

**РОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**(ФГБОУ ВО РГУПС)**

На правах рукописи

**Егорова Ирина Николаевна**

**РАЗВИТИЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В**  
**ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ РЕГИОНА**  
**(НА ПРИМЕРЕ ЮГА РОССИИ)**

Специальность 2.9.9 – Логистические транспортные системы

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель  
доктор технических наук,  
профессор Зубков Виктор Николаевич

Ростов-на-Дону

2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ .....	4
1	ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК РЕГИОНА: СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ .....	10
1.1	Логистическая транспортная система региона: особенности функционирования, критерии эффективности .....	10
1.2	Мультимодальная логистическая транспортная система Юга России: анализ состояния и перспективы развития .....	28
1.3	Методы и методологические подходы развития логистической системы пассажирских перевозок .....	37
1.4	Логистическая транспортная система пассажирских перевозок в социально-экономическом развитии региона .....	52
1.5	Выводы по главе .....	59
2	МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ И ПОВЫШЕНИЯ МОБИЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ .....	62
2.1	Алгоритм выбора варианта развития инфраструктуры логистической транспортной системы для повышения мобильности населения в регионе .....	62
2.2	Методы формирования транспортно-пересадочных узлов в мультимодальной логистической транспортной системе пассажирских перевозок .....	67
2.3	Обоснование выбора вида пассажирского транспорта в логистической транспортной системе .....	81
2.4	Развитие методов планирования и организации логистических цепей пассажиропотоков с учетом интересов участников	

перевозочного процесса .....	89
2.5 Выводы по главе .....	93
3 ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ .....	95
3.1 Определение рационального числа транспортно-пересадочных узлов в регионе для повышения мобильности населения .....	95
3.2 Повышение конкурентоспособности предприятий видов транспорта в логистической системе пассажирских перевозок на основе их координации и кооперации .....	101
3.3 Развитие методов оценки эффективности управления перевозочным процессом в логистической транспортной системе	111
3.4 Выводы по главе .....	123
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	125
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	128
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	151
Приложение 1 .....	151
Приложение 2 .....	153
Приложение 3 .....	154
Приложение 4 .....	156
Приложение 5 .....	158
Приложение 6 .....	159
Приложение 7 .....	201

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Пассажирские перевозки занимают особое положение в функционировании транспортного комплекса. Это связано с их высокой социальной значимостью, а также необходимостью создания условий для повышения мобильности населения.

При этом логистическая транспортная система пассажирских перевозок представляет собой важнейший элемент экономики любой страны. Она играет исключительно важную роль в росте экономики и реализации пассажирских транспортных услуг. Одной из основных задач, стоящих перед транспортной системой юга России является обеспечение пассажиров комплексными транспортными услугами при рациональном использовании инфраструктуры пассажирского комплекса на основе реализации принципов логистического управления [47].

Повышение мобильности населения и обеспеченности транспортными услугами является приоритетом инвестиционного развития регионов. В свою очередь транспортная отрасль должна обеспечить в полном объеме растущие потребности населения в перевозках. Координация развития и взаимодействия различных видов транспорта в логистической транспортной системе должны быть направлены на улучшение использования подвижного состава, ускорение доставки пассажиров и, соответственно, более полное удовлетворение потребностей населения в перевозках. При этом необходимо определять перспективы развития как логистической транспортной системы в целом, так и отдельных ее звеньев, т.е. различных видов транспорта [42].

В последнее время происходит обострение конкуренции между различными видами пассажирского транспорта. Однако результатом того, что каждый вид пассажирского транспорта функционирует обособленно является неудовлетворенность потребителей качеством транспортного обслуживания. Причиной этого является неспособность отдельного вида транспорта предоставлять высококачественные и оптимальные по стоимости, с точки зрения пассажиров, услуги пере-

возки «от двери до двери». В следствии, возникают дополнительные финансовые затраты на поездку, а также транспортная усталость пассажиров в результате длительного времени ожидания пересадки между видами транспорта [42].

Таким образом, вопросы рационального взаимодействия различных видов пассажирского транспорта при условии выполнения требований пассажиров и эффективного использования транспортной инфраструктуры являются необходимым условием развития логистической транспортной системы и обеспечения мобильности населения, исследованиям которых посвящена данная работа [42, 47].

**Степень разработанности.** Основы комплексной теории транспортных систем были заложены Звонковым В.В., Кочетовым И.В., Образцовым В.Н., Повороженко В.В., Хачатуровым Т.С. и др.

Вопросы в области повышения эффективности пассажирских перевозок, в том числе применения логистических принципов в управлении пассажирским комплексом, нашли свое отражение в научных работах авторов: Аксенова И.М., Бутыркина А.Я., Галабурды В.Г., Голоскокова В.Н., Елизарьева Ю.В., Зубкова В.Н., Иловайского Н.Д., Киселева А.Н., Кочнева Ф.П., Куренкова П.В., Ларина О.Н., Лёвина Б.А., Макаровой Е.А., Мамаева Э.А., Миротина Л.Б., Негрея В.Я., Персианова В.А., Пазойского Ю.О., Покровской О.Д., Правдина Н.В., Резера С.М., Трихункова М.Ф., Шарова В.А., Шубко В.Г. и др.

Исследованиями в области взаимодействия различных видов транспорта в транспортных системах занимались такие ученые, как Азаренкова З.В., Батиашвили Г.И. Вакуленко С.П., Власов Д.Н., Евреенова Н.Ю., Захаров В.Р., Каликина Т.Н., Киселев А.Н., Копылова Е.В., Лapidус Б.М, Скалов К.Ю., Федутинов Ю.А., Хануков Е.Д., Числов О.Н. и др.

Изучению проблем и перспектив развития скоростного и высокоскоростного движения посвящены труды Абрамова А.П., Анисимова П.С., Боровиковой М.С., Гавриленкова А.В., Иванова А.А., Кантора Н.Н., Киселева И.П., Сотникова Е.А. и др.

Вопросам экономической эффективности работы железнодорожного транспорта занимались такие ученые, как Беленький М.Н., Купоров А.И., Мачерет А.А., Мачерет Д.А., Смехова Н.Г., Терешина Н.П., Шкурина Л.В. и др.

Диссертационное исследование посвящено развитию методов обоснования рациональной организации работы региональной пассажирской логистической транспортной системы на принципах комплексной оптимизации.

**Объект исследования** – региональные логистические транспортные системы пассажирских перевозок.

**Предмет исследования** – теоретико-методические подходы к развитию пассажирских перевозок в мультимодальной логистической транспортной системе.

Область исследования соответствует паспорту научной специализации 2.9.9 «Логистические транспортные системы», п. 1 – «Организационно-технологические и управленческие структуры в логистических транспортных системах п. 2 – «Технология планирования и организация логистических цепей грузопотоков и пассажиропотоков»; п. 13 – «Технологии организации потоковых процессов в системе грузоперевозок и (или) обеспечения мобильности населения с использованием видов транспорта».

**Цель исследования** – развитие методов повышения эффективности функционирования мультимодальной логистической транспортной системы пассажирских перевозок региона и обеспечение мобильности населения с использованием различных видов транспорта.

**Основные задачи** исследования:

- анализ современного состояния региональной логистической транспортной системы пассажирских перевозок (на примере южного региона);
- исследование трендов повышения эффективности планирования и организации логистических цепей пассажиропотоков на основе анализа отечественного и зарубежного опыта

- оценка конкурентоспособности предприятий видов транспорта в формировании мультимодальной логистической системы для обеспечения мобильности населения;
- обоснование методов развития региональной логистической транспортной системы пассажирских перевозок включающей технологии высокоскоростного движения, реализации хабовой модели обслуживания пассажиров;
- разработка экономико-математической модели оптимизации структуры подвижного состава и развития инфраструктуры региональной логистической транспортной системы.

**Методология и методы исследования** базируются на использовании методов системного и ситуационного анализа, теоретико-вероятностного и вариационного подхода в логистических построениях и технико-экономических расчетах при создании многокритериальной математической модели функционирования логистической системы, корреляционно-регрессионного анализа. В качестве программного продукта, выступающего одним из инструментов исследования, используются системы аналитических вычислений.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Разработка перспективной технологии организации пассажирских перевозок в мультимодальной логистической транспортной системе с учетом региональных особенностей.
2. Формирование методики выбора и оценки параметров эффективности региональных пассажирских перевозок на основе корреляционно-регрессионного анализа.
3. Механизм повышения мобильности населения на основе развития инфраструктуры пассажирского комплекса с учетом региональных аспектов.
4. Многокритериальный подход обоснования факторов, влияющих на организацию логистических цепей пассажиров в регионе.

**Научная новизна результатов исследования** заключается в следующем:

1. Разработан алгоритм выбора и оценки влияния региональной логистической транспортной системы пассажирских перевозок на социально-экономические объемные и качественные показатели.

2. Разработан механизм повышения мобильности населения на основе иерархической композиции приоритетов с учетом целей поездки при выборе оптимального вида транспорта.

3. Разработана многофакторная модель развития логистических цепей организации пассажиропотоков на базе развития транспортной инфраструктуры, определения числа и расположения транспортно-пересадочных узлов в регионе.

4. Разработана экономико-математическая модель организации управления мультимодальной логистической транспортной системой региона с учетом интересов участников перевозочного процесса.

**Теоретическая и практическая значимость работы** состоит в разработке алгоритмов, моделей и методов по совершенствованию функционирования мультимодальной пассажирской логистической транспортной системы региона для повышения транспортной мобильности населения с учетом рационального взаимодействия видов транспорта и на основе выявления конкурентных преимуществ железнодорожного транспорта.

Построенная теоретико-вероятностная модель управления перевозочным процессом на основе оптимизации структуры подвижного состава позволит минимизировать риски, возникающие при планировании логистических цепей пассажиропотоков с учетом интересов сторон перевозочного процесса. Предлагаемые в диссертационном исследовании модели и методы позволят разработать варианты перспективного развития транспортно-логистической системы региона и обеспечить эффективность ее функционирования.

#### **Апробация результатов.**

Основные положения и результаты исследования были представлены и одобрены на следующих Международных научно-практических конференциях: «Наука и образование в современном мире» (Москва, 2013 г.); «Современные тенденции в науке и образовании» (Москва, 2015 г.); «Наука и образование треть-



его тысячелетия» (Москва, 2016 г.); Наука и образование в современном мире» (Москва, 2017 г.), на Всероссийских научно-практических конференциях ФГБОУ ВО РГУПС «Транспорт 2013», «Транспорт 2015», «Транспорт 2016»; «Транспорт 2017 г.», «Транспорт 2018 г.», «Транспорт 2019 г.», «Транспорт 2020 г.» (Ростов-на-Дону, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 г.); «The practical significance of modern scientific research '2019» (Одесса, 2019 г.), «Cultural and tourism innovation: integration and digital transition» (Greece, Athens 2019), V Всероссийская конференция «Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте» (Самара, 2023 г.).

Результаты исследования прошли апробацию на совместном заседании кафедр «Управление эксплуатационной работой», «Станции и грузовая работа», «Логистика и управление транспортными системами» ФГБОУ ВО РГУПС. Результаты исследования представлены на Пятом Всероссийском конкурсе научных работ среди студентов и аспирантов по транспортной проблематике (II место), используются при преподавании дисциплин «Технология и организация высокоскоростного движения», «Технология работы и эксплуатация вокзальных комплексов», «Управление пассажирскими компаниями», «Основы проектирования инфраструктуры пассажирского комплекса» для специальности «Эксплуатация железных дорог».

Получены акты внедрения научных разработок в учебный процесс ФГБОУ ВО «РГУПС», в работу Северо-Кавказской дирекции управления движением – филиала ОАО «РЖД», Северо-Кавказского филиала АО «Федеральная пассажирская компания», Северо-Кавказской региональной дирекции железнодорожных вокзалов – филиала ОАО «РЖД» Дирекции железнодорожных вокзалов.

**Публикации.** По теме диссертационного исследования опубликовано 58 работ, общим объемом 15,87 печ. л., в том числе 8 работ в изданиях, рекомендованных ВАК России, 2 работы в изданиях SCOPUS.

**Структура и объем работы** определены целью и задачами, решаемыми в ходе исследования. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, содержащего 193 источника. Основной объем – 150 страниц, включая 30 таблиц, 38 рисунков.

# **1 ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК РЕГИОНА: СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ**

## **1.1 Логистическая транспортная система региона: особенности функционирования, критерии эффективности**

Логистическая транспортная система пассажирских перевозок Российской Федерации представляет собой совокупность предприятий различных видов транспорта, инфраструктуры, обеспечивающей их функционирование, а также информационных, сервисных и финансовых потоков, предоставляющих возможность обслуживания пассажиров «от двери до двери» [47, 62]. Основным назначением логистической транспортной системы является полное обеспечение транспортных потребностей населения.

Пассажирские перевозки – важнейшая составляющая перевозочного процесса, одной из их особенностей является ярко выраженный социальный характер, так как перевозка различных слоев населения затрагивает интересы миллионов пассажиров [70]. В пассажирской транспортной системе тесно взаимосвязаны различные социальные, экономические, технологические, производственные и экологические процессы.

Инфраструктурным фундаментом логистической транспортной системы пассажирских перевозок РФ является сеть путей сообщения, протяженность которой на 2020 год составила [25, 144, 161]:

- 87 тыс. км железнодорожных путей общего пользования;
- 1 млн. 203 тыс. км автомобильных дорог с твердым покрытием;
- 101,5 тыс. км внутренних водных судоходных путей;
- около 800 тыс. км эксплуатируемых воздушных линий.

Повышение мобильности населения и обеспеченности транспортными услугами является приоритетом инвестиционного развития РФ и регионов. В

свою очередь транспортная отрасль должна обеспечить в полном объеме растущие потребности населения в перевозках.

Показатель транспортной мобильности населения за последние несколько лет имеет тенденцию к возрастанию [159, 160, 161]. Динамика мобильности населения, определяющаяся объемом пассажирооборота, приходящегося на 1 пассажира, приведена на рисунке 1.1.

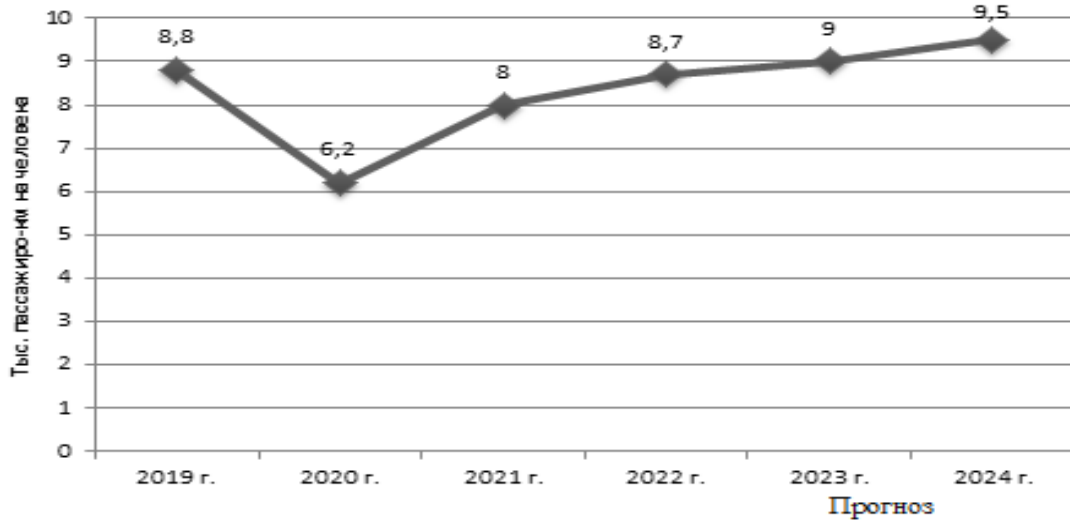


Рисунок 1.1 – Динамика мобильности населения с учетом прогнозных значений [161]

Для удовлетворения возрастающего спроса населения на перевозки используются как магистральные виды транспорта (железнодорожный, воздушный, внутренний водный, морской), так и виды транспорта индивидуального и коллективного пользования (автомобили, автобусы, маломерные речные и морские суда, легкие самолеты и вертолеты) [17].

В последние годы улучшились основные показатели пассажирских перевозок. Количество перевезенных пассажиров различными видами пассажирского транспорта увеличилось в 2021 г. на 13 % по сравнению с 2020 годом (рисунок 1.2), показатель «пассажирооборот» также увеличился в 2021 г. по сравнению с 2020 г. на 37,5 % (рисунок 1.3). При этом рост пассажирооборота обеспечивается в основном за счет авиационного (+ 58,5 %) и железнодорожного транспорта (+ 32,6 %) [160].

