технология транспортных процессов» / Саратов, 2020. – 180 с.
17. Бачурин, А.А. Анализ производственно-хозяйственной деятельности автотранспортных организаций [Текст] : учебное пособие для вузов / А. А. Бачурин ; под ред. З. И. Аксеновой.- 2-е изд. - М. : Академия, 2005. - 320 с.

18. Бачурин, А.А. Маркетинг на автомобильном транспорте [Текст] : учеб. пособие / А. А. Бачурин . - М. : Академия, 2005. - 208 с.
19. Бедняк, А.В. Моделирование процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей / А.В. Бедняк, // Киев : Вища шк., 1983. - 131 с.
20. Белоусов, В.Н. Энергосбережение и выбросы парниковых газов ( $\text{CO}_2$ ): учебное пособие / В.Н. Белоусов, С.Н. Смородин, В.Ю. Лакомкин // СПбГТУРП. - СПб. - 2014. - 52 с.
21. Богомолов, А.А. Оптимизация маршрутов городского пассажирского транспорта в средних городах: автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.А. Богомолов. - Санкт-Петербург, 2002. - 21 с.
22. Бойко, Г.В. Методика оптимизации структуры транспорта для обслуживания городских пассажирских перевозок: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10/ Г.В. Бойко – Волгоград: 2006. - 19 с.
23. Бондаренко, Е.В. Формирование сети заправочных станций компримированным природным газом / Е.В. Бондаренко, А.М. Федотов, Р.Т. Шайлин // Вестник Оренбургского государственного университета, 2014. - 10, октябрь. - С. 23-29. - 7 с.
24. Бухаров, Л.Н. Особенности зимней эксплуатации газобаллонных автомобилей / Л.Н. Бухаров, А.П. Жигадло, В.Ф. Крылов // Автотранспортное предприятие, 2007. - № 9. - С. 41-45.
25. Бычков, В.П. Экономика автотранспортного предприятия [Текст] : учебник для студентов / В. П. Бычков. - М. : ИНФРА-М, 2006. - 384 с.
26. Валдин, В.В. Пассажирские перевозки: особенности применения брутто-контрактов. Режим доступа: [https://dzen.ru/a/ZDhGE\\_s0kEpcO-BV](https://dzen.ru/a/ZDhGE_s0kEpcO-BV).
27. Варелопуло, Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте / Г.А. Варелопуло – М.: Транспорт, 1990. – 208 с.
28. Веденяпин, В.Г. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных [Текст] : учеб.для вузов / В.Г. Веденяпин - М.: Колос, 1973. – 199 с.
29. Вельможин, А.В. Теория транспортных процессов и систем:

учебник для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин. – М.: Транспорт, 1998. – 167с.

30. Вельниковский, А.А. Методика обоснования региональной инфраструктуры автомобильных газонаполнительных компрессорных станций : автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.А. Вельниковский: Санкт-Петербург : 2019. - 27 с.

31. Володин, Е. П. Организация и планирование перевозок пассажиров автомобильным транспортом: учеб. для вузов / Е.П. Володин, Н.Н. Громов. - М.: Транспорт, 1982. - 223 с.

32. Володькин П.П. Оптимизация транспортного обслуживания населения муниципальных образований с учетом социальных факторов: автореферат дисс. ... докт. техн. наук:05.22.10 / П.П.Володькин: Волгоград: 2011. - 42 с.

33. Володькин, П.П. Управление и оптимизация деятельности городского пассажирского транспорта в условиях бюджетных ограничений : дис. ... канд. эконом. наук / П.П. Володькин; Хабаровский государственный технический университет. - Хабаровск , 1999. - 214 с.

34. Володькин, П.П. Определение необходимого количества автобусов на маршрутах, исходя из интервала движения, на примере г. Хабаровска / П.П. Володькин, О.М. Дьячкова, А.С. Рыжова // Транспорт: наука, техника, управление. – 2015. – № 3. – С. 28-32.

35. Володькин, П.П. Экономические предпосылки создания транспортно-логистических систем в ДВФО / П.П. Володькин, Г.В. Кожин // Автомобильный транспорт Дальнего Востока. – 2014. – № 1. – С. 76-81.

36. Воронов, В.П. Управление качеством технических обслуживаний и ремонтов автомобилей на автотранспортных предприятиях : Учеб. пособие / В.П. Воронов; Моск. автомоб.-дор. ин-т. - Москва: МАДИ, 1987 (1988).– 85 с.

37. Временная методика определения предотвращённого экологического ущерба, утверждённая Государственным комитетом Российской Федерации по охране окружающей среды 09.03.1999 г.

38. Гаджинский, А.М. Логистика : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки «Экономика», «Менеджмент», «Товароведение», «Торговое дело», «Сервис» (квалификация «бакалавр») / А. М. Гаджинский.- 21-е изд. - Москва : Дашков и К, 2013. - 419 с.

39. Газобаллонные автомобили : справочник / А. И. Морев [и др.]. - М. : Транспорт, 1992. - 175 с.

40. Газобаллонные автомобили / Е.Г. Григорьев, Б.Д. Колубаев, В. И. Ерохов. - М. : Машиностроение, 1989. - 216 с.

41. Гансбург, А.Л. Экономическое состояние и прогнозирование развития наземного городского пассажирского электротранспорта: На примере Санкт-Петербурга : дис. ... канд. тех. наук: 08.00.05 / А.Л. Гансбург : - Санкт - Петербург , 1999. - 115 с.

42. Герами, В.Д. Методология формирования системы городского пассажирского общественного транспорта : дис. ... д-ра тех. наук: 05.22.01 / В.Д. Герами : - М.: МАДИ, 2001. - 328 с.

43. Говорущенко, Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей : [Учеб. для автомоб.-дор. вузов] / Н.Я. Говорущенко. - Харьков : Вища шк. : Изд-во при Харьк. ун-те, 1984. - 312 с.

44. Гольская, Ю.Н. Оценка влияния транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие региона : Автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Ю.Н. Гольская : - Екатеринбург: ФГБУ НИЭ УрО РАН, 2013. - 328 с.

45. Горбачев, С.П. Моделирование режимов заправки криогенного емкостного оборудования / С.П. Горбачев, К.И. Кириенко // Научно-технический сборник · «Вести газовой науки» . - 2015. - № 1. - С. 124-132.

46. ГОСТ Р МЭК 61851-1-2013 «Система токопроводящей зарядки для электромобилей». – Москва : Стандартинформ, 2014 – 52 с.

47. ГОСТ Р 58404-2019 «Станции и комплексы автозаправочные. Правила технической эксплуатации», - Москва : Стандартинформ, 2019 – 56 с.

48. Григорьев, М.Н. Логистика. Продвинутый курс. В 2 ч. Часть 1 : учебник для вузов / М.Н. Григорьев, А.П. Долгов, С.А. Уваров – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 472 с.
49. Гудков, В.А. Совершенствование технологии, организации и управления доставки грузов и пассажиров автомобильным транспортом: Теория и практика: дисс. ...д-ра. тех. наук / В.А. Гудков. – Волгоград, 1999. – 48 с.
50. Гудков, В.А. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев. - М.: Горячая линия Телеком, 2004. - 448 с.
51. Гудков, В.А. Технология, организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник / В. А. Гудков, Л.Б.Миротин. - М.: Транспорт, 1997. - 254 с.
52. Гузенко, А.В. Государственное регулирование логистической системы городского пассажирского транспорта : автореферат дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / А.В. Гузенко : - Ростов-на-Дону , 2009. - 27 с.
53. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. -М.: Высшая школа, 1997. -479 с.
54. Гусынин, А.Б. Теория выборочных обследований / А.Б. Гусынин, В.Г. Минашкин // Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М., 2003 – 67с.
55. Давидович, Л.Н. Проектирование предприятий автомобильного транспорта / Л. Н. Давидович. - М. : Транспорт, 1975. - 392 с.
56. Дацюк, А.М. Управление комплексом наземного пассажирского транспорта Санкт-Петербурга / А.М. Дацюк, А.Э. Горев // Вестник гражданских инженеров. - 2004. - № 1. - С. 157-161.
57. Дедюкин, В.В. Городской пассажирский транспорт: учеб.пособие для вузов / В.В. Дедюкин, А.И. Петров, В.Н. Карнаухов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2008. – 272с.

58. Долгов, А.С. Модельная программа субъекта РФ: Единый подход к развитию регионального рынка газомоторного топлива / А.С. Долгов, К.И. Головщинский // Газовая промышленность. - 2015. - № S3 (728). - С. 20-25.
59. Дрючин, Д.А. Повышение эффективности технической эксплуатации автомобилей на основе кооперации автотранспортных и сервисных предприятий / Д.А. Дрючин, Н.Н. Якунин, Н.В. Якунина // Автомобильная промышленность. - 2017. - № 12. - С. 14-17.
60. Дрючин, Д.А. Результаты технико-экономической оценки структуры производственной базы АТП / Д.А. Дрючин, Н.Н. Якунин, Г.А. Шахалевич // Грузовое и пассажирское автохозяйство. - 2012. - № 1. - С. 63-68.
61. Дрючин, Д.А. Анализ скоростных режимов работы транспортных средств на регулярных автобусных маршрутах / Д.А. Дрючин, А.Ф. Фаттахова, С.В. Баловнев // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2016. - № 8. - С. 95-98.
62. Дрючин Д.А. Результаты моделирования затрат на эксплуатацию автобусов / Д.А. Дрючин, Н.Н. Якунин, А.В. Артамкин, С.Н. Якунин, В.А. Погорелов // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин. - Материалы МНТК, 2007. – Ч.2. - Тюмень: ТюмГНГУ,- С. 98-102.
63. Дьячкова, О.М. Оптимизация структуры парка как одно из решений реформирования организационно-финансового механизма городского пассажирского транспорта / Дьячкова О.М., Володькин П.П. // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств // Материалы 4 МНТК. Ч1.- Пенза: ПГУАС, 2006. - 307-310 с.
64. Евстифеев, А.А. Математическое моделирование режимов работы и производственных процессов АГНКС / А.А. Евстифеев, И.Ф. Никорук // Транспорт на альтернативном топливе.- 2018. - № 3 (63). - С.25-38.
65. Евстифеев А.А. Математическая модель определения численности и производительности заправочных колонок на АГНКС / А.А. Евстифеев // Газовая промышленность. – 2015. – № 8 (726). – С. 95-97.

66. Евстифеев, А.А. Методология рационального построения и непрерывного совершенствования региональной сети АГНКС / А.А. Евстифеев // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 3 (39). – С. 53-60.

67. Ёлгин, А.П. Эксплуатация автомобилей с универсальной газобензиновой системой питания в режиме комбинирования топлив: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.10 / А.П. Ёлгин : - Омск , 1999. - 127 с.

68. Евдасев, И.С. Анализ показателей эксплуатации городского электрического транспорта: учебно-метод. пособие по курсовому проектированию / И.С. Евдасев, Д.В. Дорощук, Ю.А. Балюк // Гомель: УО «БелГУТ», 2006. – 51 с.

69. Ефремов, И.С. Теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособие для вузов / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. - М.: Высшая школа, 1980. – 536 с.

70. Ефремов, И.С. Технические средства городского электрического транспорта: Учеб. пособие для студ. вузов / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.В. Шевченко // «Гор. электрич. транспорт». - М.: Высш. шк., 1985. - 448 с.

71. Закон Оренбургской области «О налоге на имущество организаций» (в ред. Законов Оренбургской области от 26.11.2019 N 1914/506-VI-ОЗ, от 23.12.2019 № 2018/533-VI-ОЗ). Режим доступа: [https://www.nalog.gov.ru/rn56/about\\_fts/docs/9619382/](https://www.nalog.gov.ru/rn56/about_fts/docs/9619382/).

72. Зенченко, В.А. Организация централизованного ТО и ремонта автобусов / В.А. Зенченко, В.А. Васильев, Д.С. Ермилов // Автотранспортное предприятие, 2007. - № 9. - С. 35-40.

73. Зырянов, В.В. Приоритетное движение общественного транспорта: развитие методов организации / В.В.Зырянов, А.А. Мирончук // Транспорт Российской Федерации.- 2012. - № 3-4. - С.22-25.

74. Иванов, М.В. Развитие транспортной инфраструктуры региона: факторы, направления, инструментарий оценки : дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / М.В. Иванов : - Нижний Новгород , 2016. - 196 с.

75. Информационный портал АО «Системный оператор Единой энергетической системы». Режим доступа: <https://www.sups.ru/functioning/ees/ups2022/>.

76. Информационный портал «Инфляция в России». Режим доступа: <https://уровень-инфляции.рф/инфляционные-калькуляторы>.

77. Информационный портал BP Statistical Review of World Energy. Режим доступа: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook/oil.html>;

78. Информационный портал «Helpiks». Режим доступа: <https://helpiks.org/6-85142.html>.

79. Информационный ресурс «Прогностика». Режим доступа: <https://prognostica.info/news/potreblenie-nefti-v-mire-potrebitelei-rossijskoj-nefti/>.

80. Иохин, В.Я. Экономическая теория: учебник / В.Я. Иохин. - М.: Юристь, 2000. -861 с.

81. Карагодин, В.И. Ремонт автомобилей и двигателей : учебник / В.И. Карагодин, Н.Н. Митрохин.- 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2003. - 496 с.

82. Карагодин, В.И. Формирование и теоретическое обоснование основных направлений эффективного развития системы фирменного ремонта автомобилей. Диссертация д.т.н.- М.: 1997. – 547 с.

83. Карагодин, В.И. Централизованный ремонт автомобильных двигателей по техническому состоянию / В.И. Карагодин ; Московский автомобильно-дорожный гос. технический ун-т (МАДИ). - Москва : Техполиграфцентр, 2011. - 94 с.

84. Кириллов, Н.Г. Водородное топливо для автотранспорта / Н.Г. Кириллов, Ю.В. Синяк // Энергия: экономика, техника, экология, 2006. - № 6. - С. 12-17.

85. Колчин, А.Н. Расчет автомобильных и тракторных двигателей / А.Н. Колчин, В.П. Демидов. - М. : Высш. шк., 2001. - 320 с.

86. Кондратьев, В.Б. Глобальный рынок нефти и газа: основные тенденции / В.Б. Кондратьев // Горная промышленность.- 2019. - № 6 (148). - С.24-29.

87. Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 августа 2021 г. № 2290-р. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/bW9wGZ2rDs3BkeZHf7ZsaxnlbJzQbJJt.pdf>.

88. Корягин, М.Е. Оптимизация управления городскими пассажирскими перевозками на основе конфликтно-устойчивых решений: автореферат дисс. ... докт. техн. наук:05.13.10 / М.Е.Корягин.: Новокузнецк: 2011. - 39 с.

89. Котельникова, Н.В. Инвестиционный менеджмент: учеб.пособие / Н.В. Котельникова, О.А. Морозов – ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2020. – 123 с.

90. Кравченко, А.Е. Разработка методики повышения провозных возможностей маршрутных автобусов и качества обслуживания пассажиров в городах курортных зон: Автореф. дисс.... канд. техн. наук / А.Е. Кравченко. – Волгоград, 2004. – 16 с.

91. Кудрявцев А.М. Методическое обеспечение оценки эффективности развития автотранспортной инфраструктуры региона : дисс. ... эконом. наук: 08.00.05 / А.М. Кудрявцев. – Тюмень, 2015. - 173 с.

92. Кузнецов, Е.С. Управление техническими системами [Текст] : учеб.пособие / Е. С. Кузнецов. - М. , 1997. - 177 с.

93. Курганов В.М. Управление автомобильными перевозками на основе ситуационного подхода: автореферат дисс. ... докт. техн. наук: 05.22.08 / В.М. Курганов. - М.: МАДИ, 2004. - 33 с.

94. Курганов, В.М. Логистика. Управление автомобильными перевозками. Практический опыт / В.М. Курганов. – М.: Книжный мир.- 2007. – 448 с.

95. Курников, И.П. Развитие производственно-технической базы автомобильного транспорта : монография / И.П. Курников, Е.С. Кузнецов. – Киев : Вища шк., 1989. – 150 с.
96. Курников, И.П. Технический уровень производства предприятий автомобильного транспорта / И.П. Курников – Киев : Вища шк., 1980. – 168 с.
97. Ларин, О.Н. Методологические основы организации и функционирования транспортной системы региона: монография / О.Н.Ларин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 207 с.
98. Ларин, О.Н. Организация пассажирских перевозок: учебное пособие / О.Н. Ларин. –Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 104 с.
99. Левашов, М.Г. Повышение эффективности эксплуатации газобаллонных автомобилей путем применения комбинированной системы впрыска: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / М.Г. Левашов. – Омск : СибАДИ, 2007. - 120 с.
100. Лисин В.А. Повышение эффективности эксплуатации газобаллонных автомобилей путем обоснования нормативов обслуживания двухтопливной системы питания: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / В.А. Лисин. – Омск : СибАДИ, 2005. - 120 с.
101. Логистика: учебное пособие / под ред. Б.А. Аникина, Т.А. Родкиной. - Москва : Проспект, 2008. - 408 с.
102. Логистика и управление цепями поставок на транспорте : учебник для вузов / И.В. Карапетянц [и др.] ; под редакцией И.В. Карапетянц, Е.И. Павловой. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 362 с.
103. Ложкин, В.Н. Современные экологические требования к автотранспорту в условиях производства и эксплуатации / В.Н. Ложкин, Н.С. Буренин, В.В. Медейко // Транспорт Российской Федерации. - 2005. - № 1 (1). - С. 64-65.
104. Ложкина, О.В. Мониторинг и прогнозирование опасного техногенного загрязнения атмосферы парниковыми газами транспорта :

монография. - Санкт-Петербург. Университет ГПС МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, 2023. – 164 с.

105. Люгай, С.В. О нормировании эксплуатационных затрат на АГНКС / С.В. Люгай, В.Б. Петряхина, Л.А. Гнедова, К.А. Гриценко // Транспорт на альтернативном топливе.- 2010. - № 1 (13). - С.30-34.

106. Льотко, В. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания / В. Льотко, В. Н. Луканин, А. С. Хачиян ; ред.: В. Льотко, В. Н. Луканин. - Москва : МАДИ, 2000. - 311 с.

107. Лукинский, В.С. Логистика автомобильного транспорта / В.С. Лукинский, В.И. Бережной, Е.В. Бережная, И.А. Цвиринько. - М 2004. – 280 с.