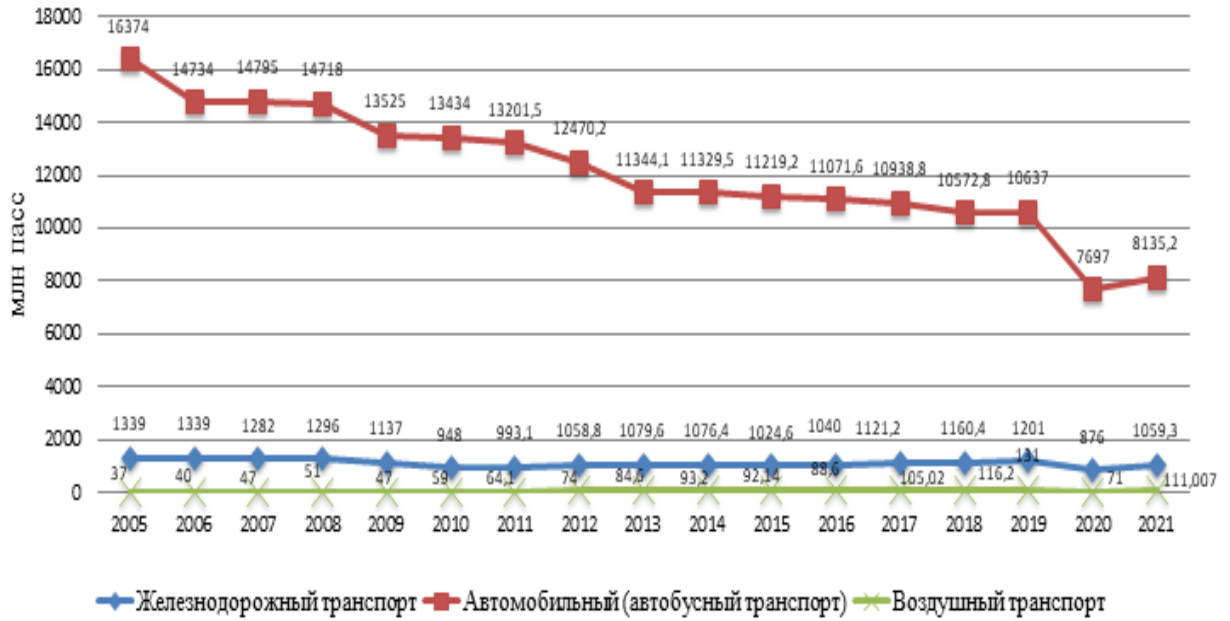


Рисунок 1.2 – Перевозки пассажиров различными видами транспорта в дальнем следовании (млн. человек) [159,160]

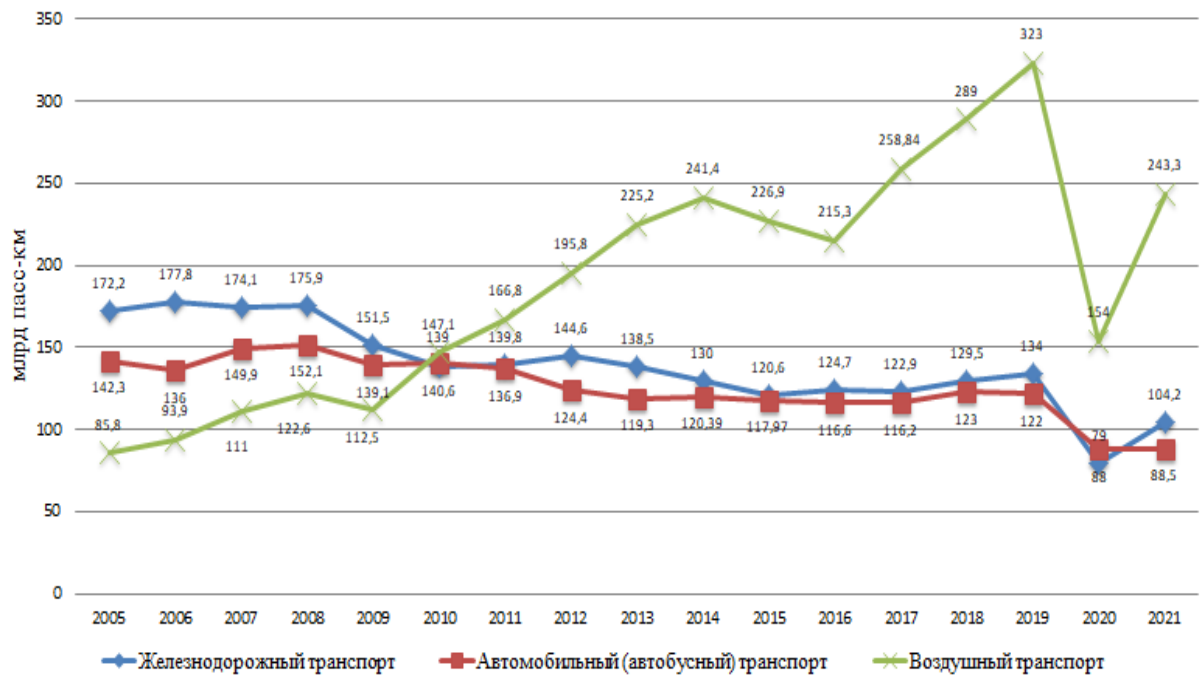


Рисунок 1.3 – Пассажирооборот по видам транспорта в дальнем следовании (млрд. пассажиро-километров) [159,160]

Южный регион, рассматриваемый в границах Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, является важным в стратегическом отно-

шении субъектом Российской Федерации [47]. Благодаря особому геополитическому положению региона (выход к странам Черноморского бассейна), существуют большие возможности для развития стабильных международных отношений и закрепления стратегических ориентиров России на Черном море. Именно географическое положение является основным фактором, обуславливающим конкурентоспособность транспортной системы юга России [47]. Регион является уникальным с точки зрения развития туристско-рекреационного потенциала, в связи с чем, логистический транспортный комплекс приобретает особое значение в обеспечении растущего объема пассажирских перевозок [92, 95, 119].

Анализ статистических данных [104, 111, 161], собранных в ходе диссертационного исследования показал, что транспортная отрасль занимает ведущее место в структуре валового регионального продукта в ряде субъектов Южного региона – в Краснодарском крае 17,9 % (1 место), в Ростовской области – 8,3 %, в Ставропольском крае – 9,3 %, в республике Крым – 8,8 %.

Транспортная система Юга России представлена всеми видами современного магистрального транспорта. В настоящее время пассажирские перевозки на Северо-Кавказской железной дороге выполняют в пригородном сообщении – АО «СКППК», ОАО «Кубань Экспресс-Пригород», в дальнем сообщении – АО «ФПК» [51, 52, 62].

Железнодорожный транспорт играет ведущую роль в обеспечении межрегиональных и внутриобластных связей и создании условий комплексного развития системы пассажирских перевозок в южном регионе. Наибольший объем пассажиропотока железнодорожного транспорта приходится на Южный федеральный округ (ЮФО) (рисунки 1.4 и 1.5).

Рассматривая значимость пассажирских перевозок в логистической транспортной системе, необходимо отметить особенно явную социальную направленность пригородных перевозок в Южном регионе, где уровень жизни населения несколько уступает другим регионам страны [47, 172].

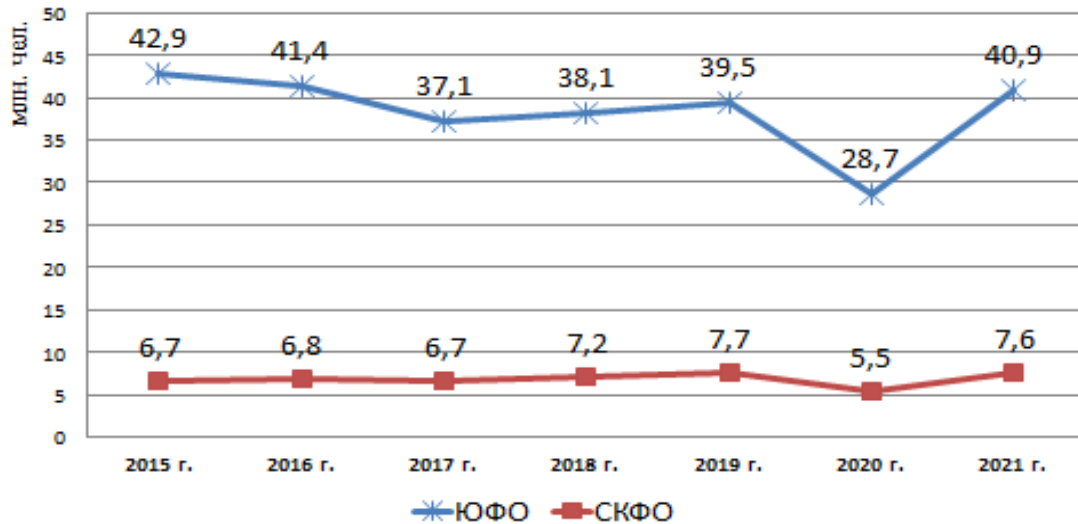


Рисунок 1.4 – Динамика пассажиропотока железнодорожного транспорта в дальнем следовании в ЮФО и СКФО (млн. человек) [129, 152, 153, 159, 160]

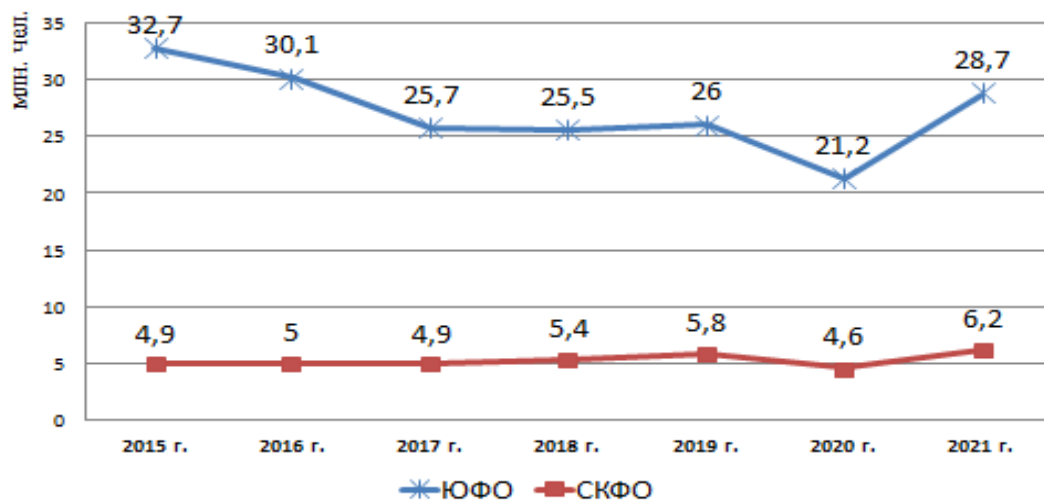


Рисунок 1.5 – Динамика пассажиропотока железнодорожного транспорта в пригородном сообщении в ЮФО и СКФО (млн. человек) [6, 152, 153, 159, 160]

В южном регионе располагаются крупные железнодорожные пассажирские узлы: Ростов-на-Дону, Сочи, Адлер, Краснодар, Анапа и др. (рисунок 1.6). В 2021 году отмечается рост количества отправленных пассажиров по основным пассажирообразующим вокзалам после значительного сокращения в 2020 г., когда из-за пандемии было отменено большое количество

поездов и значительно ограничено межрегиональное сообщение [129], что повлияло на сокращение пассажиропотока на основных направлениях в регионе (рисунок 1.7).

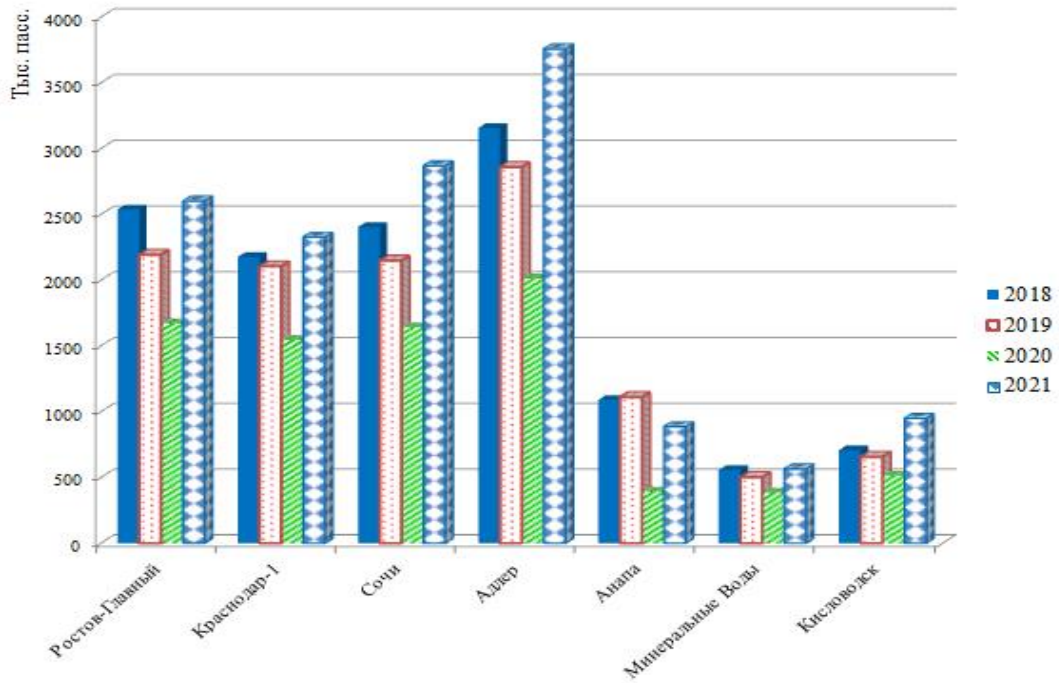


Рисунок 1.6 – Динамика отправленных пассажиров по основным станциям Северо-Кавказской железной дороги [129, 130, 152, 153]

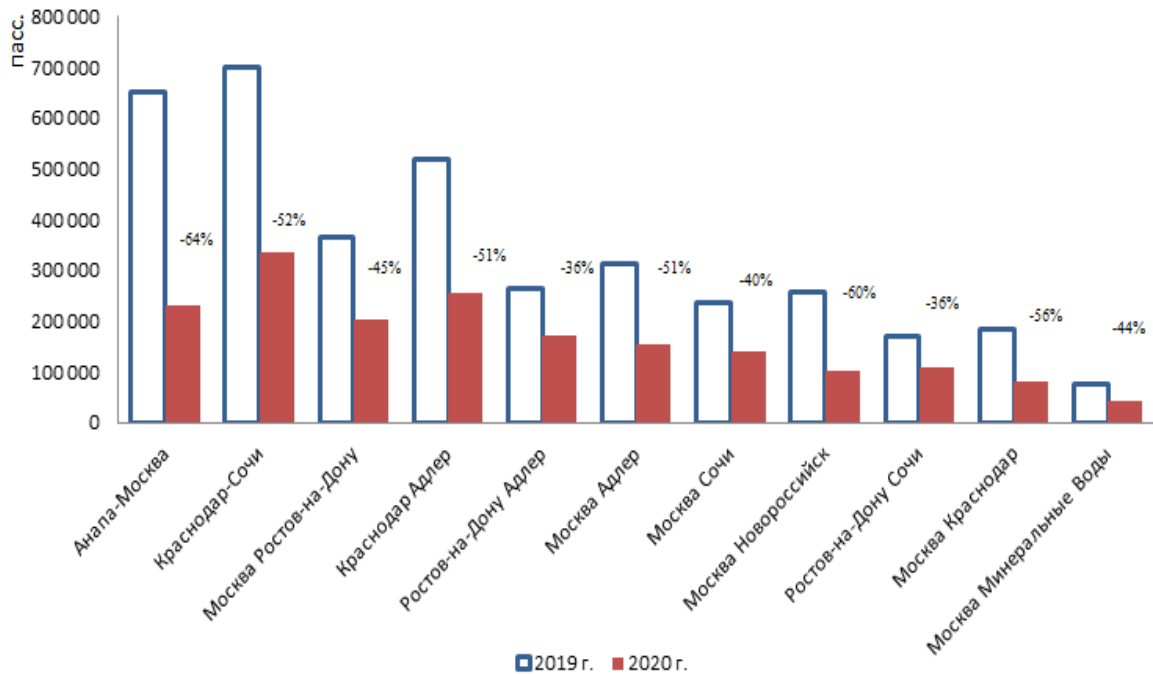


Рисунок 1.7 – Динамика пассажиропотока по основным направлениям Северо-Кавказской железной дороги [129, 130, 152, 153]

На территории Юга России функционирует 16 аэропортов, осуществляющих перелеты гражданской авиации (Приложение 1). Аэропорты связаны воздушными линиями со всеми регионами Российской Федерации (включая Урал, Сибирь и Дальний Восток), а также со странами СНГ и зарубежными странами. Наибольший объем авиаперевозок выполняется из Центрального района (около 66% от общего объема перевозок), Сибири (около 18%) и Урала (7%) [151]. При этом пассажиропоток крупных аэропортов в основном стабильно возрастает (рисунок 1.8).

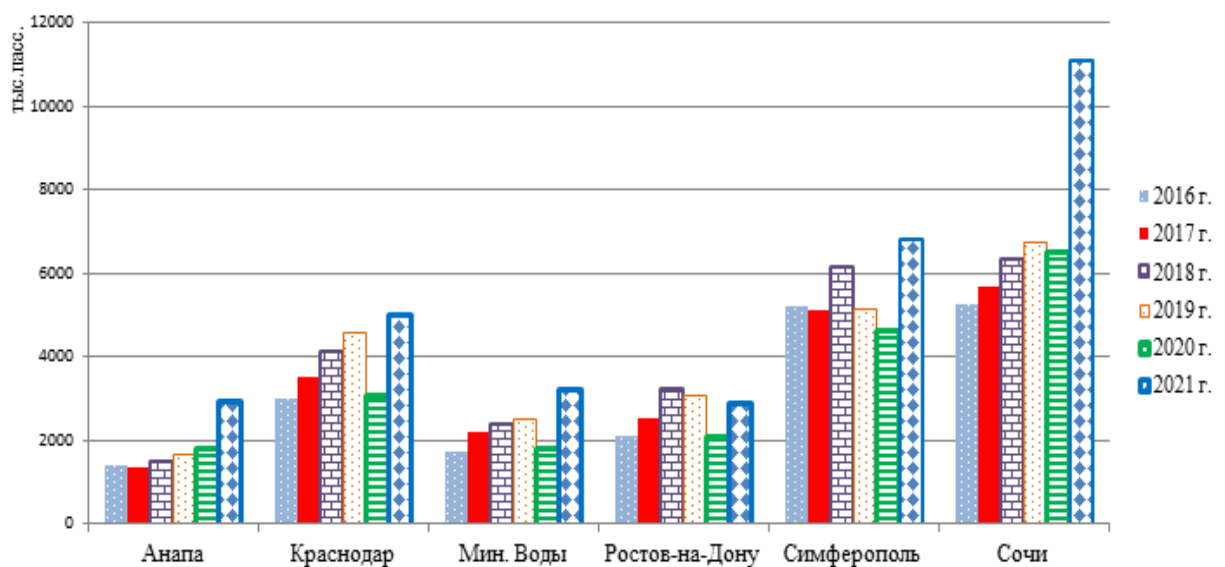


Рисунок 1.8 – Пассажиропоток крупных аэропортов Юга России [151]

Протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием в южном регионе ежегодно увеличивается (рисунок 1.9). При этом плотность автомобильных дорог с твердым покрытием в 5,9 раз превышает общероссийский показатель (в Краснодарском крае – в 7,5 раз) [142, 159]. Автомобильные дороги, федерального и регионального значения, проходящие по территории рассматриваемых субъектов, приведены в Приложении 2.