108. Лукинский, В.С. Модели и алгоритмы управления обслуживанием и ремонтом автотранспортных средств : Учеб. пособие / В.С. Лукинский, Е.И. Зайцев, В.И. Бережной; С.-Петерб. гос. инженер.-экон. акад. - СПб. : СПбГИЭА, - 1997. - 95 с.

109. Ляпин, Н.А. Методологические основы реструктуризации автотранспортных комплексов в условиях рыночной экономики: монография / М. М. Смоляев, Н. А. Ляпин; НПСТ «Трансконсалтинг». - М.: НПСТ «Трансконсалтинг», 2005. - 59 с.

110. Мазурова О.В. Оценка сравнительной эффективности использования автомобильных топлив и электроэнергии для автомобильного транспорта // Экономика региона. - 2019. - Т. 15, вып. 2. - С. 493-505.

111. Матанцева О.Ю. Основы экономики автомобильного транспорта : учебное пособие / О.Ю. Матанцева. - М.: Юстициформ, 2020 – 256 с.

112. Максимов, В.А. Научные основы повышения эффективности использования городских автобусов средствами инженерно-технической службы: дисс. ... докт. техн. наук: 05.22.08 / В.А. Максимов. – Москва, 2000. - 442 с.

113. Максимов, В.А. Нормативы технического обслуживания новых моделей городских автобусов ЛиАЗ-52922 в условиях ГУП "МОСГОРТРАНС" / В. А. Максимов, С. В. Рощақ, П. В. Максимов // Грузовик, 2014. - № 3. - С. 8-9.
114. Медведева, О.Е. Оценка ущерба от загрязнения атмосферного воздуха в России. Современные подходы и методика /О.Е. Медведева, А.И. Артемников // Экономика и управление народным хозяйством. – 2019. - № 8 (215). – С. 31 – 42.
115. Мелентьев, Д.Ю. Единая система логистики городского пассажирского транспорта: основы построения / Д.Ю. Мелентьев // Вестник экономики транспорта и промышленности. – 2012. – № 39. – С. 144-148.
116. Мельников, В.П. Логистика : учебник для вузов / В.П. Мельников, А.Г. Схиртладзе, А.К. Антонюк ; под общей редакцией В.П. Мельникова. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 288 с.
117. Методические рекомендации по стимулированию использования электромобилей и гибридных автомобилей в субъектах Российской Федерации. Утверждены распоряжением Минтранса России от 25.05.2022 № АК-131-р. Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/10/11866>.
118. Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования / Распоряжение министерства транспорта российской федерации от 18 апреля 2013 г. № НА-37-р. Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=249183> .
119. Методы расчёта выбросов от автотранспорта и результаты их применения / В. Донченко [и др.] // Журнал автомобильных инженеров. - 2014. - № 3 (86). - С. 44-51.
120. Миротин, Л.Б. Логистика: общественный пассажирский транспорт: Учебник для студентов экономических вузов / Под общ.ред. Л.Б. Миротина. -М: Изд-во «Экзамен», 2003 – 224 с.
121. Миротин Л.Б. Эффективная логистика / Л.Б. Миротин, Ы.Э.

Ташбаев. – М.: Экзамен, 2003. – 160 с.

122. Мирошников, Л.В. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях / Л. В. Мирошников, А. П. Болдин, В. И. Пал. - М. : Транспорт, 1977. - 264 с.

123. Министерство энергетики Российской Федерации. Руководящий документ «Правила технической эксплуатации автозаправочных станций» РД 153-39.2-080-01 (в ред. Изменений и дополнений, утв. Приказом Минэнерго РФ от 17.06.2003 № 226). Режим доступа: [http://termoteks.ru/gost/RD\\_153-39.2-080-01\\_Pravila\\_tekhnicheskoy\\_expluatacii\\_AZC.pdf](http://termoteks.ru/gost/RD_153-39.2-080-01_Pravila_tekhnicheskoy_expluatacii_AZC.pdf).

124. Налоговый кодекс Российской Федерации (НК РФ). Режим доступа: <https://base.garant.ru/10900200/>.

125. Напольский, Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания [Текст] : учеб.для вузов / Г.М. Напольский.- 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Транспорт, 1993. - 271 с.;

126. Нестеренко, Д.Х. Методика повышения привлекательности городских пассажирских автомобильных перевозок на основе управления структурой транспортных потоков : дис. ... канд. техн. наук: 2.9.5 / Д. Х. Нестеренко; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург , 2021. - 118 с.

127. Новоселов, Д.М. Определение максимального количества и вместимости подвижного состава на городском маршруте : автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Д.М. Новоселов.- Тюмень : 2009. – 18 с.

128. О тенденциях в автомобилестроении в области снижения негативных воздействий на окружающую среду / А. А. Ипатов [и др.] // Труды НАМИ. - 2010. - № 244. - С. 52-72.

129. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» : постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 года № 326. Доступ из справочной

правовой системы «КонсультантПлюс». Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_162183/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162183/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/).

130. Овсянников, М.А. Перспектива развития СПГ технологии на автомобильном транспорте в СЗФО. Анализ состояния инфраструктуры, существующих заправок и заводов СПГ / М.А. Овсянников, С.А. Воробьёв // Евразийский научный журнал. – 2020. – № 2. – С. 19-24.

131. ОНТП-01-91 (РД 3107938-0176-91) «Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта». Режим доступа: <https://base.garant.ru/70809786/>.

132. Основные положения по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения. Утв. Постановлением Совета Министров-Правительства РФ от 23.10.93г. №1090.

133. Основы логистики: учебное пособие / под.ред. Л.Б. Миротина и В.И. Сергеева. - М.: ИНФРА-М, 2000. -200 с.

134. Основы логистики: учебник для вузов/ В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, С.А. Ширяев, Д. В. Гудков; под ред. В.А. Гудкова. - М.: Горячая линия – Телеком, 2004. - 351 с.

135. О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года : Указ Президента Российской Федерации от 19 апреля 2017 года. № 176. Доступ из справочной правовой системы «КонсультантПлюс». Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_215668/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_215668/).

136. Организация управления автомобильным транспортом: монография / В.М.Курганов, Ю.И. Куликов, И.Н. Пугачев, В.Н. Шпаков, Л.Б. Миротин и др. - Владивосток: Дальнаука, 2011. – 400 с.

137. Певнев, Н.Г. Совершенствование процесса эксплуатации газобаллонных автомобилей с двухтопливной системой питания : дис.... докт. тех. наук: 05.22.10 / Н.Г. Певнев. – Омск : СибАДИ , 2004. - 424 с.

138. Попова, Е.Е. Развитие региональных транспортно-логистических систем на пассажирском транспорте : дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / Е.Е. Попова. – Иркутск : ФГБОУ ВПО БГУ , 2015. - 147 с.

139. Порядок проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, корректировки ее данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения таких инвентаризации и корректировки. Утверждён приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 871 от 19 ноября 2021 г. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403037989/>.

140. Постановление Госгортехнадзора РФ от 5 июня 2003 г. № 61 «Об утверждении Правил устройства и безопасной эксплуатации компрессорных установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах». Режим доступа: <https://base.garant.ru/185989/>.

141. Постановление Правительства РФ от 1 января 2002 г. № 1 «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы» (с изменениями и дополнениями). Режим доступа: <https://base.garant.ru/12125271/>.

142. Постановление Правительства РФ от 12 июня 2003 г. № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, в том числе через централизованные системы водоотведения, размещение отходов производства и потребления». Режим доступа: <https://base.garant.ru/12131296/>.

143. Постановление Правительства РФ от 18.08.2022 № 1441 «О ставке платы за превышение квоты выбросов парниковых газов в рамках проведения эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов на территории Сахалинской области» Режим доступа: <https://base.garant.ru/405175701/>.

144. Постановление Правительства РФ от 20 декабря 2017 г. № 1596 Об утверждении Государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы». Режим доступа: <https://base.garant.ru/71843998/> .

145. Правила технической эксплуатации автомобильных газонаполнительных компрессорных станций. ВРД 39-2.5-082-2003 (утв. ОАО «Газпром» 15.05.2003). Режим доступа: [https://cngas.ru/wp-content/uploads/2013/09/EXP485536\\_0\\_20130316\\_141255\\_52796.pdf](https://cngas.ru/wp-content/uploads/2013/09/EXP485536_0_20130316_141255_52796.pdf) .

146. Правила эксплуатации автошин. – М.: Министерство транспорта РФ.-1997.–71 с.

147. Приказ Минприроды России от 27.11.2019 № 804 Об утверждении методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха (Зарегистрировано в Минюсте России 24.12.2019 N 56957). Режим доступа: <https://sudact.ru/law/prikaz-minprirody-rossii-ot-27112019-n-804/> .

148. Приказ от 15 декабря 2020 г. № 530 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности автогазозаправочных станций газомоторного топлива»». Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-rostekhnadzora-ot-15122020-n-530-ob-utverzhdenii-federalnykh/> ;

149. Приказ Минэнерго России от 04.10.2022 № 1070 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации и о внесении изменений в приказы Минэнерго России от 13 сентября 2018 г. № 757, от 12 июля 2018 г. № 548» (Зарегистрировано в Минюсте России 06.12.2022 № 71384). Режим доступа: [https://kraselektroset.ru/wp-content/uploads/2023/01/p\\_1070.pdf](https://kraselektroset.ru/wp-content/uploads/2023/01/p_1070.pdf) ;

150. Проблемы учета выбросов парниковых газов от автомобильного транспорта на национальном уровне. Разработка расчетной транспортной модели для совершенствования процедуры инвентаризации выбросов Лытов В.М., Трофименко Ю.В., Зеленова М.С., Гинзбург В.А.,

Зайнулин С.М. / В сборнике: Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды: приземный климат, загрязняющие и климатически активные вещества. Материалы III всероссийской научной конференции с международным участием / Москва, - 2023. С. 156-160.