Согласно [50, 61, 63, 67], конкурентные преимущества автомобильного транспорта заключаются в более гибком графике движения, вариативности маршрутов движения, частоты, а также возможности доставки пассажира к месту проезда без пересадок, в шаговой доступности к месту жительства, что



позволяет в современных условиях обеспечить потребности населения. Тем не менее, в субъектах южного региона отмечается снижение пассажиропотока автобусного транспорта (рисунок 1.10).

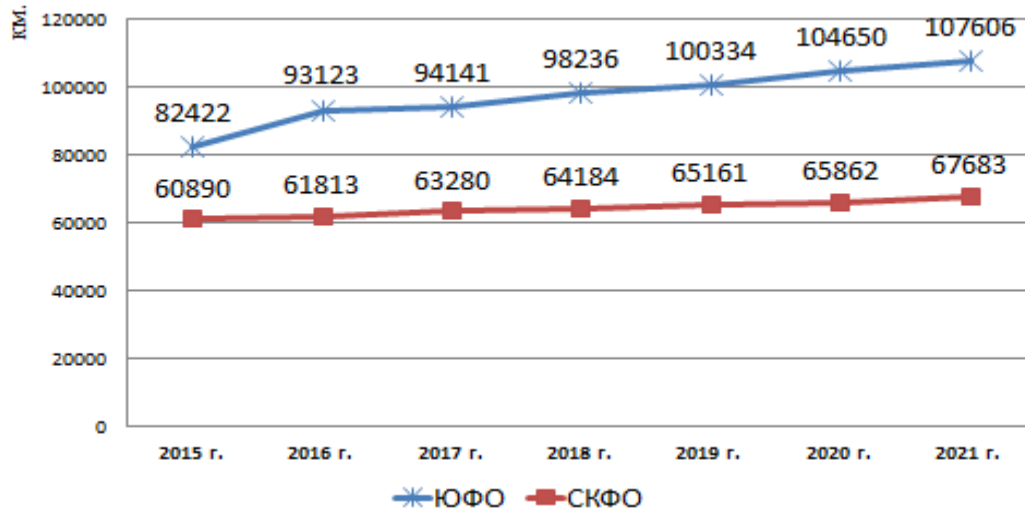


Рисунок 1.9 – Протяженность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием [159]

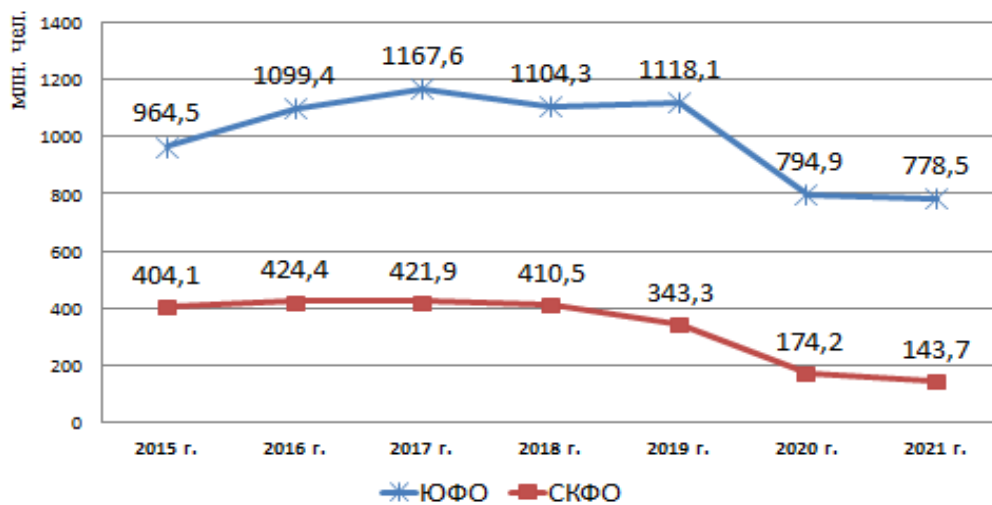


Рисунок 1.10 – Пассажиропоток автобусного транспорта [159, 160]

Рост мобильности населения приводит к развитию различных секторов экономики и к увеличению доходов населения. Увеличение количества поездок обуславливается увеличением среднедушевых доходов, которые однако ниже общероссийского показателя (рисунок 1.11), ростом туристического потока в регион (рисунок 1.12), деловой активности населения, а также поли-

тикой государства, направленной на обеспечение доступности услуг транспорта населению на воздушном, железнодорожном, автомобильном пассажирском транспорте [157, 176, 177].

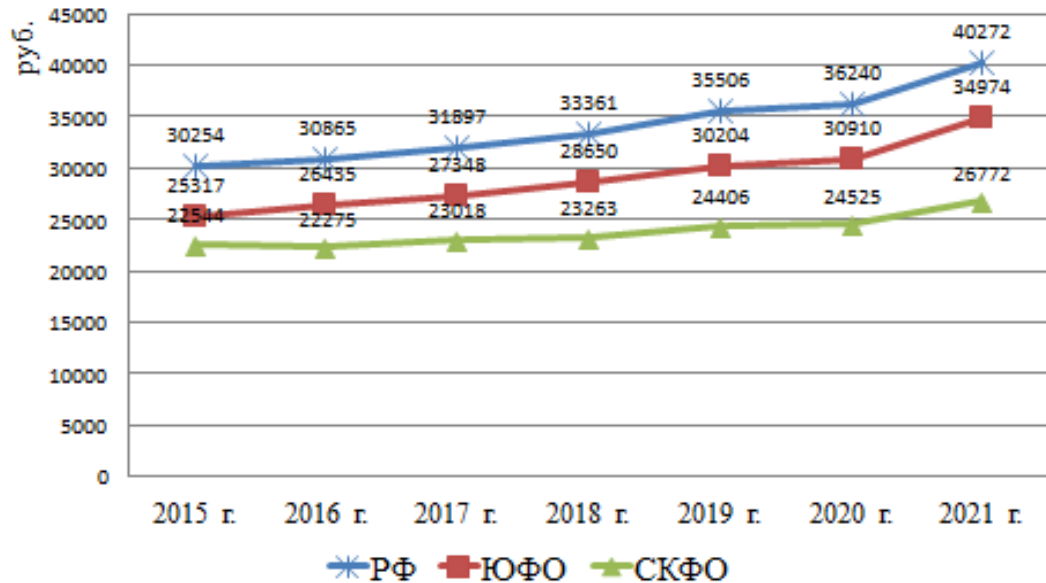


Рисунок 1.11 – Динамика среднедушевых доходов населения [139]

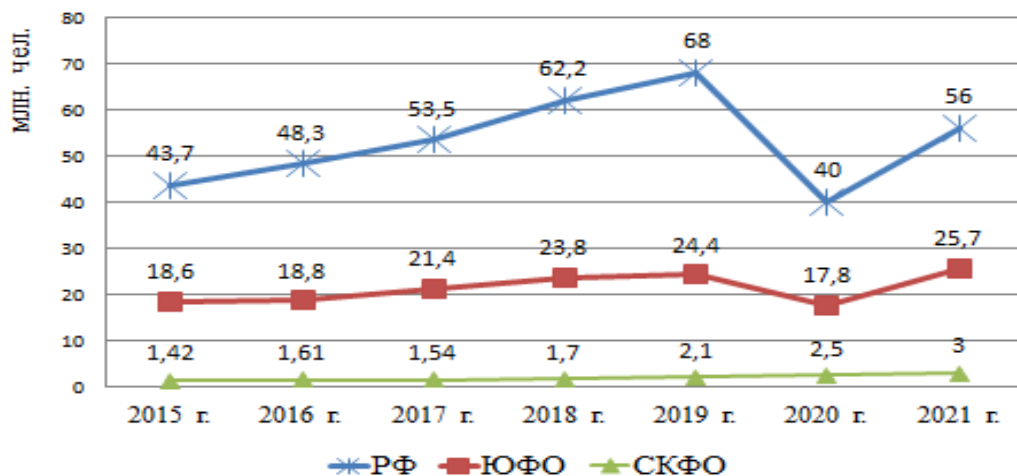


Рисунок 1.12 – Динамика туристического потока [142, 167]

Следует отметить, что наряду с ростом, отмечается изменение характера подвижности населения. В настоящее время возрастает индивидуальная мобильность населения, связанная с увеличением количества личных автомобилей (рисунок 1.13) [159, 160]. Данная тенденция способствует обостре-

нию транспортных и экологических проблем, что особенно актуально для южного региона страны [105]. Дальнейшая автомобилизация населения, а также развитие автомобильных онлайн-сервисов приводит к оттоку пассажиров с общественных видов транспорта.

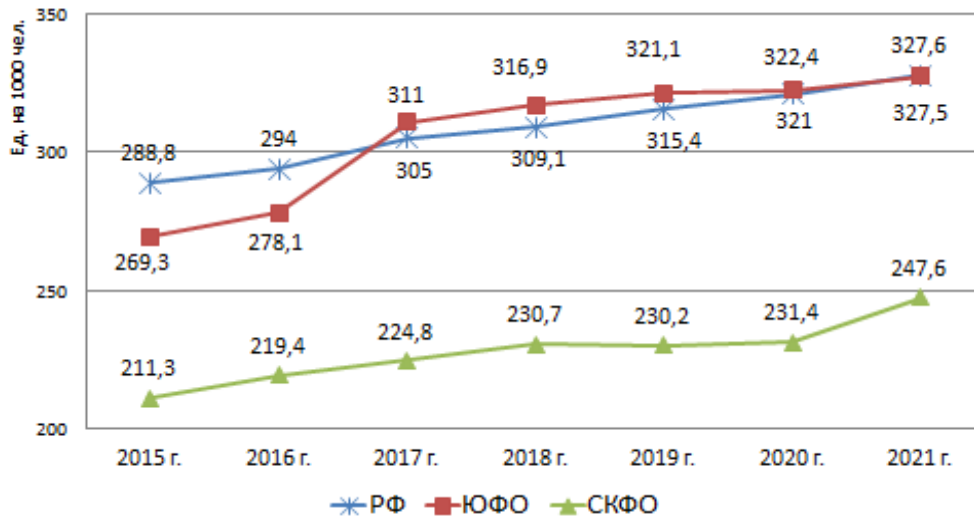


Рисунок 1.13 – Динамика числа личных автомобилей на 1000 чел. [159, 160]

Несмотря на ведущую роль, существует большое количество проблем, не позволяющих логистической транспортной системе пассажирских перевозок эффективно функционировать. Среди основных проблем Южного региона можно выделить следующие:

- несоответствие развития транспортной инфраструктуры возрастающим объемам пассажирских перевозок;
- неравномерное развитие различных видов транспорта, несогласованность их функционирования, отсутствие развитых транспортно-логистических мультимодальных центров и хабов;
- маршрутная сеть АО «ФПК» дублирует маршруты ОАО «СКППК»;
- высокая степень износа основных средств хозяйств железнодорожного транспорта (особенно ФГУП «Крымская железная дорога»);

- снижение рыночной конкурентоспособности железнодорожного транспорта;
- специфические природно-климатические условия юга России, которые определяют высокую степень неравномерности пассажирских перевозок (максимальный объем в летний период, спад в осенний и весенний периоды);
- ограничение территории охвата инфраструктурой железнодорожного транспорта;
- требования соблюдения экологических норм и правил.

Наличие данных проблем свидетельствует о недостаточном развитии логистической транспортной системы, что требует разработки мероприятий, направленных на оптимизацию ее функционирования.

Основной задачей дальнейшего развития региона является стабилизация социально-экономической ситуации. При этом транспорт является связующим звеном, от состояния транспортной инфраструктуры зависит экономика всего региона [40, 47]. Важнейшим элементом управления развитием транспортной системы региона является разработка стратегии инновационного развития на основе оценки и анализа состояния и тенденций изменения потенциала региона под воздействием внешних социально-экономических и политических факторов [40, 158]. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года [139, 154] в части развития Южного федерального округа предусматривает создание условий для устойчивого функционирования логистической транспортной системы пассажирских перевозок (рисунок 1.14) [47].

Для максимального использования возможностей региона с учетом материальной обеспеченности различных групп населения следует организовать гибкое регулирование всей транспортной инфраструктуры. С одной стороны, должны выдерживаться пиковые летние нагрузки, с другой – предусмотрены ресурсы для привлечения пассажиров в нетрадиционные («вне пиковые») периоды посещения рекреационных мест [168].

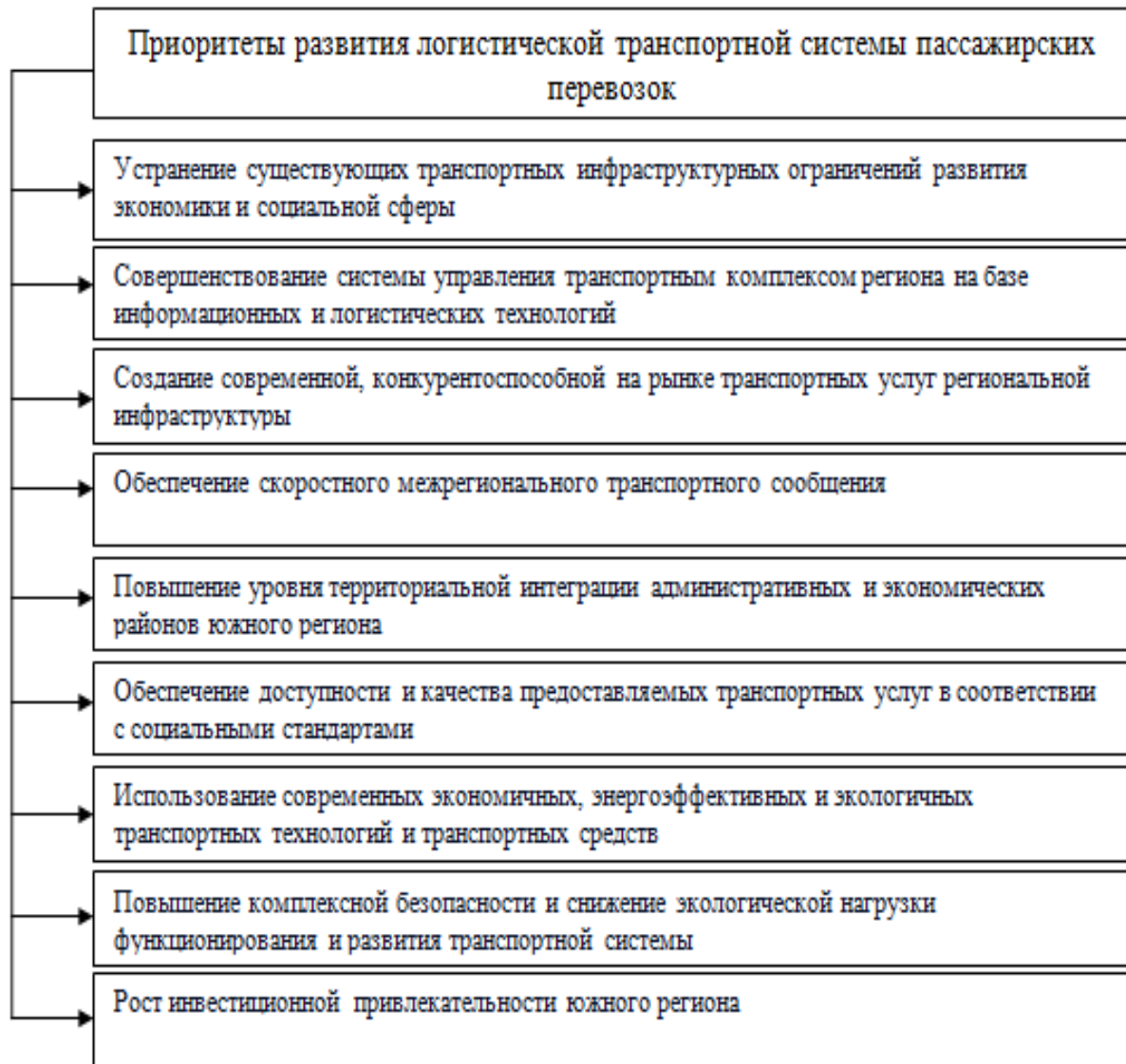


Рисунок 1.14 – Приоритеты развития логистической транспортной системы пассажирских перевозок [139]

Оценка эффективности функционирования логистической транспортной системы пассажирских перевозок является сложной задачей, требующей детального рассмотрения. Основная сложность заключается в определении всех аспектов, оказывающих влияние на логистическую транспортную систему. Так, при определении эффективности функционирования системы должно учитываться с одной стороны, обеспечение наиболее полного удовлетворения спроса на перевозки, а с другой – коммерческие интересы всех участников перевозочного процесса. При этом необходимым условием эф-

эффективности пассажирских перевозок является безусловное обеспечение безопасности, рациональное использование инфраструктуры, а также снижение вредного воздействия на окружающую среду (рисунок 1.15).



Рисунок 1.15 – Критерии эффективности функционирования логистической транспортной системы пассажирских перевозок [43]

Эффективность функционирования логистической транспортной системы в первую очередь зависит от социальной удовлетворенности качеством транспортного обслуживания. Транспортная сеть должна обеспечивать удобные пассажирские связи с основными пассажирообразующими центра-

ми. При этом фактор транспортной доступности в полной мере отражает влияние транспорта на социально-экономическое развитие общества.

С данной точки зрения транспортная доступность характеризуется такими показателями, как плотность транспортной сети и транспортная обеспеченность региона (таблица 1.1).

Плотность железнодорожной сети в Южном регионе в среднем в 2,8 раз превышает соответствующий показатель по России. В частности, в Краснодарском крае данный показатель в 5,5 раз выше среднего значения по стране [25].