151. Проектирование авторемонтных предприятий : учеб. пособие по спец. «Автомобили и автомоб. хоз-во» / [Л. В. Дехтеринский и др.]. - М. : Транспорт, 1981. - 222 с.

152. Проскурина, Н.В. Методы выборочных обследований : практикум / Н.В. Проскурина, О.В. Баканач, Е.Г. Репина. - Электрон. дан. - Самара : Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2019. - 98 с.

153. Пугачев И.Н. Теоретические принципы и методы повышения эффективности функционирования транспортных систем городов: автореферат дисс. ... докт. техн. наук: 05.22.01 / И.Н.Пугачев. –Екатеринбург: 2010. - 39 с.

154. Рассоха, В.И. Моделирование показателей эффективности городского пассажирского транспорта при обслуживании нестационарных пассажиропотоков / В.И. Рассоха, С.Л. Надирян // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 4-1 (83). – С. 81-90.

155. Распоряжение Министерства транспорта РФ от 31 января 2017 г. № НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом». Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71508414/#:~:text=Качество%20транспортного%20обслуживания%20населения%20представляет,%20надежности%2C%20доступности%20и%20комфорности> ;

156. Распоряжение министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 1 ноября 2013 г. № 6-р «Об утверждении порядка организации работ по оценке выбросов от отдельных видов передвижных источников» (с изменениями в соответствии с распоряжением № 37-р от 13 декабря 2019 г.). Режим доступа: <https://e-ecolog.ru/docs/zBxDPmb46gGu4yf6NY7Nw/full>;

157. Резер С.М. Комплексное управление перевозочным процессом при взаимодействии железных дорог с другими видами транспорта в узлах : дисс. .... докт. техн. наук: 05.22.08 / С.М. Резер. – Москва : 2082. - 390 с.
158. Родько, В.И. Электроснабжение городского электрического транспорта: Учебное пособие / В.И. Родько. – Гомель: БелГУТ, 2006 г. – 83 с.
159. Рузский, А.В. Обеспечение экологической безопасности автотранспортных средств в период эксплуатации: вопросы нормирования и контроля / А.В. Рузский, Ю.И. Кунин Ю.И., Е.В. Парфенов // Журнал автомобильных инженеров. - 2012. - № 3 (74). - С. 19-25.
160. Руководство по эксплуатации «Автобус ПАЗ-32053 и его модификации», 320530-3902010 РЭ / ООО «Павловский автобусный завод» - Павлово: 2017. – 117 с.
161. Сайт «Вести КамАЗа». Режим доступа: [https://www.vestikamaza.ru/posts/zavisit\\_li\\_rossijskaya\\_ekonomika\\_ot\\_czen\\_na\\_neft/](https://www.vestikamaza.ru/posts/zavisit_li_rossijskaya_ekonomika_ot_czen_na_neft/) ;
162. Сафонов, Э.А. Научно-методические основы развития систем городского пассажирского транспорта (города от 100 до 1500 тыс. жителей): автореф. дисс.... докт. тех. наук: 05.22.10 / Э.А. Сафонов. - Омск: СибАДИ, 1992. - 49 с.
163. Свод правил СП 156.13130.2014 «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности» (утв. приказом МЧС России от 5 мая 2014 г. № 221). Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70570912/> .
164. Серафимов, А.М. Исследование влияния альтернативных источников энергии автомобиля на технико-экономические показатели : дисс.... канд. тех. наук: 05.20.03 / А.М. Серафимов. - Москва: МГАУ, 2008. - 155 с.
165. Сизова, Т.М. Статистика: учебное пособие. – СПб НИУ ИТМО, 2013. – 176 с.
166. Системы, технологии и организация услуг в автомобильном сервисе : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования /

[А.Н. Ременцов, Ю.Н. Фролов, В.П. Воронов и др.] : под ред. А.Н. Ременцова, Ю. Н. Фролова. - М. : Издательский центр «Академия», 2013. - 480 с.

167. СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Системы внутреннего холодного и горячего водоснабжения исходя из численности персонала». Режим доступа: <https://e-ecolog.ru/docs/1c9E4rfxrppyIlo4acFb6>.

168. Современное использование альтернативных топлив для автотранспорта / Е.С. Кольцова, Е.М. Иванникова, В.Г. Систер [и др]. // Технические науки: проблемы и перспективы : материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2015 г.). - Санкт-Петербург : Свое издательство, 2015. - С. 88-91.

169. Современные системы технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей: монография / Н.А. Ляпин, С.А. Ширяев, А.П. Федин, М. В. Полуэктов; ВолгГТУ. - Волгоград, 2016. - 188 с.

170. Сакульева, Т.Н. Роль электротранспорта в городской транспортной системе / Т.Н. Сакульева, В.В. Сотникова / Вестник университета.- 2022. - № 5. - С.108-114.

171. Специальный курс ремонта автотранспортных средств [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. П. Апсин [и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образов. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2009. - 174 с.

172. Спирин, И.В. Методология планирования автомобильных пассажирских перевозок / И.В. Спирин, В.М. Беляев, В.В. Антонова / Мир транспорта. - 2019. - Т. 17. № 1 (80). - С. 20-37..

173. Спирин, И.В. Перевозки пассажиров городским транспортом: Справочное пособие / И.В. Спирин. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. - 413 с.

174. Стандарт отрасли ОСТ 153-39.3-052-2003 «Техническая эксплуатация газораспределительных систем. Газонаполнительные станции и пункты. Склады бытовых баллонов. Автогазозаправочные станции» (утв.

приказом Минэнерго РФ от 27 июня 2003 г. № 259). Режим доступа: <https://base.garant.ru/3924532/>.

175. СТО 34.01-8.1-001-2021 «Электрозарядные станции для электромобилей. Общие технические требования на электrozарядные станции постоянного тока». Дата введения: 28.07.2021. Режим доступа: [https://old.rosseti.ru/investment/standart/corp\\_standart/doc/СТО\\_34.01-8.1-001-2021.pdf](https://old.rosseti.ru/investment/standart/corp_standart/doc/СТО_34.01-8.1-001-2021.pdf).

176. Тарасов, В.В. Организация производственно-технической службы автотранспортного объединения. - Москва : [ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР], 1974. – 71 с.

177. Теория двигателей внутреннего сгорания /под ред. Н. Х. Дьяченко. - Л.: Машиностроение. - 1974. - 415 с.

178. Техническая эксплуатация автомобилей : учеб. для вузов / под ред. Е.С. Кузнецова .- 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 2004. - 535 с.;

179. Техническая эксплуатация автомобильного транспорта / под общ. ред. М.Н. Бедняка. - Киев : Техника, 1979. - 296 с.

180. Техническая эксплуатация автомобилей. Учебник для вузов под. ред.. Г.В. Крамаренко. - М.: Транспорт, 1983. – 488 с.

181. ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств. Режим доступа: [https://sudact.ru/law/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuza-ot-09122011-n\\_19/tr-ts-0182011/](https://sudact.ru/law/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuza-ot-09122011-n_19/tr-ts-0182011/).

182. Транспортная и энергетическая инфраструктура в развитии производительных сил макрорегиона : монография / Под науч. ред. М.Б. Петрова. - Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2022. - 275 с.

183. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf>;

184. Троллейбусный транспорт в России. Состояние и перспективы

рынка (Аналитический отчёт) / Транспортный университет. Российская академия транспорта / Москва. – 2022. – 122 с.

185. Трофименко, Ю.В. Актуализированный прогноз численности, структуры автомобильного парка России по типу энергоустановок и выбросов парниковых газов до 2050 года / Ю.В. Трофименко, В.И. Комков // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета, 2023. - Т. 20. № 3 (91). - С. 350-361.

186. Трофимов, А.В. Повышение эксплуатационной надежности газобаллонных автомобилей за счет применения двухтопливной системы питания : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / А. В. Трофимов. - Омск , 2002. - 123 с.

187. Трудовой кодекс Российской Федерации [Текст]: по сост. на 15 июня 2009 г. - Новосибирск :Сиб. унив. изд-во, 2009. - 191 с.

188. Улицкая, И.М. Организация, нормирование и оплата труда на предприятиях транспорта [Текст] : учеб.для вузов / И. М. Улицкая. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 385 с.

189. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е.С. Кузнецов. - М. : Транспорт, 1982. - 224 с.

190. Федеральный закон «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 13.07.2015 № 220-ФЗ: Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_182659/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182659/).

191. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2024). Режим доступа: [https://rpn.gov.ru/upload/iblock/c36/1uqy3p77dfbriu9rca9zrwgryzezl9mk/Federalnyy-zakon-ot-10.01.2002-N-7\\_FZ-\\_red.-ot-25.12.2023\\_.pdf](https://rpn.gov.ru/upload/iblock/c36/1uqy3p77dfbriu9rca9zrwgryzezl9mk/Federalnyy-zakon-ot-10.01.2002-N-7_FZ-_red.-ot-25.12.2023_.pdf).

192. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха». Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_22971/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22971/).

193. Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов». Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_388992/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/).

194. Федеральный закон от 27.07.2010 № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте». Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_103102/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103102/).

195. Федеральный закон от 21.07.97 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_15234/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/).

196. Филиппов, А.А. Повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств путем подбора альтернативных видов топлива : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А. А. Филиппов. - Оренбург , 2004. - 135 с.

197. Филиппов А.А., Сулейманов И.Ф., Арсланов М.А. Теоретические основы комплексного подхода к оценке экологической опасности автотранспорта на участке урбанизированной территории // Интеллект. Инновации. Инвестиции. - 2019. - № 1. - С. 97-103.

198. Формирование газозаправочной инфраструктуры, адаптированной к параметрам работы пассажирского маршрутного транспорта / Бондаренко Е. В., Шайлин Р. Т., Филиппов А. А., Сологуб В. А. // Международный научно-исследовательский журнал, 2017. - 1-4 (55). - С. 25-29. - 5 с.

199. Хрипач, Н.А., Шустров Ф.А., Петриченко Д.А. Анализ эффективности энергопотребления безрельсового пассажирского транспорта на базе тягового электропривода / Н.А. Хрипач, Ф.А. Шустров, Д.А. Петриченко // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15724>.

200. Черепанов, А.П. Комплектование и обустройство АГНКС / А.П. Черепанов, Е.П. Мовчан // Транспорт на альтернативном топливе.- 2009. - № 1 (7). - С.26-34.

201. Шавыраа, Ч.Д.О. Организационные преобразования в сфере городского пассажирского транспорта в городе Кызыле республики Тыва / Ч.Д.О. Шавыраа, А.Э. Горев // Автотранспортное предприятие. - 2009. - № 2. - С. 18-20.
202. Шалай, В.В. Проектирование и эксплуатация нефтебаз и АЗС: учеб. пособие / В.В. Шалай, Ю.П. Макушев. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. - 296 с.
203. Шахалевич, Г.А. Методика определения структуры производственно-технической базы АТП на основе кооперации с сервисными предприятиями: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Г. А. Шахалевич; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург , 2012. - 139 с.
204. Штанг, А.А. Повышение эффективности электротранспортных систем на основе использования накопителей энергии: дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03 / А. А. Штанг; Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Новосибирский государственный технический университет». - Новосибирск , 2006. - 233 с.
205. Щербаков, Д.И. Экономический механизм стимулирования охраны атмосферы: дис. на соиск. учен. степ. канд. экон. наук: 08. 00. 05, 11.00.11. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, - 1999. - 167 с.
206. Эдер, Л.В. Прогнозирование энерго- и нефтепотребления автомобильным транспортом в регионах Российской Федерации / Л.В. Эдер, И.В. Филимонова, В.Ю. Немов, И.В. Проворная // Экономика региона. - 2017. - Т. 13, вып. 3. - С. 859-870
207. Экономика предприятий автомобильного транспорта [Текст]: учеб. пособие / Б.Ю. Сербиновский [и др.]. - Ростов-на-Дону: МарТ, 2006. - 496 с.
208. Экология : учебник и практикум для академического бакалавриата / под ред. О.Е. Кондратьевой. - М. : Издательство Юрайт, 2016. - 283 с.
209. Экотехника. Защита атмосферного воздуха от выбросов пыли, аэрозолей и туманов / под ред. Л.В. Чекалова – Ярославль: Издательство «Русь». - 2004. – 424 с.

210. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf>.

211. Эффективность городского пассажирского общественного транспорта : монография / А. В. Вельможин [и др.] ; ВолгГТУ. - Волгоград : ВолгГТУ, 2002. - 256с.

212. Якимов, М.Р. Научная методология формирования эффективной транспортной системы крупного города: дис. ...докт. техн. наук: 05.22.01 / М.Р. Якимов. - М., 2011. – 46 с.

213. Якимов, М.Р. Транспортное планирование: терминологический словарь / М. Р. Якимов. – М: Агентство РАДАР, 2022. – 86 с.

214. Якимов, М.Р. Организация пассажирских перевозок. Брутто контракты / LIVEJOURNAL 14 мая 2018 года. Режим доступа: <https://yakimovmihail.livejournal.com/216076.html>.

215. Якимов, М.Р. Подходы к формированию эффективной маршрутной сети крупных городов/ М.Р. Якимов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. - 2022. - № 3 (55). - С. 107-113.

216. Якунин, Н.Н. Концептуальные положения организации транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом по маршрутам регулярных перевозок / Н.Н.Якунин, Н.В. Якунина // Materialy mezinarodni vedecko-praktika conference «Dny vedy - 2012» - Dil 90. Technicke vedy: Praha. C. 17-21.

217. Якунин, Н.Н. Модель организации транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом по маршрутам регулярных перевозок /Н.Н.Якунин, Н.В.Якунина, А.В.Спирин // Грузовое и пассажирское хозяйство. - 2013. - № 3. - С.78 - 83.

218. Якунина, Н.В. Расчет структуры подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта на регулярных городских маршрутах с ограничениями, накладываемыми улично-дорожной сетью /

Н.В. Якунина, Н.Н. Якунин, Р.Ф. Аминев // Грузовое и пассажирское автохозяйство. М.: - 2012. - № 3. - С. 65-70.

219. Якунина, Н.В. Методология повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам : дис. ... д-ра тех. наук / Н. В. Якунина; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург , 2015. - 458 с.

220. Якунина, Н.В. Совершенствование методологии определения структуры подвижного состава городского пассажирского автомобильного транспорта / Н.В.Якунина// Вестник Оренбургского государственного университета. -2011.- №10 (129).- С.13-19.

221. Якунина, Н.В. Критерии определения структуры подвижного состава городского пассажирского транспорта / Н.В.Якунина // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - № 2 (33).- С.112-119.

222. Якунина, Н.В. Организация перевозок пассажиров городским общественным транспортом на основе брутто-контракта / Якунина Н.В., Студеникин В.А. // Прогрессивные технологии в транспортных системах : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., 11-13 нояб. 2021 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации [и др.] ; отв. ред. В. И. Рассоха, И. Х. Хасанов. - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ, 2021. - С. 606-611.

223. Atkins, A. Monitoring Local Bus Service Tenders in England – Bus Tendering Good Practice Guide, Department for Transport (DfT). -2005.-London,.-158p.

224. Baron, P. Transportation in Germany: A historical overview. Transportation Research Part A: Policy and Practice.-1995.-29(1), P.9–20.

225. Boitani A, Cambini C. (2006), «To Bid or Not to Bid, This is the Question: The Italian Experience in Competitive Tendering for Local Bus Services», European Transport n. 33, P. 41-53.

226. Bratzel, S. (1999). Conditions of success in sustainable urban transport policy - policy change in «relatively successful» European cities. *Transport Reviews*, 19(2), P.177–190.
227. Buehler, R. Promoting public transportation: A comparison of passengers and policies in Germany and the US. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board of the National Academies of Science*. - 2009- 21(10).- P.60–68.
228. Colin Buchanan and Partners, Study of Good Practice in Contracts for Public Passenger Transport – Final Report, Appendix: Guide to Contracts and Contracting in Public Transport, For the European Commission.- Brussels, 2003.-76p. <http://www/500-0-500.ru/press/taxi.php>.
229. Grant, J. Mixed use in theory and practice: Canadian experience with implementing a planning principle. *Journal of the American Planning Association*.- 2002.- 68(1), P.71–85.
230. Lefever D.W. Measuring geographic concentration by means of the standard deviational ellips.- *The American Journal of Sociology*, 1926,V.32, №1.- P.67-89.
231. Osculati, F. Local Public Transport in Italy: The Long and Tortuous Way of a Tentative Reform / Franco Osculati, Andrea Zatti. – Working paper CIRIEC № 2008/08. – ISSN № 2070-8289. – 68p.
232. Pucher, J. Urban passenger transport in the United States and Europe: A comparative analysis of public policies. Part 1. Travel behavior, urban development and automobile use. *Transport Reviews*. -1995.-15(2).-P. 99–117.
233. Pucher, J. Urban passenger transport in the United States and Europe: A comparative analysis of public policies. Part 2. Public transport, overall comparisons and recommendations. *Transport Reviews*.- 1995.- 15(3), P.211–227.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Приложение 1

Таблица П.1 – Пассажирские маршруты системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга

№ пп	1	2	3	4	5	6	7
№ маршрута	2 трол	4 трол	6 трол	7 трол	10 трол	12 трол	20
Конечные пункты	РТИ-Драмтеатр	24 м. район - Хабаровская	Волгоградская - Драм. театр	Ж/Д вокзал - 24 м. район	Общежитие (пр. Победы) - Карачи	Магазин "Уют" - Мусы Джалиля	Гаранькина – 24 м. район
Протяжённость, км	прям обр	9,4 8,2	12,3 14,3	12,4 12,4	11,1 10,9	10,3 12,8	11,6 11,6
Остановки	Средн	8,8	13,3	12,4	11	11,55	11,6
прям обр	18 17	24 27	30 29	26 25	18 22	24 23	23 23
Модель транспортных средств	Троллейбус	Троллейбус	Троллейбус	Троллейбус	Троллейбус	Троллейбус	ЛиАЗ
Количество транспортных средств, ед.	15	13	9	16	12	16	18
Годовой объём перевозок, тыс. чел.	3534	1586	358,8	2683,4	1092,8	1595,3	1087,3
Интервал движ. мин.	6:45 - 9:00 9:00 - 16:00 16:00 - 20:00 20:00 - 23:00	4,5 6,5 4,5 11	8,5 13,5 8,5 20	27,5 36,5 27,5 45	6,5 7,8 6,5 10	8,5 13,5 8,5 15	9,5 12,5 9,5 40