Таблица 1.1

## Критерии оценки транспортной доступности регионов

[43, 70, 147, 142, 155]

№ п/п	Наименование показателя		Степень транспортной доступности	Значение показателя для регионов			
				Рост. обл.	Краснод. край	Ставр. край	Респ. Крым
1	Плотность путей сообщения, км путей на 1 000 км <sup>2</sup> территории	$\rho = \frac{L}{S}$ км/1000 км <sup>2</sup> , $L$ – длина маршрутной сети, км; $S$ – площадь территории, 1000 км <sup>2</sup> .	Автомобильный транспорт низкая $\rho \leq 50$ средняя $50 < \rho < 150$ высокая $\rho > 150$	267	486	276	500
			Железнодорожный транспорт низкая $\rho \leq 20$ средняя $20 < \rho < 80$ высокая $\rho > 80$	18,8	29,7	13,9	25,5
2	Транспортная обеспеченность населения на 10000 чел.	$\Theta = \frac{L}{\sqrt{SH}}$ $L$ – длина транспортных путей, км; $S$ – площадь освоенной территории, км <sup>2</sup> ; $H$ – численность населения, тыс.чел.	Автомобильный транспорт низкая $\Theta \leq 5$ средняя $5 < \Theta < 10$ высокая $\Theta > 10$	4,2	5,6	4,2	5,8
			Железнодорожный транспорт низкая $\Theta \leq 2$ средняя $2 < \Theta < 3$ высокая $\Theta > 3$	0,3	0,34	0,21	0,29

Как видно из таблицы 1.1, степень транспортной доступности железнодорожного транспорта достаточно низкая, поэтому развитие логистической транспортной инфраструктуры позволит обеспечить спрос населения регионов Юга России на качественные услуги и, соответственно, повысить клиентоориентированность железнодорожной отрасли.

Население, как основной источник спроса на перевозки, характеризуется, в первую очередь, интегральной численностью, которая для Юга России складывается из численности постоянно проживающего населения и численности сезонного населения (состоящего из отдыхающих, приезжающих в санатории, пансионаты, дома отдыха и т.п. по путевкам, и «неорганизованных» отдыхающих и туристов) (рисунок 1.16). Данный критерий наиболее полно описывает уравнение демографического баланса [167]:

$$P = P_o + (N - M) + (V_{\text{п}} - V_{\text{в}}) = P_o + E + V_{\text{пр}}, \text{ чел.}$$

где  $P$  – общая численность населения, чел;

$P_o$  – численность население на начало периода, чел.;

$N$  – общее число родившихся, чел.;

$M$  – общее число умерших, чел.;

$V_{\text{п}}$  – число прибывших, чел.;

$V_{\text{в}}$  – число убывших, чел.;

$E$  – естественный прирост населения, чел.;

$V_{\text{пр}}$  – миграционное сальдо;

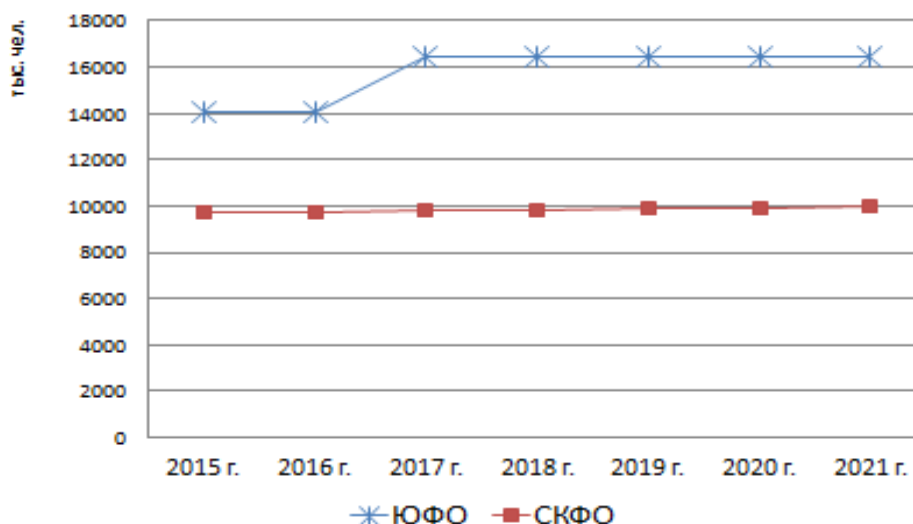


Рисунок 1.16 – Динамика численности населения [167]

Территориальный рост городов и зон их влияния, увеличение дальности поездок по трудовым и культурно-бытовым целям усложняют задачи со-



вершенствования транспортных систем, обслуживающих массовые пассажирские перевозки в пригородно-городском сообщении [2, 54]. При этом необходимо отметить, что в крупнейших агломерациях железнодорожное пригородное сообщение является важным инструментом борьбы с «автомобильными пробками», способствуя снижению неэффективных затрат на развитие автомобильной инфраструктуры и повышая производительное время населения по созданию ВВП [18, 54, 78].

Ключевым фактором повышения доступности транспортных услуг является существенное снижение времени нахождения пассажира в пути следования, в том числе за счет внедрения высокоскоростного движения и сокращения времени на пересадку с одного вида транспорта на другой на основе реализации хабовой модели организации пассажирских перевозок [16, 22, 36, 55, 75, 89].

Безопасность перевозок пассажиров является стратегическим приоритетом развития транспортной отрасли и позволяет обеспечить устойчивое функционирование логистической транспортной системы пассажирских перевозок [43]:

$$K_{\text{бн}} = \frac{\sum A_{\text{ф}}}{\sum A_{\text{н}}}$$

где  $A_{\text{ф}}$ ,  $A_{\text{н}}$  – удельная величина фактического и нормативного уровня безопасности перевозок (число аварий и крушений соответственно, приходящиеся на 1 млрд. пасс.-км).

Удовлетворенность пассажиров качеством обслуживания является приоритетом деятельности транспортных компаний (рисунок 1.17). Мониторинг удовлетворенности пассажиров качеством обслуживания является основной задачей в процессе транспортного планирования [64]. Данное исследование позволяет оценить как текущую ситуацию, так и получить объективные данные по ранее сделанным исследованиям и подтвердить, или опровергнуть транспортные прогнозы. Мониторинг по удовлетворенности потребителей способствует решению целого ряда задач, среди которых [64]:

- принятие решений в области совершенствования и улучшения качества предоставляемых услуг;
- получение общего представления о закономерностях поведения потребителей при выборе вида транспорта;
- более эффективная адаптация предоставляемых услуг и выводимых на рынок новых видов дополнительных услуг к рыночному спросу на них и к требованиям конечных потребителей.

Для оценки эффективности функционирования пассажирского комплекса служит система показателей (Приложение 3).

Нельзя рассматривать решение транспортных проблем обособленно, в отрыве от таких проблем, как обеспечение экологичности и безопасности. В настоящее время развитие транспортной системы сопровождается негативными последствиями в области обеспечения безопасности, в первую очередь – повышения уровня аварийности транспортных средств. Острота данной проблемы связана со спецификой Южного региона. Выходом из сложившейся ситуации является разработка вариантов перспективного развития логистической транспортной системы на основе увеличения доли перевозок железнодорожным транспортом (как самого экологически чистого и безопасного), функционирующего в рамках мультимодальных пассажирских транспортных систем.

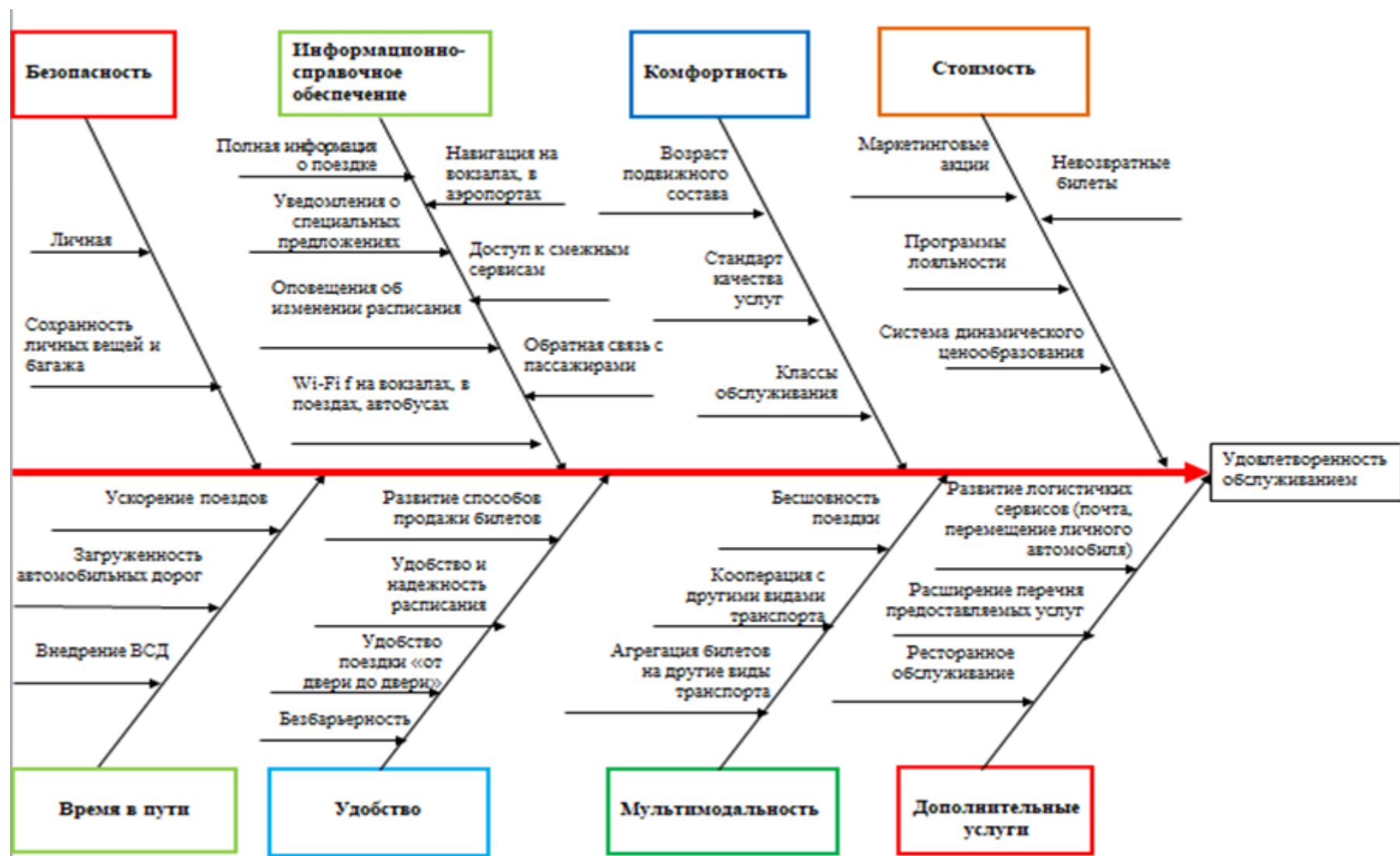


Рисунок 1.17 – Диаграмма Исикавы удовлетворенности пассажиров транспортным обслуживанием

## **1.2 Мультимодальная логистическая транспортная система Юга России: анализ состояния и перспективы развития**

Ежегодно со всех концов страны, ближнего и дальнего зарубежья миллионы пассажиров отправляются в путешествие на юг страны, и в первую очередь на популярные курорты Черноморского побережья Краснодарского края и республики Крым, Кавказских Минеральных вод. Сделать эти поездки максимально комфортными и удобными – основная цель и задача логистической транспортной системы пассажирских перевозок региона [35, 37, 60].

Черноморское побережье Кавказа и Крыма расположено в крайней северной части субтропического пояса. Однако, по многим показателям, в том числе с точки зрения сроков курортного сезона, этот регион все же близок к умеренной климатической зоне. В рамках существующей транспортной сети полноценной реализация всего круглогодичного потенциала, заложенного в этом самом значительном и популярном курортно-оздоровительном и туристическом регионе страны, представляется затруднительной [28, 168, 182].

В настоящее время важной задачей, стоящей перед логистической транспортной системой является налаживание надежных транспортных связей между материковой частью России и полуостровом Крым [3]. Строительство моста через Керченский пролив позволило повысить конкурентоспособность железнодорожного пассажирского транспорта в регионе и обеспечило рост транспортной подвижности населения. Однако существующая инфраструктура не может удовлетворить растущие потребности населения в перевозках, в том числе, высокоскоростных [40, 121, 181].

В соответствии с растущим спросом транспортных услуг требуется разработка перспективной программы совершенствования, и развития железнодорожных пассажирских перевозок как составной части плана экономического и социального развития региона на перспективу. Вместе с тем будут действовать рыночные факторы, снижающие потребность населения в поездках по железной дороге (рисунок 1.18). Этому способствует развитие других

видов транспорта. Однако, как показывает анализ, сложившиеся за последние годы пропорции в развитии различных средств пассажирского транспорта сохранятся и в перспективе, а это значит, что будет продолжаться увеличение перевозок по железным дорогам, несмотря на более высокие темпы прироста перевозок на воздушном и автомобильном транспорте.

В ряде публикаций [27, 61, 63] отмечено, что в настоящее время на деятельность железнодорожного пассажирского комплекса в дальнейшем следовании оказывает существенное влияние конкуренция как со стороны авиационного, так и автомобильного видов транспорта. При этом в [63] обращается внимание, что в результате данного воздействия железнодорожный пассажирский транспорт из года в год теряет свои позиции. В работе [102] выявлено, что обострению конкуренции вызывает изменение объемов перевозок пассажиров по видам транспорта, маршрутов и дальности перевозок, и многих других показателей.

Исходя из [54], значительное снижение доли железнодорожных пассажирских перевозок, происходящее в последнее время, вызвано, в первую очередь, с оттоком пассажиров на авиационный транспорт.

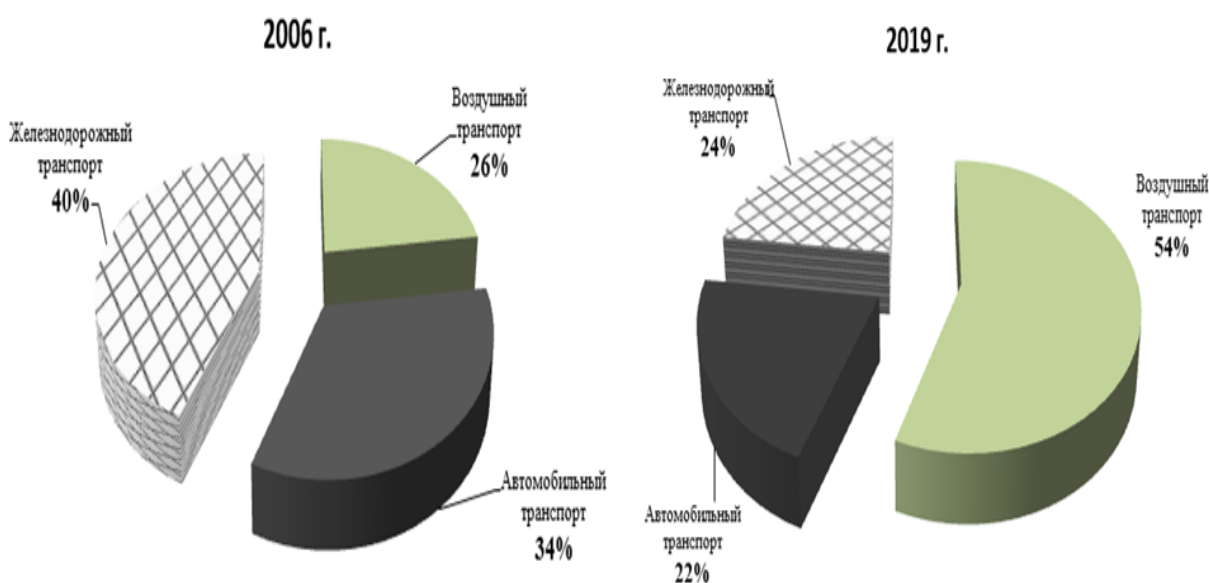


Рисунок 1.18 – Распределение пассажирооборота в дальнем следовании в 2006 и 2019 гг., % [159]

Южный регион России по ряду объективных, в частности, географической, геополитической и климатологической, причин, является популярным, в социальном и экономическом отношениях значимым полигоном для реализации инновационных проектов, имеющих в качестве основы транспортную отрасль [40]. При этом важной задачей является сохранение традиционно ведущей роли железнодорожного транспорта, обеспечивающего надежные, безопасные и комфортабельные пассажирские перевозки, а предоставляемые услуги имеют широкий спектр ценовой доступности, обладают максимальной степенью независимости от времен года и погодных условий.

Важной задачей, стоящей перед транспортным комплексом юга России, является рациональное использование транспортной инфраструктуры и обеспечение комплексного транспортного обслуживания пассажиров на основе эффективного взаимодействия различных видов транспорта в мультимодальной логистической транспортной системе пассажирских перевозок (МЛТСП) [47, 65].

Работа транспортных узлов в пунктах стыка нескольких видов транспорта происходит со значительными затруднениями. Причиной этого является то, что в каждом виде транспорта действуют собственные правила организации перевозок, не согласованные между собой [65, 184].

Требуется коренным образом изменить идеологию системы организации пассажирских перевозок: перейти от принципов конкуренции между видами транспорта к их кооперации.

Проведенный в диссертационном исследовании анализ показал, что каждый из рассматриваемых видов транспорта обладает своими преимуществами, которые необходимо использовать для повышения эффективности функционирования транспортной системы региона (таблица 1.2) [47, 183].

Анализ научных работ в области пассажирских перевозок в дальнейшем следовании [13,74,111,138,143] выявил, что большое влияние на функционирование транспортной системы оказывает деятельность авиационного транспорта. На некоторых направлениях (например, Москва-Адлер, Москва-

Краснодар) пассажиропоток авиационного транспорта в 2020 году превысил пассажиропоток железнодорожного более чем в 21 раз (рисунок 1.19).

Таблица 1.2

Сравнительная характеристика преимуществ железнодорожного и автомобильного видов транспорта [47]

Характеристики	Пригородные поезда	Автобусы
Широкий спектр категорий пассажиров, пользующихся льготным проездом (федеральные, региональные)	+	+
Разновидность способов покупки проездных документов	+	-
Безопасность движения	+	-
Наибольшая вместимость транспортного средства	+	-
Независимость от погодных условий	+	-
Наибольшее количество маршрутов (возможность охвата большего количества населенных пунктов)	-	+
Гибкий график движения	-	+
Большая частота движения	-	+
Шаговая доступность	-	+
Возможность поездки «от двери до двери» (концепция «dry foot»)	+	+

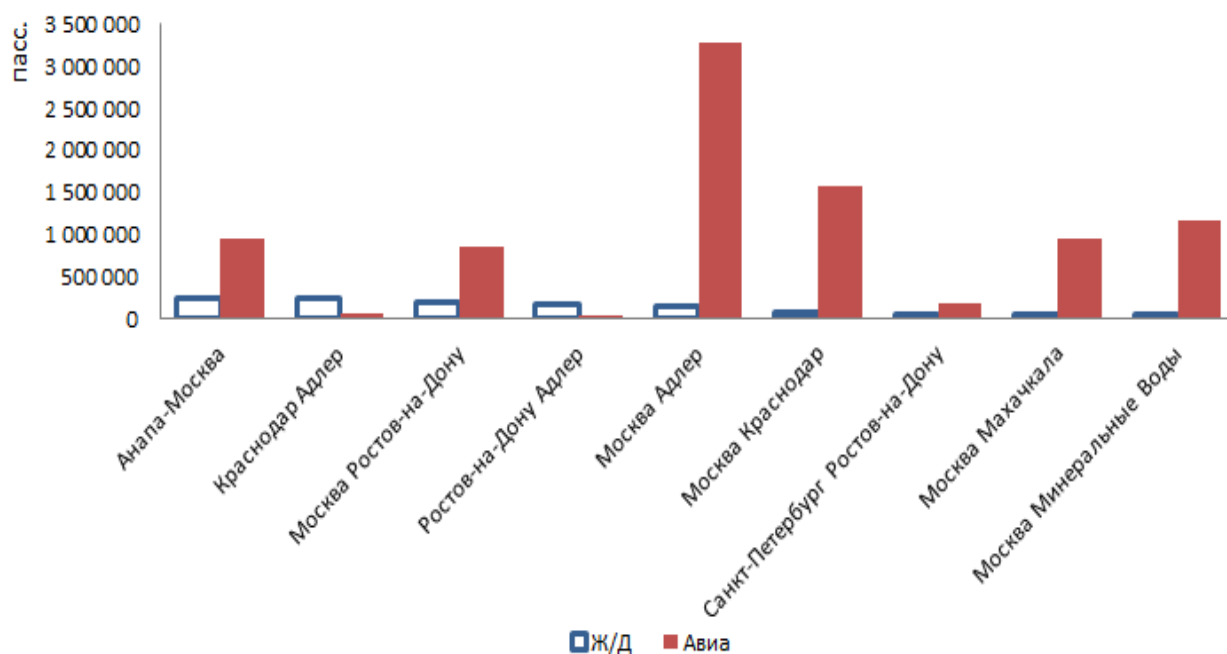


Рисунок 1.19 – Динамика пассажиропотока железнодорожного и авиационного транспорта по основным направлениям Северо-Кавказской железной дороги за 2020 год [129, 130, 143, 151, 152]

Уровень развития инфраструктуры пассажирского комплекса в настоящее время не удовлетворяет потребность в перевозках пассажиров на территории южного региона. Высокая степень износа инфраструктуры и ее текущее состояние требует постоянного ограничения скорости движения поездов и создает риск возникновения угрозы безопасности движения поездов, что негативно влияет качество пассажирских и грузовых перевозок и в целом на конкурентоспособность железнодорожного транспорта на рынке перевозочной деятельности.

Развитие МЛТСПП в регионе позволит решить множество проблем, возникающих при перевозках пассажиров различными видами транспорта и повысить мобильность населения в регионе (рисунок 1.20).

С вхождением республики Крым в состав Российской Федерации появилась потребность оптимизации транспортных связей между южной материковой частью страны и полуостровом. Основные негативные факторы, представлены на рисунке 1.21.

С учетом развития туристической отрасли, пассажиропоток в направлении республики Крым прогнозируется на уровне более 25 млн. человек, что выше существующего уровня в 2,5 раза. При этом предполагается, что распределение объемов прибывающих пассажиров будет неравномерным между различными видами транспорта: более 50 % от общего перспективного пассажиропотока возьмет на себя автомобильный транспорт, на долю авиационного транспорта будет приходиться около 35 %, на долю железнодорожного транспорта – около 15 % пассажиропотока. На данные показатели существенное влияние будет оказывать пропускная способность транспортной инфраструктуры.

При этом железнодорожная инфраструктура Таманского полуострова на сегодняшний день является одной из самых перспективных и развивающихся на полигоне дороги. На данном направлении развернуты масштабные инвестиционные проекты, завершение которых в будущем позволит повысить пропускную способность инфраструктуры не только к портовым зонам,



но и обеспечить пропуск пассажирских и грузовых поездов в направлении Крымского полуострова.

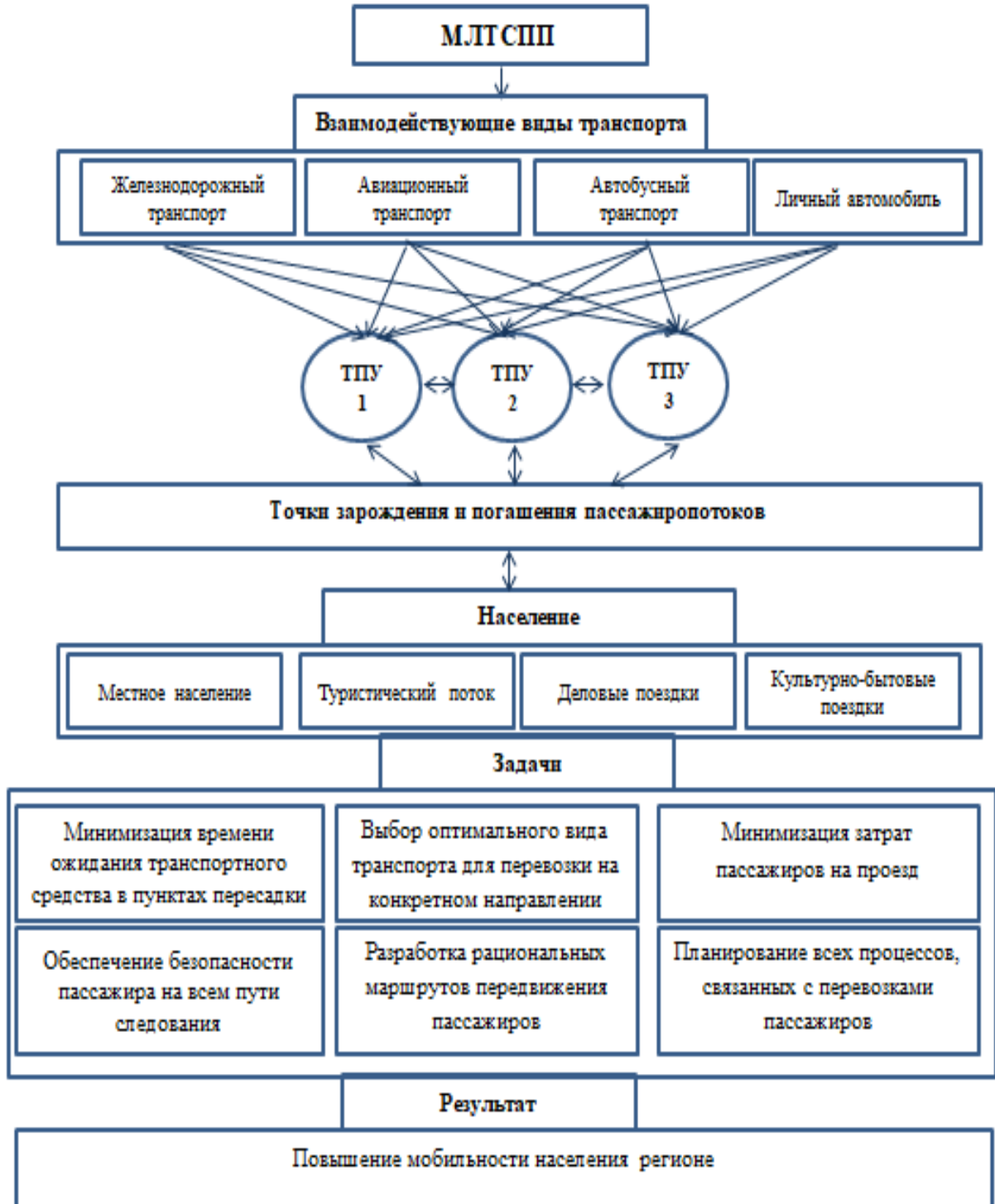


Рисунок 1.20 – Развитие мультимодальной логистической транспортной системы пассажирских перевозок (МЛТСП)

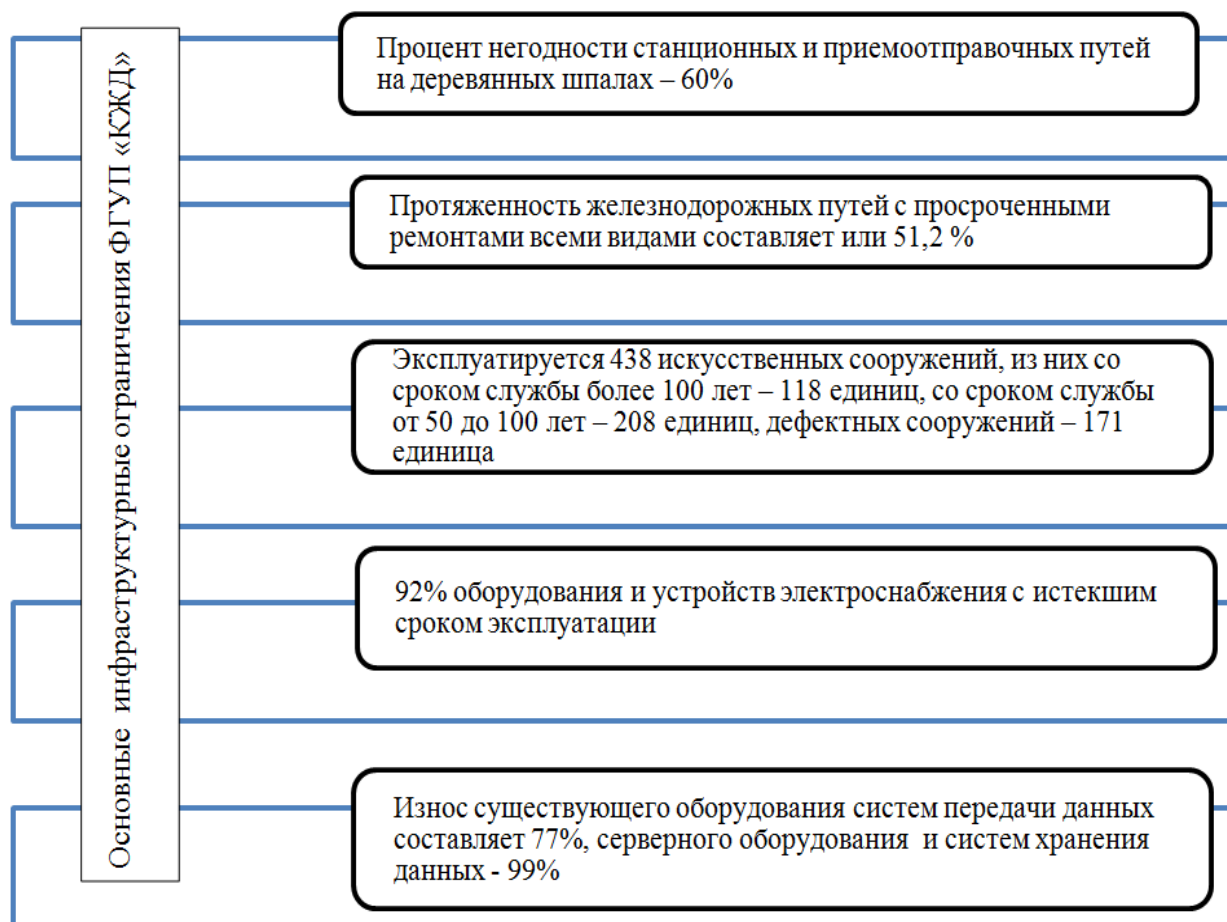


Рисунок 1.21 – Основные инфраструктурные ограничения ФГУП «КЖД»

Южный регион России обладает значительным туристическим потенциалом, который до настоящего времени не востребован в полной мере из-за отсутствия должного транспортного обеспечения, в том числе, высокоскоростного транспорта [40].

Современные пассажиры предъявляют новые требования к разным видам транспорта, и для стабилизации положения на транспортном рынке, пассажирским компаниям необходимо качественно улучшить уровень транспортного обслуживания по сравнению с конкурентными видами транспорта.

Широкое внедрение высокоскоростного движения повысит эффективность работы транспортного комплекса страны, увеличит мобильность населения, создаст новые рабочие места, укрепит экономические и культурные связи городов и поднимет международный престиж страны.

Реализация проектов развития высокоскоростного движения позволит расширить зоны тяготения крупных городов, минимизировать негативное влияние на окружающую среду, повысить конкурентоспособность и клиентоориентированность железнодорожного транспорта, а, следовательно, доходы компании [76, 86, 173].

Организация движения на данных направлениях в конечном итоге позволит [76]:

- сформировать современную, безопасную и рентабельную инфраструктуру скоростного железнодорожного транспорта, специализирующуюся на скоростных и высокоскоростных пассажирских перевозках;

- создать условия для организации рентабельного бизнеса для операторов скоростных железнодорожных перевозок, в том числе за счет совершенствования государственного регулирования этого вида деятельности;

- обеспечить высокий уровень комфорта и безопасности поездок пассажиров за счет использования современного подвижного состава;

- создать современные вокзальные и станционные комплексы, в том числе мультимодальные, обеспечивающие удобную доступность для пассажиров и широкий спектр дополнительных услуг;

- максимизировать положительные эффекты от интеграции инфраструктуры скоростного железнодорожного транспорта в транспортную систему России, что обеспечит переход от конкуренции к кооперации с другими видами транспорта, в том числе в рамках развития мультимодальных пассажирских перевозок с участием высокоскоростного железнодорожного транспорта, создания полимагистралей.

Для решения данной задачи необходимо обеспечить технологическую совместимость различных видов транспорта, повышение уровня их взаимодействия [103, 107, 171]. В частности необходима реконструкция инфраструктуры республики Крым и Краснодарского края, что обеспечит принципиально новый уровень интенсивности и эффективности функционирования различных видов транспорта и будет способствовать росту объемов пасса-

жирских перевозок, установлению оптимального соотношения цены и качества транспортных услуг, повышению степени удовлетворенности населения работой пассажирского комплекса.

Улучшение обслуживания пассажиров в транспортно-пересадочных узлах может быть достигнуто путем согласования графиков и расписаний движения различных видов транспорта, внедрения единых проездных документов (рисунок 1.21) [65].



Рисунок 1.21 – Перспективы развития взаимодействия видов транспорта в МЛТСПП [65]

Привлечение пассажиров на железнодорожный транспорт возможно с помощью создания и продвижения новых транспортных продуктов. Создание цифровых инструментов организации мультимодальных пассажирских перевозок, включая расширенный набор сервисов для пассажиров до, во время и после поездки обеспечит доступность транспортных услуг на совершенно новом уровне [65].

При построении и развитии МЛТСПП необходимо соблюдение следующих основных требований [65]:

1. Комплексное развитие всех видов транспорта, участвующих в перевозках.
2. Рациональное размещение пассажирских устройств в узле.
3. Учет требований населения, экологических и градостроительных аспектов.

### **1.3 Методы и методологические подходы развития логистической системы пассажирских перевозок**

Исследованию вопросов, связанных с повышением эффективности функционирования пассажирских транспортных систем посвящено большое количество научных работ [40]. Известные отечественные ученые В.В. Звонков [72], В.В. Повороженко [120], Т.С. Хачатуров [166] внесли значительный вклад в формирование понятия «транспортная система». Основные вопросы комплексной теории транспорта, перспективы развития всех видов транспорта и сферы их оптимального использования обоснованы в исследованиях В.Н. Образцова [115]. Всестороннее влияние транспорта на социально-экономическое развитие общества, и, как следствие необходимость исследования степени влияния внешних факторов на параметры транспортной системы подробно рассмотрены в работах И.В. Кочетова [90]. При этом, по мнению Л.Б. Миротина [110], для эффективного функционирования транспортной системы необходим учет региональных условий и природно-климатических факторов.

Региональный аспект функционирования транспортной отрасли рассматривали многие ученые: Ларин О.Н. [97], Лapidус Б.М. [95], Левда М.Н. [99], Северова М.О. [145] и др. В частности, особенностям и проблемам развития транспортной системы южного региона посвящены исследования О.Н. Числова [168,169,180], Э.А. Мамаева [105, 106] , В.Н Зубкова [73, 76].

В.А. Персианов отмечал [132], что спрос на пассажирские перевозки определяется воздействием большого числа факторов, большинство из кото-

рых не поддаются количественной оценке. При этом критерием эффективности управления пассажирскими перевозками С.М. Резер [141] считает привлечение на железнодорожный транспорт необходимого пассажиропотока за счет развития туризма, конкурентоспособной тарифной политики, предоставления качественного сервисного обслуживания, дополнительных услуг, развития мультимодальности [40].

Большая роль в повышении эффективности функционирования транспортно-логистического комплекса отводится сервисному обслуживанию пассажиров. Методы совершенствования сервисного обслуживания подробно рассмотрены в работах Н.Д. Иловайского и А.Н. Киселева [77].

Исследования, проведенные Н.П. Терешинной [155], показывают, что спрос на перевозку пассажиров в дальнем следовании во многом зависят от состояния национальной экономики и уровня жизни населения. Поэтому при планировании пассажирских перевозок следует учитывать платежеспособность населения, изменение тарифов у конкурентов, состояние санаторно-курортной базы в регионе, туристический потенциал, результаты мероприятий по повышению лояльности пассажиров.

Так, например, опыт проведения Сочинской Олимпиады показал, что Россия обладает оригинальным туристическим и спортивным потенциалами, которые до настоящего времени не востребованы в полной мере из-за отсутствия должного сервисного обслуживания, в том числе, скоростного транспорта [40].

В работе О.Д. Покровской и А.Н. Илларионовой [133] отмечается необходимость модернизации транспортной инфраструктуры для освоения возрастающих пассажиропотоков, особенно в летний период.