## Продолжение таблицы П.1

№ пп		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
№ маршрута		21	30	2т	7т	13 т	17т	27т	30т	32т	33т
Конечные пункты		Автоцентр "Клифорд" - 24 м. район	"Автоколонна 1825" - Торгмаш	24 м. район - РТИ	ТК Максимум - Ж/Д вокзал	Центральный суд - Весенний 2	Армада - Депо	ТК Форштаг - Новая	"Автоколонна 1825" - Торгмаш	Армада - ТЭЦ	Армада - Ж/Д Вокзал
Протяжённость, км	прям	21	18,4	14,9	10,1	17,8	21,4	16,6	19,2	17,1	14
	обр	18,2	16,6	17	9,9	15,6	20,9	15	17,8	20,1	14,4
	Средн	19,6	17,5	15,95	10	16,7	21,15	15,8	18,5	18,6	14,2
Остановки	прям	34	44	28	21	30	38	30	43	34	31
	обр	31	39	29	18	29	40	27	38	32	29
Модель транспортных средств		ЛиАЗ	ЛиАЗ	ГАЗель Next	ГАЗель Next	ГАЗель Next	ГАЗель Next	ГАЗель Next	ГАЗель Next	ГАЗель Next	ГАЗель Next
Количество транспортных средств		22	20	18	8	18	6	8	24	18	8
Годовой объём перевозок, тыс. чел.		3409,7	1126,6	1858,9	246,5	985,7	1518,8	761,5	1007,3	1235,6	477,7
Интервал движ. мин.	6:45 - 9:00	6,5	17	3,75	5	15	12	5	10	5,5	10
	9:00 - 16:00	7,5	25	6,25	7	20	16	8	15	7,5	15
	16:00 - 20:00	6,5	17	3,75	5	15	12	5	10	5,5	10
	20:00 - 23:00	19	40	10	15	30	20	20	20	10	20

## Продолжение таблицы П.1

№ пп	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
№ маршрута	36т	57т	62т	18т(с)	23	24	19	17	18	25
Конечные пункты	пос. Кушкуль - ТК "Форштадт"	Автоцентр "Клифорд" - Ж/Д Вокзал	Гараньки на - Пристанционный - Нахимова	Переезд (ул. Калининградская) - ГИБДД	Челюскинцев - Пристанционный	Челюскинцев - гора Сулак	Челюскинцев - 18 разъезд (Ленинск ий лучь)	Армада - Депо	Областная больница - Переезд (ул. Калининградская)	"Автоколонна 1825" - ТЭЦ
Протяжённость, км	прям	19,9	14,7	20,3	21,2	10,3	18,1	13,5	19,8	16,2
	обр	19,6	14,4	21,1	20,8	10	17,6	13,4	20,3	16,4
	Средн	19,75	14,55	20,7	21	10,15	17,85	13,45	20,05	16,3
Остановки	прям	35	26	37	39	16	29	26	35	31
	обр	34	25	35	38	13	26	22	38	29
Модель транспортных средств	ГАЗель Next	ГАЗель Next	ГАЗель Next	ГАЗель Next	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254
Количество транспортных средств, ед.	22	20	18	12	6	5	1	23	24	39
Годовой объём перевозок, тыс. чел.	1821,4	346,9	1334,6	577,6	133,2	195,4	79,7	4442,4	2904,5	4232,5
Интервал движ. мин.	6:45 - 9:00	5	15	6	40	По расписан ию	По расписан ию	4	6	4,5
	9:00 - 16:00	8	25	10	1 час			5	8	5
	16:00 - 20:00	5	15	6	40			4	6	4,5
	20:00 - 23:00	25	30	20	-			10	12	15

## Продолжение таблицы П.1

№ пп	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
№ маршрута	26	31	33	35	38	39	40	41	43	45
Конечные пункты	24 м. район - Мусы Джалиля	Ж/Д вокзал - ЦРБ	Армада - Ж/Д Вокзал	ТК "Форштадт" - РТИ	ТК "Максимум" - Ж/Д Вокзал	Мусы Джалиля - Магазин "Уют"	Гаранькина - 60 лгт Октября	Автоцентр "Клифорд" - Конечная (Карабчи)	Конечная (Карабчи) - Ж/Д Вокзал	Студенческая (ОГУ) - 24 м. район
Протяжённость, км	прям	12,5	13	20,3	11,6	21	16,5	18,6	25,23	14,8
	обр	15	14,2	19,4	11,2	20	14,7	17,8	25,51	16,6
	Средн	13,75	13,6	19,85	11,4	20,5	15,6	18,2	25,37	20,15
Остановки	прям	28	29	40	23	40	39	35	48	27
	обр	29	26	38	22	36	25	35	45	40
Модель транспортных средств	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254
Количество транспортных средств, ед.	22	10	22	11	25	14	28	30	12	19
Годовой объём перевозок, тыс. чел.	4783,3	1905,9	1564,7	1858,9	5293,5	3837,8	7464,3	4754,6	798,7	5354
Интервал движ. мин.	6:45 - 9:00	3,75	7	6	5	10	4	4	8	10
	9:00 - 16:00	4,5	10	8	8	12	5	5	8	15
	16:00 - 20:00	3,75	7	6	5	10	4	4	8	10
	20:00 - 23:00	20	20	30	16	20	10	15	20	9

## Продолжение таблицы П.1

№ пп		38	39	40	41	428	43	44	45	46
№ маршрута		49т	51	52	53	56	59	61	63	67
Конечные пункты		20-й м. район - Драм. Театр	Гаранькина - Ж/Д Вокзал	Гаранькина - Ж/Д вокзал	24 м. район - Конечная (Карачи)	Старые Ростоши - Ж/Д Вокзал	20 м. район - 23 м. район	Армада - 24 м. район	пос. Кушкуль 3 - 24 м. район	14 м. район - пос. Куйбышева
Протяжённость, км	прям	15,7	17,8	18,8	19,4	19,1	23,2	22,1	18,4	24,1
	обр	15,4	16,4	17,8	20,1	16,9	23	21	20,3	23,9
	Средн	15,55	17,1	18,3	19,75	18	23,1	21,55	19,35	24
Остановки	прям	31	34	41	33	34	43	38	37	47
	обр	29	30	37	35	30	41	36	38	48
Модель авт		ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254	ПАЗ 3254
Количество транспортных средств, ед.		18	20	22	24	24	26	24	18	30
		24	29	31	34	34	37	34	26	43
		17	44	28	18	54	37	35	33	45
Годовой объём перевозок, тыс. чел.		1527,9	5780,6	7819,6	2049,2	2755,6	7022,6	5592,7	5700	7718,6
Интервал движ. мин.	6:45 - 9:00	5	3	4	7	4	4,5	5	4	3,5
	9:00 - 16:00	6,5	4	5	8	5	5,5	7	5	5
	16:00 - 20:00	5	3	4	7	4	4,5	5	4	3,5
	20:00 - 23:00	20	20	15	15	20	18	20	15	20

## Приложение 2

Таблица П.2 – Проектные структурные параметры парка транспортных средств системы городского наземного пассажирского транспорта города Оренбурга

Номер по порядку	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Марка транспортного средства	ЛиАЗ									
№ Маршрута	2	4	20	21	30	7	10	12	17	18
Годовой объём перевозок, чел.	1560000	1586000	2087300	3309700	1926600	2683400	1092800	1595300	2400000	2904500
Принятое количество автобусов, закреплённых за маршрутом	8	9	16	19	15	14	8	9	9	17
Годовой пробег, км.	268056	357408	536112	804168	536112	625464	268056	357408	536112	714816
Общие затраты, руб.	32 621 608	40 975 333	65 243 217	90 304 392	63 731 130	69 060 682	32 621 608	40 975 333	54 658 610	80 438 580
Общий экологический ущерб, руб.	148 795	198 394	297 591	446 386	297 591	347 189	148 795	198 394	297 591	396 787
Себестоимость перевозки 1 пассажира с учётом экологического ущерба, руб.	21,0	26,0	31,4	27,4	33,2	25,9	30,0	25,8	22,9	27,8

## Продолжение таблицы П.2

Номер по порядку	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Марка транспортного средства	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ
№ Маршрута	25	26	31	35	38	39	40	41	45	49т
Годовой объём перевозок, чел	4232500	4283300	1905900	1858900	4693500	3837800	3804300	3954600	4954000	1527900
Принятое количество автобусов, закреплённых за маршрутом	18	17	8	8	17	14	17	13	22	9
Годовой пробег, км.	982872	982872	446760	357408	982872	714816	893520	714816	1072224	357408
Общие затраты, руб.	102 475 582	100 963 495	46 304 885	39 463 247	100 963 495	75 902 320	94 121 857	74 390 234	115 365 567	40 975 333
Общий экологический ущерб, руб.	545 583	545 583	247 992	198 394	545 583	396 787	495 984	396 787	595 181	198 394
Себестоимость перевозки 1 пассажира с учётом экологического ущерба, руб.	24,3	23,7	24,4	21,3	21,6	19,9	24,9	18,9	23,4	26,9

## Продолжение таблицы П.2

Номер по порядку	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Марка транспортного средства	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ЛиАЗ	ПАЗ	ПАЗ
№ Маршрута	51	52	53	56	59	61	63	67	2т	7т
Годовой объём перевозок, чел	4680600	4719600	2049200	2755600	4822600	4492700	4000000	4618600	1858900	550000
Принятое количество автобусов, закреплённых за маршрутом	21	15	10	20	20	16	18	17	15	7
Годовой пробег, км.	893520	804168	446760	714816	982872	804168	804168	804168	762470,4	285926,4
Общие затраты, руб.	100 170 204	84 256 045	49 329 058	84 974 840	105 499 755	85 768 132	88 792 305	87 280 219	41 361 668	16 176 782
Общий экологический ущерб, руб.	495 984	446 386	247 992	396 787	545 583	446 386	446 386	446 386	296 772	111 289
Себестоимость перевозки 1 пассажира с учётом экологического ущерба, руб.	21,5	17,9	24,2	31,0	22,0	19,2	22,3	19,0	22,4	29,6

## Продолжение таблицы П.2

Номер по порядку	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Марка транспортного средства	ПАЗ									
№ Маршрута	17т	27т	30т	32т	33т	36т	57т	62т	43	33
Годовой объём перевозок, чел.	1518800	961500	1157300	1235600	477700	1521400	560000	1334600	798700	1564700
Принятое количество автобусов, закреплённых за маршрутом	11	14	18	12	6	13	7	15	16	15
Годовой пробег, км.	571852,8	571852,8	762470,4	667161,6	381235,2	762470,4	381235,2	762470,4	571852,8	667161,6
Общие затраты, руб.	30 900 132	32 353 563	42 815 100	35 646 423	19 954 119	40 392 714	20 438 596	41 361 668	33 322 517	37 099 854
Общий экологический ущерб, руб.	222 579	222 579	296 772	259 675	148 386	296 772	148 386	296 772	222 579	259 675
Себестоимость перевозки 1 пассажира с учётом экологического ущерба, руб.	20,5	33,9	37,3	29,1	42,1	26,7	36,8	31,2	42,0	23,9

## Продолжение таблицы П.2

Номер по порядку	41	42	43	44	45	46
Марка транспортного средства	ГАЗель NEXT	ГАЗель NEXT	ГАЗель NEXT	ГАЗель NEXT	ГАЗель NEXT	ГАЗель NEXT
№ Маршрута	18т(с)	23	24	19	6 трол	13 т
Годовой объём перевозок, чел	577600	133200	195400	79700	358800	650000
Принятое количество автобусов, закреплённых за маршрутом	10	4	7	5	7	9
Годовой пробег, км.	655248	327624	546040	436832	436832	546040
Общие затраты, руб.	24 621 339	11 985 134	20 083 735	15 871 667	16 522 738	20 734 807
Общий экологический ущерб, руб.	190 032	95 016	158 360	126 688	126 688	158 360
Себестоимость перевозки 1 пассажира с учётом экологического ущерба, руб.	43,0	90,7	103,6	200,7	46,4	32,1

### **Приложение 3**

#### **Акты внедрения**

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый заместитель министра экономического развития, промышленной политики и торговли Оренбургской области

А.К.Медведев

*12 февраля 2010 г.* 2010 г.



#### **АКТ ВНЕДРЕНИЯ**

Комиссия в составе начальника отдела по транспорту министерства экономического развития, промышленной политики и торговли Оренбургской области Котенко А.Н., директора АНО «Технопарк ОГУ» Лисицкого И.И. составила настоящий акт о внедрении методики расчёта затратной и доходной частей при перевозках пассажиров автомобильным транспортом по садоводческим маршрутам города Оренбурга в 2009 году.

Работа выполнена авторами: доктором технических наук, профессором Н.Н. Якуниным, к.т.н, доцентами Д.А.Дрючиной и Н.В.Якуниной, старшим преподавателем А.Ф. Фаттаховой.

Методика позволяет обоснованно определять расходы и доходы при перевозках пассажиров по садоводческим маршрутам, оптимизировать финансовую нагрузку на бюджет. Основное назначение методики – применение органами исполнительной власти Оренбургской области при организации транспортного обслуживания населения.

Начальник отдела по транспорту  
министерства экономического раз-  
вития, промышленной политики и  
торговли Оренбургской области

*Котенко* А.Н.Котенко

Директор АНО «Технопарк ОГУ»

*Лисицкий* И.И.Лисицкий



«УТВЕРЖДАЮ»

Первый заместитель министра экономического развития, промышленной политики и торговли Оренбургской области

А.К.Медведев

*12 февраля*

2010 г.



### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Комиссия в составе начальника отдела по транспорту министерства экономического развития, промышленной политики и торговли Оренбургской области Котенко А.Н., директора АНО «Технопарк ОГУ» Лисицкого И.И. составила настоящий акт о внедрении уточнённого расчёта базовых показателей доходности перевозок пассажиров по садоводческим маршрутам города Оренбурга на основе фактически определённых параметров пассажиропотока в 2009 году.

Работа выполнена авторами: доктором технических наук, профессором Н.Н. Якуниным, к.т.н., доцентами Д.А.Дрючиным и Н.В.Якуниной, старшим преподавателем А.Ф. Фаттаховой.

Выполненные расчёты уточняют расходную и доходную часть бюджета перевозчиков пассажиров по садоводческим маршрутам города Оренбурга на краткосрочную и среднесрочную перспективу на основе обследования фактических пассажиропотоков по этим маршрутам.

Начальник отдела по транспорту  
министерства экономического раз-  
вития, промышленной политики и  
торговли Оренбургской области

*А.Н.Котенко*

Директор АНО «Технопарк ОГУ»



*И.И.Лисицкий*

## Приложение А

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

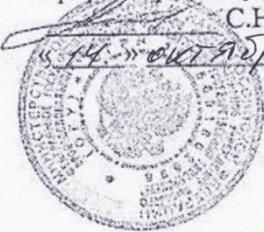
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»  
(ОГУ)

АКТ  
14.10.2011 № 18674

г. Оренбург

о внедрении результатов научно-исследовательских  
разработок доцента кафедры автомобильного  
транспорта ОГУ, к.т.н., доцента Дрючина Д.А.  
и старшего преподавателя кафедры  
автомобильного транспорта ОГУ Фаттаховой А.Ф.

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе  
С.Н. Летуга



Комиссия в составе: председатель – декан транспортного факультета Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор Щурин К.В., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта Якушин Н.Н., кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта Якунина Н.В. – составили настоящий акт о том, что в учебном процессе кафедры автомобильного транспорта используется методика определения рациональной структуры парка подвижного состава и расписания работы автобусов на садоводческих маршрутах, разработанная кандидатом технических наук, доцентом кафедры автомобильного транспорта ОГУ Дрючиным Дмитрием Алексеевичем и старшим преподавателем кафедры автомобильного транспорта Фаттаховой Альмирой Файзулловной.

Методика включает алгоритм определения оптимальной структуры парка автобусов и графика их работы на садоводческих маршрутах, реализованный в виде пакета прикладных программ, и пояснительную записку с приложениями, содержащими необходимый справочный материал.

Разработанная методика используется в учебном процессе обучения студентов специальностей «Автомобили и автомобильное хозяйство», «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования», «Организация и безопасность движения» с 2010 года по настоящее время, для подготовки бакалавров по направлению 190600.62 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, при изучении дисциплин: «Организация перевозочных услуг», «Автомобильные перевозки», по направлению 190700.62 - Технология транспортных процессов, при изучении дисциплин «Организация транспортных услуг и безопасность транспортного процесса», «Пассажирские перевозки».

Декан транспортного факультета ОГУ,  
д.т.н., профессор

К.В. Щурин

Заведующий кафедрой  
автомобильного транспорта  
д.т.н., профессор

Н.Н. Якушин

Заведующий кафедрой  
технической эксплуатации и ремонта  
автомобилей д.т.н., профессор

М.И. Филатов

**РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ  
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
«Урал – Авто»**

ОГРН 1026602950164 ИНН 6659082750 620050 г. Екатеринбург, ул. Монтажников, 6  
р/с 40702810816260101312, к/с 30101810500000000674  
в Железнодорожном ОСБ № 6143 Уральского банка СБ РФ г. Екатеринбург БИК 046577674  
NataPlehanova@mail.ru тел/факс 321-20-58

---

Исх. № 72  
«16» марта 2011

**А к т в н е д р е н и я**

методики определения рациональной структуры производственно-технической базы комплексного АТП

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО «Урал-Авто», директор Н.А. Поскочинов, главный инженер А.М. Попов, и начальник производственно-технического отдела С.И. Зоркин, составили настоящий акт о внедрении на предприятии методики определения рациональной структуры производственно - технической базы комплексного АТП, созданной Д.А. Дрючиным кандидатом технических наук, доцентом кафедры автомобильного транспорта ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет» и Г.А. Шахалевичем (заведующим учебной частью НМЦ УРАПАБ-ИНФОРМ).