Не вызывает сомнения целесообразность строительства высокоскоростных магистралей и на территории Российской Федерации [9, 15, 80, 81, 96, 98]. Поэтому в диссертационном исследовании уделено особое внимание перспективам развития высокоскоростного движения, в частности на направлении Центр-Юг [10, 56, 76, 80, 126, 127].

В результатах исследований С.П. Вакуленко [16], Н.Ю. Еврееновой [31], Д.В. Железнова [69], В.Р. Захарова [71] и Е.В. Копыловой [89] отмечено, что одним из слабых звеньев существующего процесса организации пассажирских перевозок является недостаточное взаимодействие различных видов транспорта на их начально-конечных этапах [40].

М.Ф. Трихунков [162] рассматривал обеспечение высокого качества пассажирских перевозок как результат рациональной организации процесса взаимодействия всех транспортных предприятий. В трудах К.Ю. Скалова [146] подробно рассматривались вопросы развития транспортных узлов с учетом взаимодействия видов транспорта.

Методика определения рационального числа остановочных пунктов, разработка требований к организации транспортно-пересадочных узлов, а также вопросы определения пропускной способности пассажирской транспортной инфраструктуры отражены в исследованиях Н.В. Правдина, В.Я. Негрея [138].

Д.Н. Власов [18, 19] разработал методику развития систем транспортно-пересадочных узлов, позволяющую определять социально-экономическую эффективность их формирования. По его мнению [19] комплексным пассажирским транспортным узлом называется элемент единой транспортной системы страны, определяющий характер перевозок на прилегающих полигонах сети. Таким образом, транспортно-логистический узел представляет собой комплекс инфраструктуры и подвижного состава в пункте стыкования нескольких видов транспорта, совместно выполняющих операции по обслуживанию пассажиров [41].

Транспортно-пересадочный узел (ТПУ) представляет собой совокупность отдельных пассажирских систем, в пределах которых осуществляется корреспонденция пассажиропотоков. Качество функционирования ТПУ при этом во многом зависит от эффективности организации процессов взаимодействия в нём отдельных элементов [41]. По мнению Н.Ю. Еврееновой [31,32,33] он является ключевым элементом в транспортном обслуживании

пассажирам, в повышении эффективности управления пассажиропотоками и в возможности реализации мультимодальных перевозок в пассажирском общении.

Проблема формирования новых и развития существующих ТПУ является частью большой научной проблемы улучшения транспортной ситуации в крупных городах и мегаполисах, решение которой направлено на повышение эффективности пассажирских (внутригородских и пригородно-городских) перевозок, степени взаимодействия различных видов внешнего и внутреннего пассажирского транспорта, что в конечном итоге способствует улучшению качества обслуживания пассажира [41].

Проведенный анализ функционирования крупных ТПУ [19, 32, 71, 128, 191] позволил определить основные проблемы, препятствующие обеспечению рациональных условий работы пассажирского транспорта: несогласованность в работе транспортных средств различных видов транспорта, в результате чего возникает длительное ожидание пересадки, отсутствие перехватывающих парковок, пересечение пешеходных потоков и др. Таким образом, существующие ТПУ нуждаются в комплексной реконструкции и развитии.

Пассажирские хабы являются одной из эффективных организационных форм транспортных узлов. В мировой практике, как правило, хабом называют крупный транспортный узел, расположенный на пересечении транспортных маршрутов, позволяющий осуществлять перевозки «hub – and – spoke». Отметим, что общепринятое и однозначное понятия для квалификации пассажирского транспортного хаба в научной литературе на сегодняшний день отсутствует. Тем не менее выделяется ряд признаков хаба [40, 69]:

1. Географическое расположение хаба. Транспортный узел от которого выполняются радиальные маршруты.
2. Центральное расположение относительно других хабов.
3. Концентрация трафика в определенном времени и пространстве.



#### 4. Большая мощность пассажиропотоков.

Среди особенностей организации мультимодальных перевозок через сеть пассажирских хабов выделим следующие:

- основой формирования хаба, реализующего интермодальные схемы пассажирских перевозок, как правило, является вид транспорта с большим пассажиропотоком в единицу времени (чаще всего авиа или железнодорожный), т.к. необходимо совмещение инфраструктур как минимум двух видов транспорта;

- функционирование хабов основано на реализации в основе фиксированного расписания для достижения синергетического эффекта для транспортной системы в целом и каждого вида транспорта в отдельности;

- составы поездов, используемых в интермодальных схемах постоянные и не зависят от фактической загрузки поезда;

- при планировании перевозок в хабовой модели, могут вводиться дополнительные ограничения, например, запрет на прямое передвижение между двумя пунктами, которые не являются хабами, даже, если такая возможность есть. Таким образом пассажирский хаб выполняет функции по перенаправлению, сортировке, соединению, объединению, распылению пассажиропотоков.

По мнению многих авторов [2, 16, 18, 40, 94, 134, 189], создание мультимодальной логистической транспортной системы с участием высокоскоростного железнодорожного транспорта позволит решить проблему повышения конкурентоспособности, снижения убыточности пассажирских перевозок.

Появление и развитие железнодорожного транспорта во многих зарубежных странах явилось мощным толчком в экономическом развитии. Тем не менее, в большинстве зарубежных стран вопрос убыточности пассажирского комплекса является весьма актуальным. Поэтому, одной из основных целей всех преобразований, осуществляемых транспортными компаниями, является повышение эффективности функционирования МЛТСПП.

Ежегодный рост мобильности населения в условиях обостряющейся конкуренции между различными видами транспорта и усугубление экологических проблем при функционировании транспортно-логистической системы вызвали необходимость ряда зарубежных стран разрабатывать проекты строительства высокоскоростных железных дорог и развития систем крупных транспортно-пересадочных узлов (хабов) [15, 20, 29, 39, 80, 81, 96, 113, 114].

Лидерами в мировом рейтинге высокоскоростных пассажирских перевозок являются Япония, Франция, Германия и современный Китай.

Япония является одной из немногих стран, которой удалось вывести железнодорожные пассажирские перевозки на безубыточный уровень. В результате реформирования, начатого в 1987 г., было создано 6 пассажирских компаний. Основными трудностями в этот период было тяжелое финансовое положение компаний, особенно на малонаселенных островах (Хоккайдо, Сикоку). Но, тем не менее, Японским железнодорожным компаниям удалось перейти на самоокупаемость и значительно улучшить качество обслуживания пассажиров.

Несомненно, основным достижением железнодорожного транспорта в Японии является организация регулярного пассажирского высокоскоростного движения. Развитие высокоскоростного движения в Японии было начато в 1964 г. на линии Токайдо, соединяющей Токио с Осакой. Максимальная скорость движения составляла 270 км/ч [17]. Сокращение времени поездки в 3 раза способствовало значительному росту пассажиропотока. Данный успех дал толчок к развитию высокоскоростного движения во всем мире.

Модернизация всей транспортной отрасли Японии на основе методов интеграции железнодорожного и автомобильного транспорта позволили повысить скорости движения, увеличить мобильность населения, эффективно развивать туристическую отрасль.

Именно развитие туризма, наряду со строительством высокоскоростных магистралей и развитием «бесшовных» поездок, является одним из направлений стратегии экономического роста Японии.

Необходимо обозначить тот факт, что ни одна их проводимых транспортных реформ в зарубежных странах не способствовала росту объемов железнодорожных перевозок без учета развития скоростного и высокоскоростного движения.

Высокоскоростная линия в Великобритании (линия High Speed 1) позволила сократить время в пути между Лондоном и Парижем на 20 мин. В 2017 г. началась подготовка к строительству линии High Speed 2, которая соединит Шотландию и Лондон к 2030 году [80, 118].

Интерес вызывает тот факт, что на новой магистрали будут применены инновационные технологии, нацеленные на удовлетворение потребностей пассажиров. Например, создание «бесшовных» поездок с участием нескольких видов транспорта по единому билету, возможность предоставления широкого спектра услуг во время поездки (заказ еды, напитков, товаров, бронирование авиабилетов) и др.

Особый интерес вызывает развитие транспортной отрасли в Китае. Менее чем за 10 лет Китай с сетью высокоскоростных магистралей протяженностью около 10 тыс. км стал крупнейшим рынком высокоскоростных поездов и наращивает свои преимущества. Доля страны на мировом рынке возросла с нуля, до более чем 20 % и в ближайшей перспективе именно Китай будет оставаться определяющим рынком инвестиций в железнодорожные высокоскоростные магистрали в мире [29, 80, 114].

Китай в 2015 году впервые в Азии добился рентабельности пассажирских перевозок. Он занимает первое место по скорости и протяженности ВСМ, чему способствует высокая плотность населения и наличие средств на строительство ВСМ, общая длина которых в Китае более 22 тыс. км [29].

Развитие высокоскоростного транспорта в Китае происходит большими темпами, нежели воздушного (в 2013 году объем перевозок высокоскоростными поездами составил 672 млн. против 327 млн. на воздушном транспорте). В результате жесткой конкуренции, воздушный транспорт постепенно отказывается от полетов на расстояние менее 800 км. В перевозках на рассто-

вание менее 150 км, конкуренцию высокоскоростному движению составляют автомобильные перевозки, особенно в тех случаях, когда железнодорожные станции расположены вдалеке от центра города [29]. Поэтому, важным направлением является совершенствование обслуживания пассажиров от начальной до конечной точки маршрута. Все это предполагает улучшение сообщения с железнодорожными станциями, сокращение времени пересадки на другой вид транспорта, что является актуальным и для железных дорог в России. По этой причине особый интерес вызывают вопросы организации эффективного функционирования транспортной системы Китая, особенностью которой является логистический подход на основе создания ТПУ. Следует отметить, что крупные ТПУ объединяют высокоскоростной железнодорожный, авиационный и автомобильный виды транспорта.

Несмотря на некоторые задержки, продолжается реализация проекта строительства высокоскоростной линии в Саудовской Аравии. Данная высокоскоростная магистраль главным образом предназначена для обслуживания паломников, и соединяет два центра исламской религии – Мекку и Медину. В периоды религиозных праздников число паломников возрастает в разы, и данная тенденция сохранится в будущем [21].

Для пассажиров, совершающих деловые поездки, большую роль играет время в пути и доступность вида транспорта. На первый план выходят такие характеристики, как надежность и качество обслуживания. Эти требования включают информирование о поездке, быстроту приобретения билетов, высокий уровень комфорта в поездах и расширение спектра дополнительных услуг (например, аренда автомобиля).

Опыт всех существующих проектов высокоскоростных магистралей в мире показал, что в транспортных коридорах после начала эксплуатации высокоскоростных поездов происходит перераспределение пассажиропотока в пользу высокоскоростного железнодорожного транспорта [80, 83].

Анализируя исследования вышеперечисленных, а также многих других ученых [4, 100, 131, 137], можно сделать вывод о необходимости определе-

ния основных особенностей методологических подходов принятия управленческих решений в области повышения эффективности функционирования логистических транспортных систем пассажирских перевозок (рисунок 1.22).

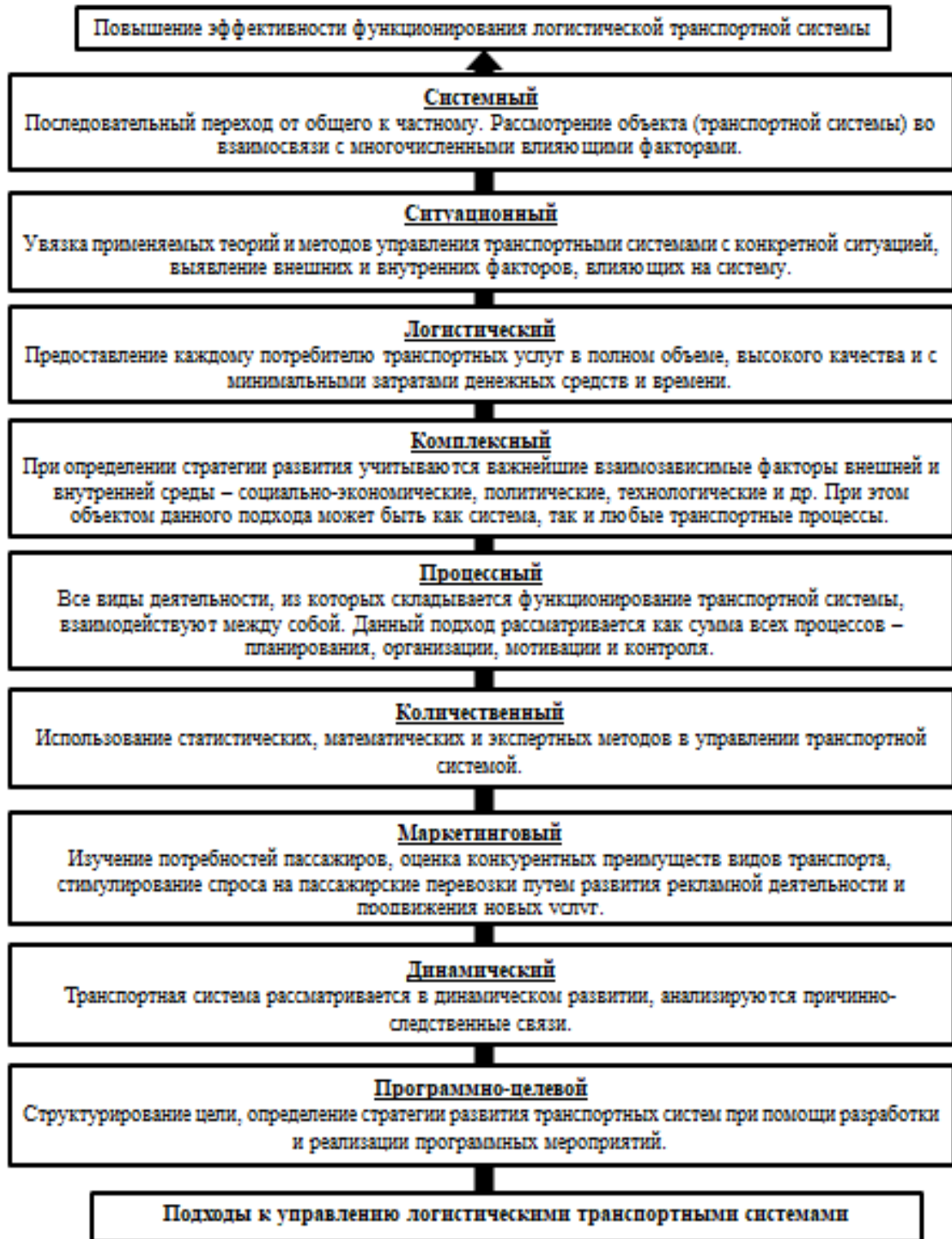


Рисунок 1.22 – Методологические основы принятия управленческих решений в области повышения эффективности функционирования МЛТСПП

Основные достоинства и недостатки представленных методов в приведены в Приложении 4.

Для повышения качества управления транспортно-логистическими системами необходимо в системном порядке использовать современные методы прогнозирования пассажиропотоков.

SWOT-анализ позволяет выявить сильные и слабые стороны железнодорожного транспорта, а также выработать стратегию управления пассажирскими перевозками с учетом основных возможностей и угроз.

Например, с учетом проведенных исследований [23, 111, 141, 179, 186, 190], в диссертационной работе представлен SWOT-анализ работы регионального пассажирского железнодорожного комплекса (таблица 1.3).

Для определения факторов внешней среды, влияющих на пассажирские перевозки целесообразно применять PEST-анализ [186, 187, 190, 192, 193]. Данный анализ позволяет выявить основные позитивные и негативные тенденции в политической, экономической, социально-культурной и демографической, а также технологической отраслях (рисунок 1.23).

В настоящее время наиболее авторитетные специалисты [1, 4, 100, 131] считают, что именно системный подход является главным инструментом эффективной деятельности транспортного предприятия.

В современном обществе усиливается взаимосвязь политических, экономических и социальных процессов. Поэтому применительно к пассажирским перевозкам необходимо применять особый метод исследования, который рассматривает взаимосвязь всех элементов: путевой инфраструктуры, подвижного состава, и т.п., и саму технологию комплексного обслуживания пассажиров.