Методика используется в процессе долгосрочного управления производственным процессом ТО и ремонта автотранспортных средств, при определении экономически-обоснованного направления развития производственно-технической базы предприятия.

Методика включает алгоритм определения рациональной структуры производственно - технической базы комплексного АТП, реализованный в виде электронной таблицы и пояснительную записку с приложениями, содержащими необходимый справочный материал.

Директор

Главный инженер

Начальник производственно-технического отдела

Н.А. Поскочинов

А.М. Попов

С.И. Зоркин

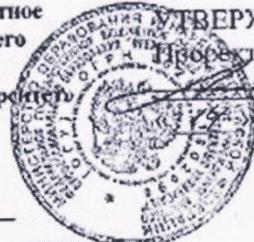




МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»  
(ОГУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Профессор по научной работе  
С.Н. Легута  
19 октября 2011 г.



## АКТ

14.10.2011 № 18675

г. Оренбург

о внедрении результатов научно-исследовательских разработок  
доцента кафедры автомобильного транспорта  
ОГУ, к.т.н., доцента Дрючина Д.А.  
и начальника учебного отдела  
НМЦ УРАПАБ-ИНФОРМ Шахалевича Г.А.

Комиссия в составе: председатель – декан транспортного факультета Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор Щурин К.В., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технической эксплуатации и ремонта автомобилей Филатов М.И., кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей Пославский А.П. – составили настоящий акт о том, что в учебном процессе кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей используется методика определения рациональной структуры производственно-технической базы комплексного АТП, разработанная кандидатом технических наук, доцентом кафедры автомобильного транспорта ОГУ Дрючиным Дмитрием Алексеевичем и начальником учебного отдела НМЦ УРАПАБ-ИНФОРМ Шахалевичем Геннадием Анатольевичем.

Методика позволяет определить структуру производственно-технической базы комплексного АТП, обеспечивающую минимальные затраты на выполнение работ по ТО и ремонту автотранспортных средств.

Методика включает алгоритм определения рациональной структуры производственно-технической базы комплексного АТП, реализованный в виде электронной таблицы и пояснительную записку с приложениями, содержащими необходимый справочный материал.

Пакет прикладных программ используется в учебном процессе подготовки бакалавров по направлению 190600 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, при изучении дисциплин: «Производственная инфраструктура предприятий», «Проектирование автотранспортных предприятий», «Организация и планирование производства автотранспортных предприятий».

Декан транспортного факультета ОГУ,

д.т.н., профессор

Заведующий кафедрой  
технической эксплуатации и  
ремонта автомобилей,

д.т.н., профессор

Доцент кафедры  
технической эксплуатации и  
ремонта автомобилей, к.т.н., доцент

К.В. Щурин

М.И. Филатов

А.П. Пославский



**Муниципальное казенное предприятие «Оренбургские  
пассажирские перевозки муниципального образования  
«город Оренбург»**

пр. Автоматики, 13, Оренбург, 460048  
тел./факс. (3532) 48-33-98; e-mail: [mkropp@mail.ru](mailto:mkropp@mail.ru)

«16» октября 2023 г

### **Акт внедрения**

методов определения рациональных структурных параметров производственных систем пассажирского автотранспортного предприятия

Мы, нижеподписавшиеся, представители МКП «Оренбургские пассажирские перевозки», директор О.В. Кретинин, заместитель директора по эксплуатации В.И. Ерискин составили настоящий акт о внедрении на предприятии методов определения рациональной структуры производственных систем комплексного автотранспортного предприятия, осуществляющего перевозку пассажиров по регулярным маршрутам городского пассажирского транспорта. Внедрённые методы разработаны Н.Н. Якуниным доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой автомобильного транспорта и Д.А. Дрючинным кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой технической эксплуатации и ремонта автомобилей ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».

Методика используется при управлении структурными параметрами производственных систем: парком транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта и производственно-технической базой транспортного предприятия.

Методика включает алгоритмы определения рациональной структуры парка эксплуатируемых транспортных средств и производственно - технической базы комплексного АТП, осуществляющего перевозку пассажиров по регулярным маршрутам городского пассажирского транспорта. Материалы исследования представлены в виде электронных таблиц и пояснительной записки с приложениями, содержащими необходимый справочный материал.

Директор

О.В. Кретинин

Заместитель директора  
по эксплуатации

В.И. Ерискин

«Утверждаю»

Директор ассоциации перевозчиков  
Оренбурга

М.Р. Фазуллин

«02» ноября 2023 г



## Акт внедрения

Комиссия в составе индивидуальных предпринимателей Шипиловой Нины Григорьевны, Юзефович Марии Викторовны и Андрющенко Анастасии Викторовны составила настоящий акт о внедрении методологии определения структурных параметров подсистем системы городского пассажирского наземного транспорта. Основные положения методологии использованы при разработке перспективного плана развития системы городского пассажирского наземного транспорта города Оренбурга.

Методология разработана сотрудниками ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»: Н.Н. Якуниным доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой автомобильного транспорта и Д.А. Дрючиным кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой технической эксплуатации и ремонта автомобилей.

Практическое назначение разработанных методов – определение оптимальных структурных параметров подсистем, входящих в состав городского пассажирского транспортного комплекса, к числу которых относятся: подвижной состав; инфраструктура топливно-энергетического обеспечения, производственно-техническая база транспортных и сервисных предприятий.

ИП Шипилова Н.Г.

ИП Юзефович М.В.

ИП Андрющенко А.В.





МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»  
(ОГУ)**

**АКТ**  
01.04.2024 № 13275  
 г. Оренбург

о внедрении результатов научно-исследовательских разработок  
в учебный процесс

**УТВЕРЖДАЮ**  
**Первый проректор**  
С. В. Нотова  
2024г.



Комиссия в составе: председатель – декан транспортного факультета Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, доцент Рассоха В.И., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта Хасанов Р.Х., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей Фаскиев Р.С. – составили настоящий акт о том, что в учебном процессе кафедры автомобильного транспорта и кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей используется методология определения оптимальных структурных параметров подсистем системы городского пассажирского наземного транспорта, разработанная кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой технической эксплуатации и ремонта автомобилей ОГУ Дрючиным Дмитрием Алексеевичем и доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой автомобильного транспорта Якуниным Николаем Николаевичем.

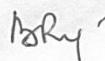
Методика позволяет определить оптимальные структурные параметры подсистем системы городского пассажирского наземного транспорта: подвижного состава; инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения; производственно-технической базы автотранспортных и сервисных предприятий.

Методология включает в себя локальные алгоритмы определения оптимальных структурных параметров подсистем системы городского пассажирского наземного транспорта, обобщённый алгоритм, обеспечивающий согласованное применение разработанных методов. Алгоритмы реализованы в виде зарегистрированной программы для ЭВМ и электронных таблиц. Необходимый справочный и методический материал приведены в предоставленной пояснительной записке.

Методический материал и пакет прикладных программ используется в учебном процессе подготовки бакалавров и специалистов по направлениям:

23.03.01 «Технология транспортных процессов»; 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»; 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства». Материалы исследования включены в программы учебных дисциплин: «Производственно-техническая инфраструктура предприятий автомобильного сервиса», «Управление техническими системами», «Моделирование объектов автомобильного транспорта», «Городской транспортный комплекс», «Организация и технология перевозки пассажиров», «Транспортная инфраструктура», «Проектирование автотранспортных предприятий».

Декан транспортного факультета ОГУ,  
д.т.н., доцент

 В.И. Рассоха

Доцент кафедры автомобильного  
транспорта, к.т.н., доцент

 Р.Х. Хасанов

Доцент кафедры  
технической эксплуатации и  
ремонта автомобилей, к.т.н., доцент

 Р.С. Фаскиев

«Утверждаю»

Заместитель председателя Правительства  
Оренбургской области – министр строительства,  
жилищно-коммунального, дорожного хозяйства и  
транспорта Оренбургской области

А.В. Полухин



23 апреля 2024 г.

Акт внедрения

**Методологии определения оптимальных структурных параметров  
системы наземного автомобильного пассажирского транспорта**

Комиссия в составе сотрудников министерства строительства, жилищно-коммунального, дорожного хозяйства и транспорта Оренбургской области: В.Н. Арапова – начальника управления транспорта, И.М. Сидневой – заместителя начальника управления транспорта, составила настоящий акт о внедрении методологии определения оптимальных структурных параметров системы наземного автомобильного пассажирского транспорта, предназначенный для разработки перспективных планов развития транспортных систем Оренбургской области и муниципальных образований на её территории. Авторами методологии являются:

- Якунин Н.Н. - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»;
- Дрючин Д.А. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технической эксплуатации и ремонта автомобилей ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».

Методология содержит комплекс методов определения оптимальных структурных параметров системы наземного автомобильного пассажирского транспорта, а именно: парка транспортных средств, обслуживающих регулярные пассажирские маршруты; инфраструктуры топливно-энергетического обеспечения транспортного процесса; производственно-технической базы для работ по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств.

Начальник управления транспорта  
министерства строительства, жилищно-  
коммунального, дорожного хозяйства и  
транспорта Оренбургской области

/В.Н. Арапов /

Заместитель начальника управления  
транспорта министерства строительства,  
жилищно-коммунального, дорожного  
хозяйства и транспорта Оренбургской  
области

/И.М. Сиднева /

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА, ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО, ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА И ТРАНСПОРТА ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ
23 АПР 2024
Вх. № _____