SWOT-анализ работы регионального пассажирского железнодорожного  
комплекса

<b>Сильные стороны (S)</b>	<b>Слабые стороны (W)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- безопасность;</li> <li>- комфорт в пути следования;</li> <li>- стабильность работы железнодорожного транспорта, независимость от погодных условий;</li> <li>- высокий уровень клиентоориентированности персонала;</li> <li>- позитивный имидж железнодорожного транспорта.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- невозможность значительного сокращения времени в пути на существующих магистралях из-за инфраструктурных ограничений;</li> <li>- недостаточно гибкая тарифная политика;</li> <li>- стареющий вагонный парк;</li> <li>- необходимость обеспечения перевозок на безальтернативных или объективно убыточных социально значимых маршрутах.</li> </ul>
<b>Возможности (O)</b>	<b>Угрозы (T)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- рост мобильности населения на направлении Центр-Юг;</li> <li>- расширение сети на направлениях Центр-Юг, развитие высокоскоростного движения;</li> <li>- кооперация с другими видами транспорта, формирование «гладкой бесшовной транспортной» системы на основе предоставления единой транспортной услуги;</li> <li>- развитие региональной хабовой модели;</li> <li>- снижение стоимости проезда (применение маркетинговых инициатив, внедрение невозвратных билетов);</li> <li>- обновление парка подвижного состава (поставка новых вагонов, расширение полигона курсирования двухэтажных составов);</li> <li>- применение постоянных схем курсирования составов;</li> <li>- расширение спектра предоставляемых услуг и персонализация сервисов и пути пассажира на индивидуальном уровне;</li> <li>- развитие железнодорожного туризма.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- рост конкуренции на транспортном рынке;</li> <li>- расширение региональной сети авиаперевозок;</li> <li>- автомобилизация населения и повышение средней дальности поездок на автомобиле;</li> <li>- тарифные политики конкурентных видов регионального транспорта.</li> </ul>

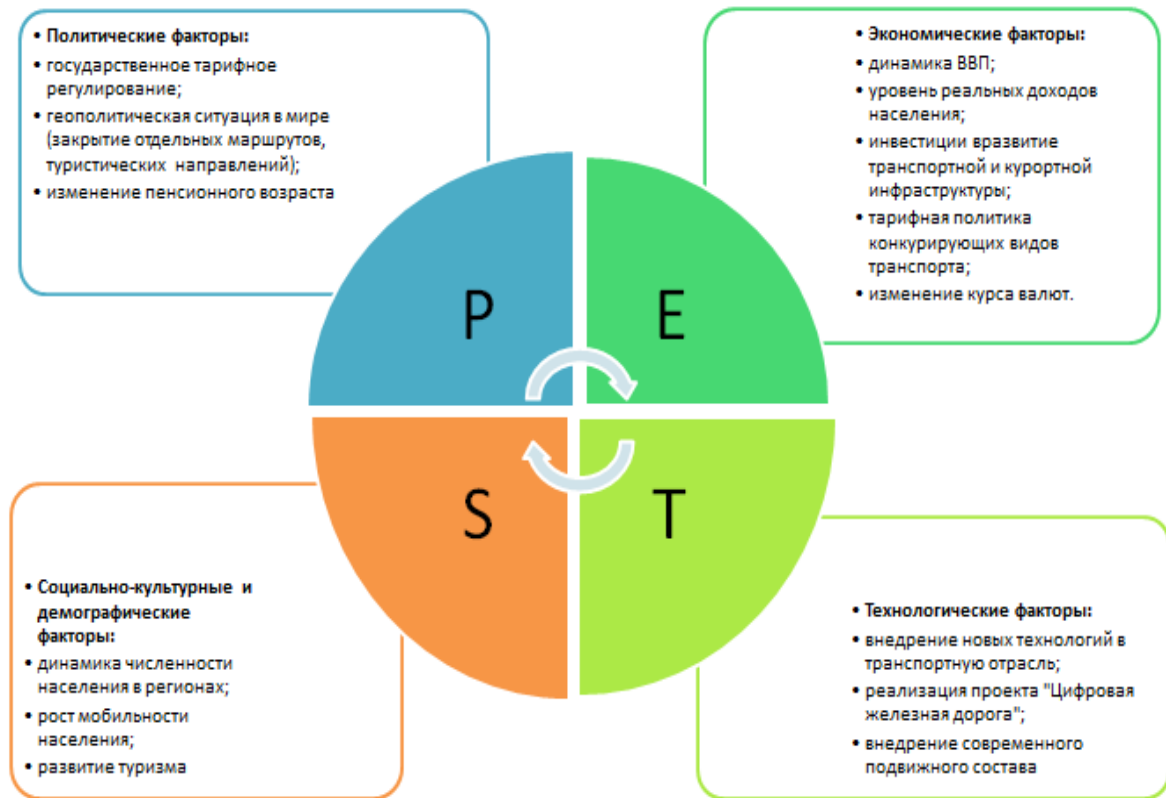


Рисунок 1.23 – PEST-анализ работы пассажирского железнодорожного комплекса

При системном решении экономических проблем пассажирских перевозок необходимо выявлять существенные для общего процесса взаимосвязи и устанавливать их влияние на поведение всей системы, а не только какой-то ее части. Такой подход дает возможность прогнозирования состояния системы при изменении внешней среды или какого-либо элемента системы. При этом на первый план выходит наличие достоверной маркетинговой информации [1].

Пассажиры склонны воспринимать поездку как одно комплексное мероприятие, им гораздо удобнее решать все вопросы по поездке через «единое окно», к которому можно обратиться через множество каналов. Они нуждаются в интегрированном решении всех задач, возникающих до поездки, в процессе путешествия и по прибытии в пункт назначения [37, 41, 59, 65, 117, 125, 149].

Оценка качества транспортного обслуживания – сложное понятие, обозначающее комплекс свойств перевозочного процесса, обеспечивающих вы-



сокий уровень удовлетворенности пассажиров [77] и обуславливающих их соответствие требованиям зависимости [24, 41, 110]:

$$S = S_1^{k_1} \cdot S_2^{k_2} \cdot S_3^{k_3} \cdot S_4^{k_4} \cdot S_5^{k_5} \cdot S_6^{k_6} \cdot S_7^{k_7} \cdot S_8^{k_8}$$

где  $k_1, \dots, k_8$  – веса показателей;

$S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8$  – соответственно надежность перемещения точно по графику, регулярность, безопасность, комфортность, стоимость проезда, информационный сервис, комплексность и доступность [41].

В настоящее время не существует единой комплексной оценки, учитывающей в полной мере требования пассажиров к обслуживанию. Разработанный Т. Саати [188] метод анализа иерархий, применительно к транспортной отрасли, позволяет проанализировать критерии выбора вида транспорта пассажирами, которые обычно не поддаются эффективной количественной оценке [42]. При этом обязательным условием эффективного функционирования логистической транспортной системы является полный учет пожеланий пассажиров [40].

В МЛТСПП тесно взаимосвязаны различные социальные, экономические, технологические, производственные и экологические процессы. В настоящее время актуальной задачей является повышение эффективности функционирования пассажирских перевозок в логистической системе, что требует учета всех вышеперечисленных факторов. Метод корреляционно-регрессионного анализа является одним из наиболее наглядно отражающих взаимосвязи между различными факторами работы транспорта, позволяет установить степень зависимости различных по характеру неунифицированных показателей, и рассмотрен в исследовании в качестве основы для разработки мероприятий по повышению эффективности и, соответственно, конкурентоспособности логистической транспортной системы пассажирских перевозок.

Сохранение постоянного спроса на железнодорожные пассажирские перевозки возможно при условии выполнения базовых требований пассажи-

ров (безопасность, надежность, выполнение расписания, удобство), однако этого недостаточно для привлечения новых клиентов [140, 148].

Глубокий анализ структуры клиентской базы компаний поможет идентифицировать приоритетные направления вложения инвестиций — например, насколько больше готовы платить пассажиры за дополнительный комфорт, возможность полноценного использования времени и высококлассное питание на борту.

Выбор вида транспорта, маршрута следования, ассортимента услуг в пути следования неодинаков для различных групп населения. Сегментация пассажиропотока по различным критериям при выборе варианта поездки позволит установить иерархию предпочтений для более полного обеспечения пассажиров услугами.

В диссертационном исследовании предлагается учитывать цели поездки различных групп пассажиров при разработке плана комплексного транспортного обслуживания в МЛТСПП [42].

В последние годы большое внимание уделяется цифровым технологиям в транспортной отрасли [65]. Необходимость использования современных прогрессивных технологий в целях наилучшего удовлетворения спроса населения на транспортные услуги отмечена в исследованиях В.Г. Галабурды [23]. Профессор Б.А. Левин [100] определяет цифровизацию как один из главных приоритетов, позволяющих обеспечить интеграцию всех видов пассажирского транспорта. Применение экономико-математических методов, рассмотренных в работах Ю.О. Пазойского, В.Г. Шубко, С.П. Вакуленко [122, 123], позволит решить наиболее важные задачи планирования пассажирских перевозок.

Анализируя многочисленные публикации, посвященные состоянию и перспективам развития железнодорожных пассажирских перевозок в дальнейшем следовании [13, 27, 91, 120], можно сделать вывод, что одним из наиболее влияющих на убыточность компании факторов является конкуренция с другими видами пассажирского транспорта.

Само понятие конкурентоспособности в различных исследованиях трактуется по-разному. Один из ведущих мировых специалистов в области конкурентной стратегии и международной конкурентоспособности, Майкл Портер в своих исследованиях [135] обосновал выбор вида конкурентной стратегии и способы реализации ее на практике. Конкурентоспособностью в данном случае называется свойство товара или услуги выступать на рынке наравне с присутствующими там аналогичными товарами или услугами. По его мнению, конкуренция является решающим фактором при определении эффективности работы компании, в данном случае, транспортной.

Известный европейский маркетолог, профессор Ж.Ж. Ламбен [93] определяет в качестве конкурентного преимущества компании различные характеристики, как самой базовой услуги, так и других услуг, дополняющих основную. Совокупность базовых и дополнительных характеристик определяет превосходство компании над своими непосредственными конкурентами.

И.М. Лифиц [101] считает, что конкурентоспособность продукции – это способность продукции отвечать требованиям данного рынка в рассматриваемый период по сравнению с аналогами-конкурентами.

Труды известного ученого А.Ю. Юданова [174] посвящены изложению сущности конкуренции, методам повышения конкурентоспособности в рыночной экономике. По его мнению, конкуренция заключается с отстаивание компанией платежеспособного спроса на всех доступных сегментах рынка (в т.ч. транспортного).

Большой вклад в развитие методов повышения конкурентоспособности предприятий внесли исследования Р.А. Фатхурдинова [165]. В многочисленных публикациях, посвященных данной проблеме проанализированы и обобщены научные подходы к управлению объектами в конкурентоспособной экономике, а также разработаны предложения по методике оценки конкурентоспособности предприятий.

Таким образом, большое количество разработок в данном направлении свидетельствует о значительной важности и актуальности рассматриваемой

проблемы, а также о необходимости продолжения поиска решений научных проблем по обеспечению рационального взаимодействия различных видов пассажирского транспорта в региональной транспортной системе.

В диссертационном исследовании для достижения вышеуказанных результатов разрабатываются модели и методы:

- формирование единого транспортного пространства на территории Южного региона для обеспечения развития и модернизации логистической транспортной системы;
- стимулирование оптимизации маршрутной сети и обновления транспортных технологий;
- повышение инвестиционной привлекательности межрегиональных пассажирских перевозок и финансовой устойчивости предприятий видов транспорта;
- расширение ассортимента предлагаемых пассажиру сервисных услуг по всему маршруту следования;
- обеспечение «бесшовности» мультимодальных перевозок.

#### **1.4 Логистическая транспортная система пассажирских перевозок в социально-экономическом развитии региона**

Развитие пассажирской логистической транспортной инфраструктуры южного региона имеет стратегическое значение для страны в целом. Любые перемены, происходящие в указанном регионе России, так или иначе, связаны со всеми сторонами ее социально-экономической и общественно-политической жизни [168]. Транспортная отрасль оказывает непосредственное влияние на развитие курортных зон южного региона. Опережающее транспортное развитие является средством обеспечения мобильности населения. Мобильность населения тесным образом связана со всеми происходящими в обществе процессами: политическими, экономическими, социальными, демографическими, культурными [99, 168]. Активизация транспортной

подвижности способствует всестороннему и углубленному развитию рыночных отношений, а уровень этой подвижности является чувствительным индикатором развития социума и сбалансированности указанных отношений. Поэтому, одной из основных задач, поставленных в принятой 20 декабря 2017 г. (с изменениями от 24 декабря 2021 г.) государственной программе Российской Федерации «Развитие транспортной системы» [25], является создание условий, способствующих увеличению транспортной подвижности населения. Для достижения этого необходимо направить усилия на развитие современной эффективной транспортной инфраструктуры, повышение доступности услуг транспортного комплекса для населения, повышение конкурентоспособности логистической транспортной системы Российской Федерации и реализацию транзитного потенциала страны, повышение комплексной безопасности и устойчивости транспортной системы [168].

В связи с этим, для определения перспектив развития логистической транспортной системы Южного региона необходимо решение двух основных задач. Во-первых, осуществление прогноза изменения параметров логистической транспортной системы (изменение мобильности населения, степень использования различных видов транспорта, распределение пассажиропотоков по направлениям) под воздействием внешних факторов. Второй задачей, тесным образом связанной с первой, является определение вариантов дальнейшего развития инфраструктуры транспортной системы региона.

В целях повышения эффективности функционирования пассажирского железнодорожного транспорта актуальной задачей становится прогнозирование пассажиропотоков на краткосрочную, среднесрочную или долгосрочную перспективу [38, 45, 57, 99, 104, 136, 158]. Параметры логистической транспортной системы базируются на прогнозе пассажиропотоков, основой которого являются регрессионные модели, описывающие статистически значимые взаимосвязи между прогнозируемыми показателями и влияющими факторами [38, 104, 156, 178]. Все факторы, оказывающие влияние на объемы пассажирских перевозок, можно разделить на внешние и внутренние. В каче-

стве внутренних факторов выступают уровни тарифов в различных типах вагонов, наличие резервов пропускной способности участков железных дорог, обеспечивающих повышение скорости движения пассажирских поездов, а также сезонная неравномерность перевозок пассажиров [102].

Среди внешних факторов основное место занимают конкурентные виды транспорта. Наличие в определенном сегменте рынка альтернативных видов пассажирских перевозок приводит к перераспределению пассажиров с одного вида транспорта на другой [63]. В качестве внешних факторов также выступают показатели, характеризующие уровень экономического развития страны, численность населения и объем туристического потока.

В качестве примера, рассмотрим влияние различных внешних факторов на пассажиропоток железнодорожного транспорта на общероссийском и региональном (для Южного федерального округа) уровне.

В качестве базы для выявления степени взаимосвязи между показателями работы пассажирского комплекса предлагается использовать метод корреляционно-регрессионного анализа. Данный метод дает возможность выявить показатели, оказывающие наибольшее влияние на пассажиропоток, и, на основании этого, разработать мероприятия по привлечению пассажиров на железнодорожный транспорт и увеличению мобильности населения [63]. Наличие информации о прогнозных значениях пассажиропотоков дает возможность повышения эффективности функционирования логистических транспортных систем, в том числе: оптимизации скорости движения пассажирских поездов, величины вагонного парка, количества персонала, обслуживающего пассажирские перевозки и, тем самым, способствует сокращению транспортных расходов.

Суть корреляционной связи заключается в том, что разным значениям переменной  $x$  соответствуют различные средние значения переменной  $y$ . С изменением значения одной переменной закономерным образом изменяется среднее значение другой переменной [38, 45, 193].

Коэффициент парной корреляции  $r_{xy}$  вычисляется по формулам 1.1-1.4.

Выборочные средние:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (1.1)$$

Выборочные дисперсии:

$$s_x^2 = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - \bar{x}^2, \quad s_y^2 = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) - \bar{y}^2, \quad (1.2)$$

$$s_{xy} = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i \right) - \bar{x}\bar{y}, \quad (1.3)$$

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}. \quad (1.4)$$

где  $x_i, y_i$  – анализируемые случайные величины, между которыми устанавливаются корреляционные связи;

$n$  – число испытаний.

Чем ближе значение  $r_{xy}$  к 1, тем сильнее связь между  $x_i$  и  $y_i$ .

В качестве исходного множества для анализа взаимосвязи между прогнозируемым показателем (количеством перевезенных пассажиров железнодорожным транспортом) и влияющими факторами, рассмотрим показатели, характеризующие региональные социально-экономическое развитие РФ и ЮФО [49].

Первоначально найдем и проанализируем уравнения линейной регрессии  $\hat{y} = b_1 x + b_0$  для данных, приведенных в таблице 1.4.

В таблице 1.4 приведены результаты расчета коэффициентов линейной корреляции. Проверку значимости модели регрессии проведем с использованием F-критерия Фишера:

- фактический  $F_{fakt} = \frac{r_{xy}^2}{1-r_{xy}^2} (n - 2)$ ;

- табличный  $F_{tabl}$ , определяемый по таблицам распределения Фишера [193].

Если  $F_{fakt} > F_{tabl}$ , то найденная оценка уравнения регрессии статистически надежна.

### Результаты расчета коэффициентов линейной корреляции

Зависимая величина	Независимая величина	Величина коэффициента корреляции $r_{xy}$		F-критерии Фишера		Средняя ошибка аппроксимации, $\bar{A}$ %	
		РФ	ЮФО	РФ	ЮФО	РФ	ЮФО
Количество перевезенных пассажиров железнодорожным транспортом	Количество перевезенных пассажиров авиационным транспортом, млн. чел.	0,955	0,113	$F_{fakt} = 52,3$ $F_{tabl} = 6,61$ $F_{fakt} > F_{tabl}$	$F_{fakt} = 0,07$ $F_{tabl} = 6,61$ $F_{fakt} < F_{tabl}$		
	Среднедушевые денежные доходы населения, руб.	-0,09	-0,264	$F_{fakt} = 0,04$ $F_{tabl} = 6,61$ $F_{fakt} < F_{tabl}$	$F_{fakt} = 0,38$ $F_{tabl} = 6,61$ $F_{fakt} < F_{tabl}$	7,8	9,3
	Число собственных автомобилей на 1000 чел., ед.	-0,06	-0,531	$F_{fakt} = 0,02$ $F_{tabl} = 6,61$ $F_{fakt} < F_{tabl}$	$F_{fakt} = 1,96$ $F_{tabl} = 6,61$ $F_{fakt} < F_{tabl}$	7,7	7,4
	Численность населения, млн. чел.	0,526	-0,221	$F_{fakt} = 1,9$ $F_{tabl} = 6,61$ $F_{fakt} > F_{tabl}$	$F_{fakt} = 3,1$ $F_{tabl} = 6,61$ $F_{fakt} < F_{tabl}$	6,7	8,2
	Туристический поток, млн. чел.	0,918	0,311	$F_{fakt} = 26,3$ $F_{tabl} = 6,61$ $F_{fakt} > F_{tabl}$	$F_{fakt} = 2,8$ $F_{tabl} = 6,61$ $F_{fakt} < F_{tabl}$	3,27	9,01

Относительное отклонение расчетных значений от фактических определяется при помощи расчета средней ошибки аппроксимации:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| 100\%$$

Значение средней ошибки аппроксимации не должно превышать 10–12 %.



Исходя из таблицы, можно сделать вывод о значительных расхождениях во влиянии одних и тех же показателей на общероссийском и региональном уровне. Так, на общероссийском уровне, наблюдается наиболее тесное влияние на пассажиропоток железнодорожного транспорта таких показателей, как пассажиропоток авиационного транспорта и объем туристического потока. На региональном уровне сложнее выявить наиболее важные параметры. Однако наиболее тесная взаимосвязь отмечена между сокращением пассажиропотока железнодорожного транспорта и ростом числа личных автомобилей. На рост же объемов железнодорожных пассажирских перевозок влияет в большей степени туристический поток в регион.

Железнодорожный транспорт играет ведущую роль в обеспечении межрегиональных и внутриобластных связей и создании условий комплексного развития системы пассажирских перевозок в южном регионе. Одним из наиболее перспективных направлений повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта является развитие высокоскоростного движения, позволяющего усилить мотивационные и экономические факторы, влияющие на выбор пассажирами железнодорожного транспорта из множества видов транспорта в логистической транспортной пассажирских перевозок [22].

На рисунке 1.24 рассмотрены диаграммы рассеяния и графики уравнений регрессии для рассматриваемых показателей.

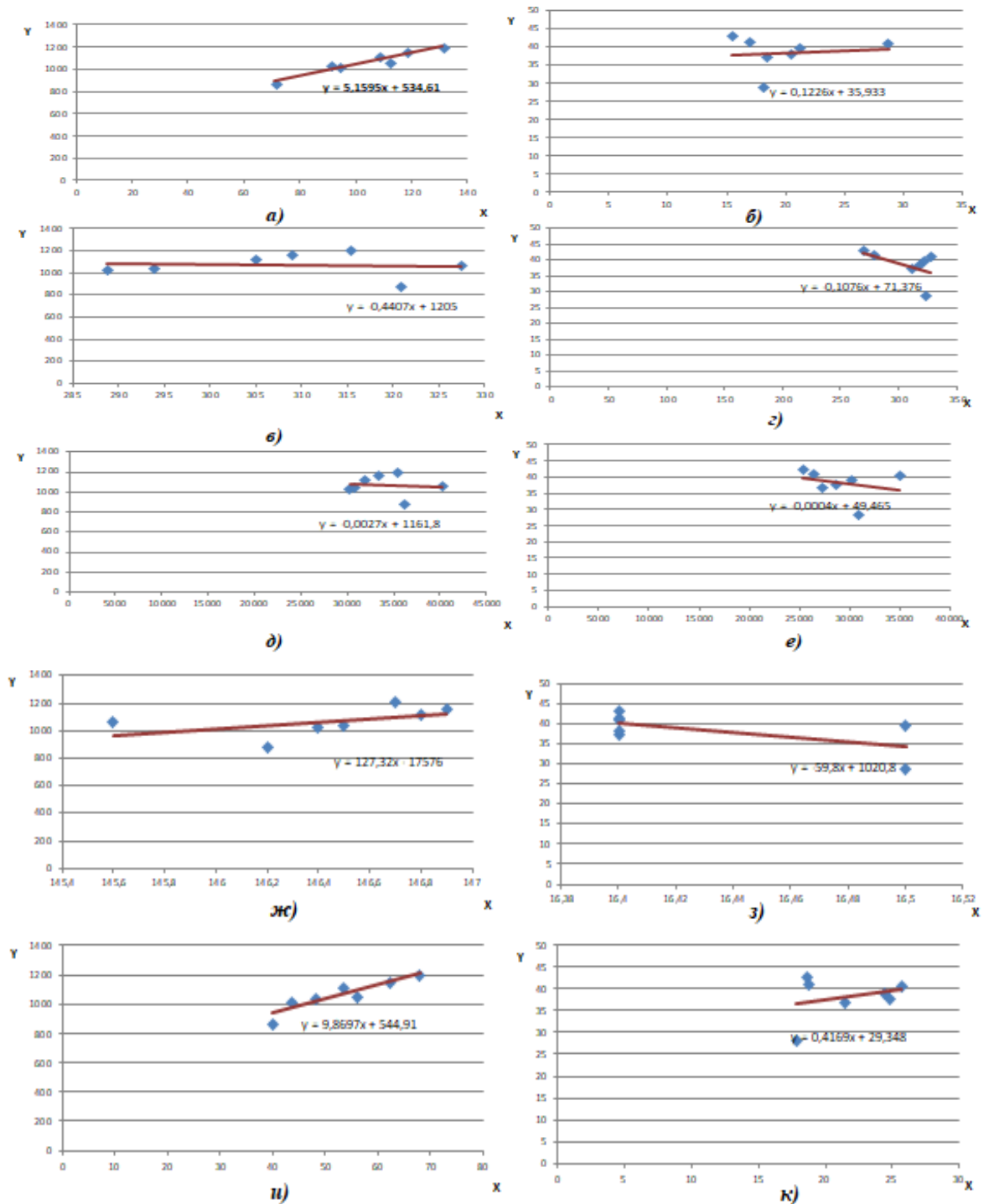


Рисунок 1.24 – Диаграммы рассеяния и графики уравнений регрессии: а) для фактора «количество перевезенных пассажиров авиационным транспортом» для РФ; б) для фактора «количество перевезенных пассажиров авиационным транспортом» для ЮФО; в) для фактора «число собственных автомобилей на 1000 чел.» для РФ; з) для фактора «число собственных автомобилей на 1000 чел.» ЮФО; д) для фактора «среднедушевые денежные доходы населения» для РФ; е) для фактора «среднедушевые денежные доходы населения» для ЮФО; ж) для фактора «численность населения» для РФ; з) для фактора «численность населения» для ЮФО; и) для фактора «туристический поток» для РФ; к) для фактора «туристический поток» для ЮФО.

## 1.5 Выводы по главе

Проведен анализ современного состояния региональной логистической транспортной системы пассажирских перевозок (на примере Южного региона). Обозначены основные проблемы развития логистической транспортной системы в целом и отдельных её элементов, т.е. видов транспорта. Выявлено, что в условиях конкуренции между различными видами транспорта не учитываются в полной мере потребности пассажиров в доступных и качественных транспортных услугах.

Выполнен анализ трендов повышения эффективности планирования и организации логистических цепей пассажиропотоков на основе анализа отечественного и зарубежного опыта. Произведена оценка конкурентоспособности предприятий видов транспорта в формировании мультимодальной логистической системы для обеспечения мобильности населения.

Предложен механизм повышения мобильности населения на основе развития инфраструктуры пассажирского комплекса с учетом региональных аспектов. Разработан алгоритм выбора и оценки влияния параметров логистической транспортной системы на социально-экономические объемные и качественные показатели.

Актуальность исследования определяется необходимостью органичного встраивания транспортной системы Крыма в транспортную систему Юга России для обеспечения устойчивого социально-экономического развития её южных регионов. Анализ показателей функционирования транспортного комплекса Юга России последнего десятилетия, доказывают исчерпание пропускных способностей основных железнодорожных направлений, повышение интенсивности движения на автомагистралях. Для обеспечения стратегических задач страны по безбарьерному транспортному обеспечению регионов, конкурентоспособности отечественной экономики за счет качественного транспортно-логистического обслуживания экономики и населения регионов необходимо усиление инфраструктуры железнодорожного и других

видов транспорта, разработка комплексного технологического процесса регионов Юга России по организации пропуска пассажиро- и грузопотоков.

В связи с вышеизложенным, возникает необходимость развитие мультимодальной логистической транспортной системы пассажирских перевозок региона за счет высокоскоростного движения, развития хабовой модели, оптимизации структуры пассажирского подвижного состава, формирования комплексной системы оценки пассажирского транспортного обслуживания в рыночных условиях. Структура диссертационного исследования представлена на рисунке 1.25.

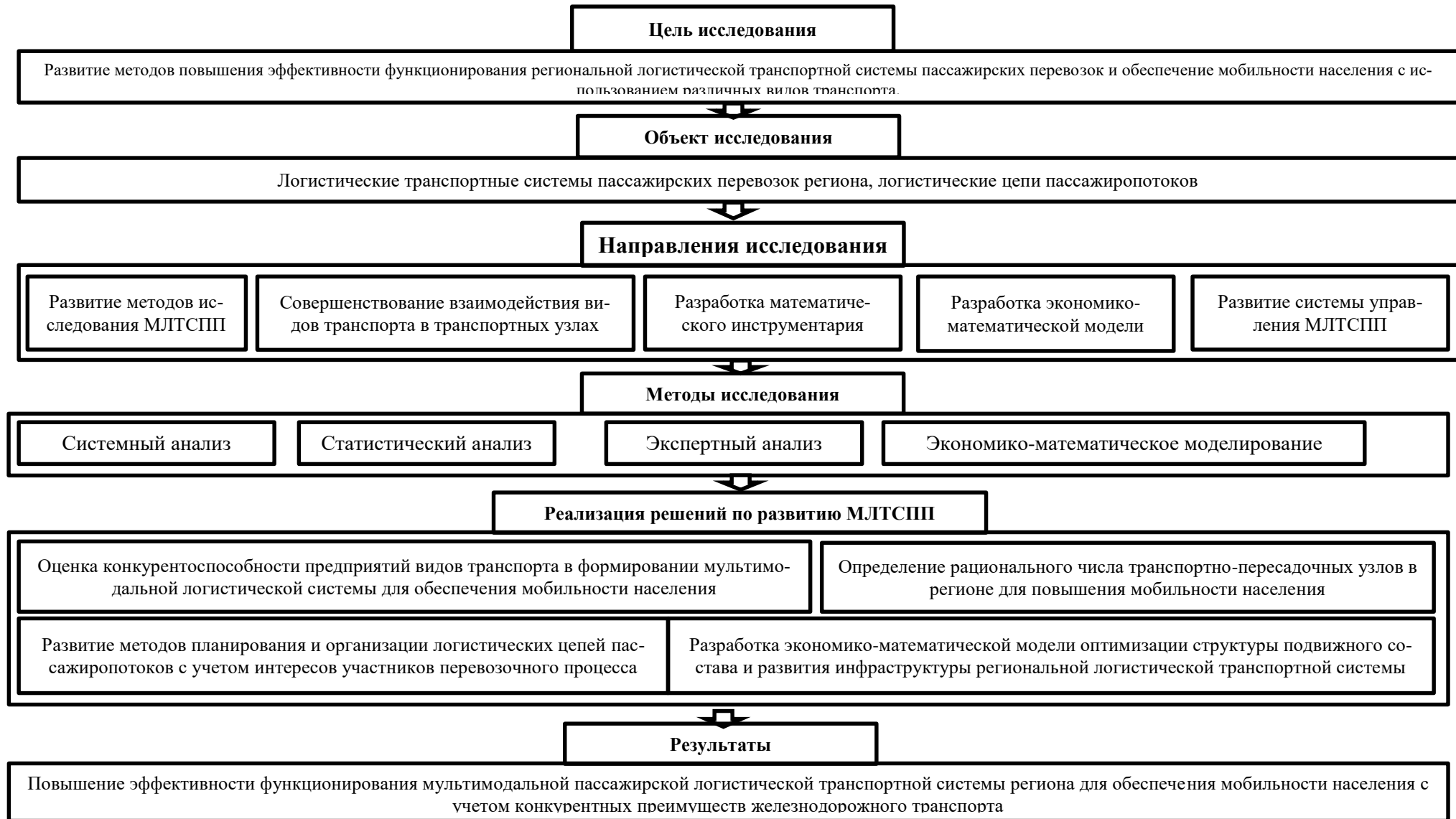


Рисунок 1.25 – Структура диссертационного исследования

## **2 МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ И ПОВЫШЕНИЯ МОБИЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ**

### **2.1 Алгоритм выбора варианта развития инфраструктуры логистической транспортной системы для повышения мобильности населения в регионе**

В ряде проводившихся в последнее время исследований [12, 28, 40, 48, 170] обращалось внимание на то, что Южный регион России по целому ряду причин является востребованным и весьма емким полигоном для реализации инновационных транспортных проектов, которые имеют стратегическое значение для всей страны в целом. Социально-экономическое и общественно-политическое развитие региона напрямую связано с развитием транспортной системы.

Для эффективного функционирования МЛТСПП основное внимание должно быть сосредоточено на определении перспективных направлений, а также этапов развития (рисунок 2.1), позволяющих реализовать новый уровень качества транспортного обслуживания населения при обеспечении результативного взаимодействия всех видов транспорта [42].

На первом этапе постановки задачи развития МЛТСПП в диссертационном исследовании рассмотрены варианты дальнейшего развития транспортной системы южного региона (рисунок 2.2).

Первым вариантом развития, который реализуется в настоящее время, является традиционный. Развитие транспортной системы направлено в основном на модернизацию имеющейся пассажирской инфраструктуры [40].

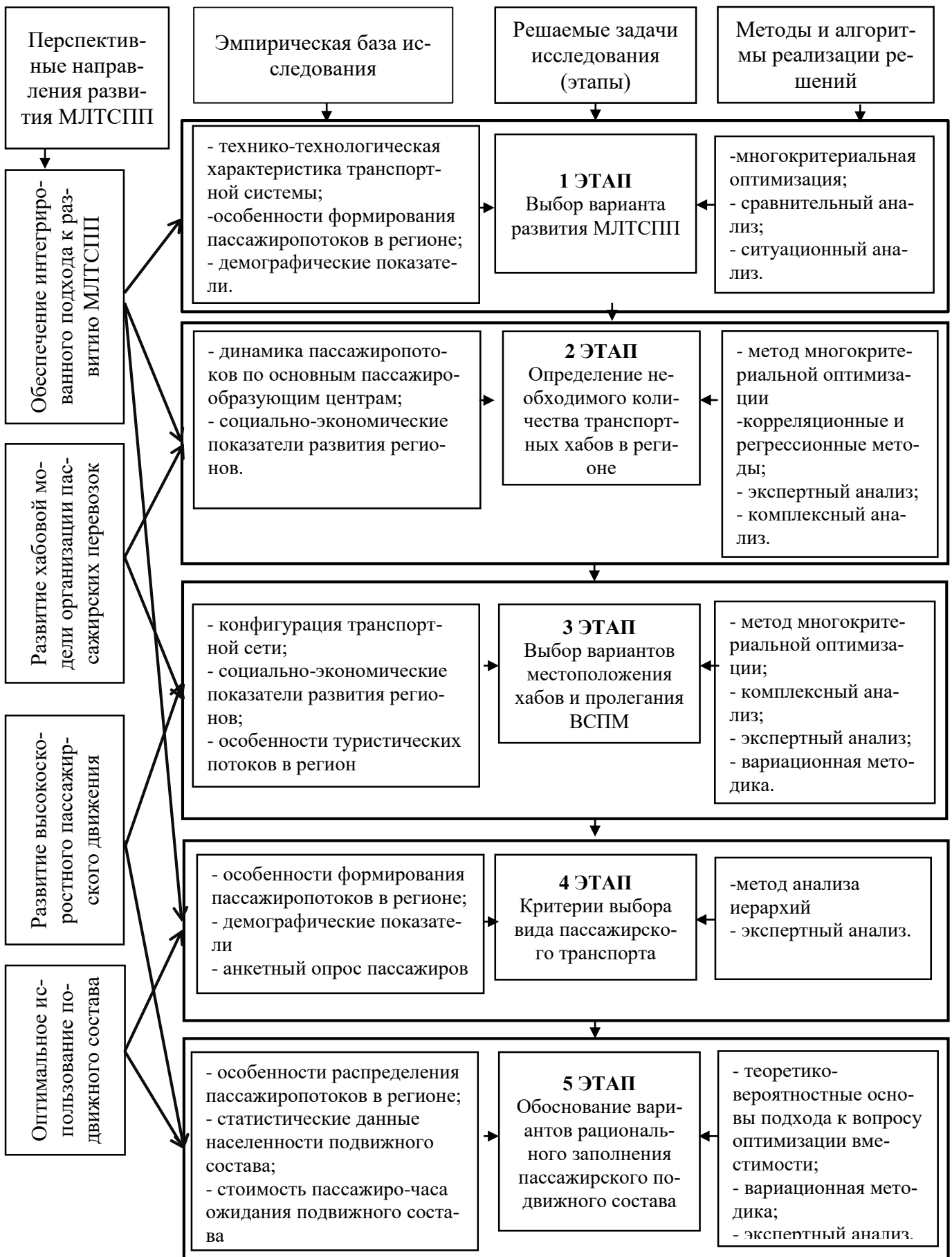


Рисунок 2.1 – Постановка задачи развития МЛТСПП

Рассмотренные мероприятия позволят улучшить транспортное обслуживание населения, будут способствовать сокращению степени загрузки автодорог. Однако продолжится рост конкуренции в антагонистической форме между различными видами транспорта, что негативно скажется на возможности предоставления комплексных мультимодальных услуг пассажирам и повышения мобильности населения [40].


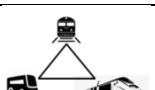
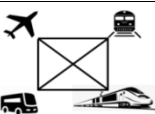

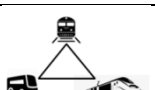
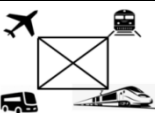

При этом данный вариант предусматривает обособленное развитие различных видов транспорта, что приведет к еще большему обострению конкуренции между ними [42]. При этом необходимо отметить, что работа отдельного вида транспорта часто направлена только на борьбу с конкурентами, результатом является неудовлетворенность потребителей качеством транспортного обслуживания [42, 61].

Предложенная хабовая модель организации пассажирских перевозок предполагает создание транспортно-пересадочных узлов (таблица 2.1), обеспечивающих комфорт и быстроту пересадки в рамках мультимодальных транспортных систем, с помощью увязки работы авиа и автотранспорта при их взаимодействии с высокоскоростным железнодорожным транспортом [40]. Соединяющая Адлер с Севастополем высокоскоростная пассажирская магистраль (ВСПМ) свяжет в единое целое два важнейших курортно-оздоровительных, рекреационных и туристических региона России [40, 168].

В настоящее время требуется коренным образом изменить идеологию системы организации пассажирских перевозок: перейти от принципов конкуренции между видами транспорта к их кооперации [95]. Предлагаемый инновационный вариант развития позволит сформировать транспортную и логистическую инфраструктуру, отвечающую современным потребностям пассажиров и, соответственно, повысить мобильность населения в регионе [40].



## Характеристики хабов ВСПМ [2]

Наименование хаба	Взаимодействующие виды транспорта	Численность населения, тыс. чел.	Туристический поток в 2020 г., тыс. чел.	Время в пути между хабами по автомагистрали	Планируемое время в пути между хабами по ВСПМ
Геленджик		76,8	2500	→ 0,7 ч	→ 0,25 ч
Новороссийск		273,3	598,4		
Анапа		75,9	2500	→ 1,1 ч	→ 0,25 ч
Керчь		151,1	50	→ 2,7 ч	→ 0,33 ч
Феодосия		67,9	145	→ 1,3 ч	→ 0,42 ч
Симферополь		341,5	558	→ 1,6 ч	→ 0,42 ч
Севастополь		443,2	567,7	→ 1,5ч	→ 0,25 ч

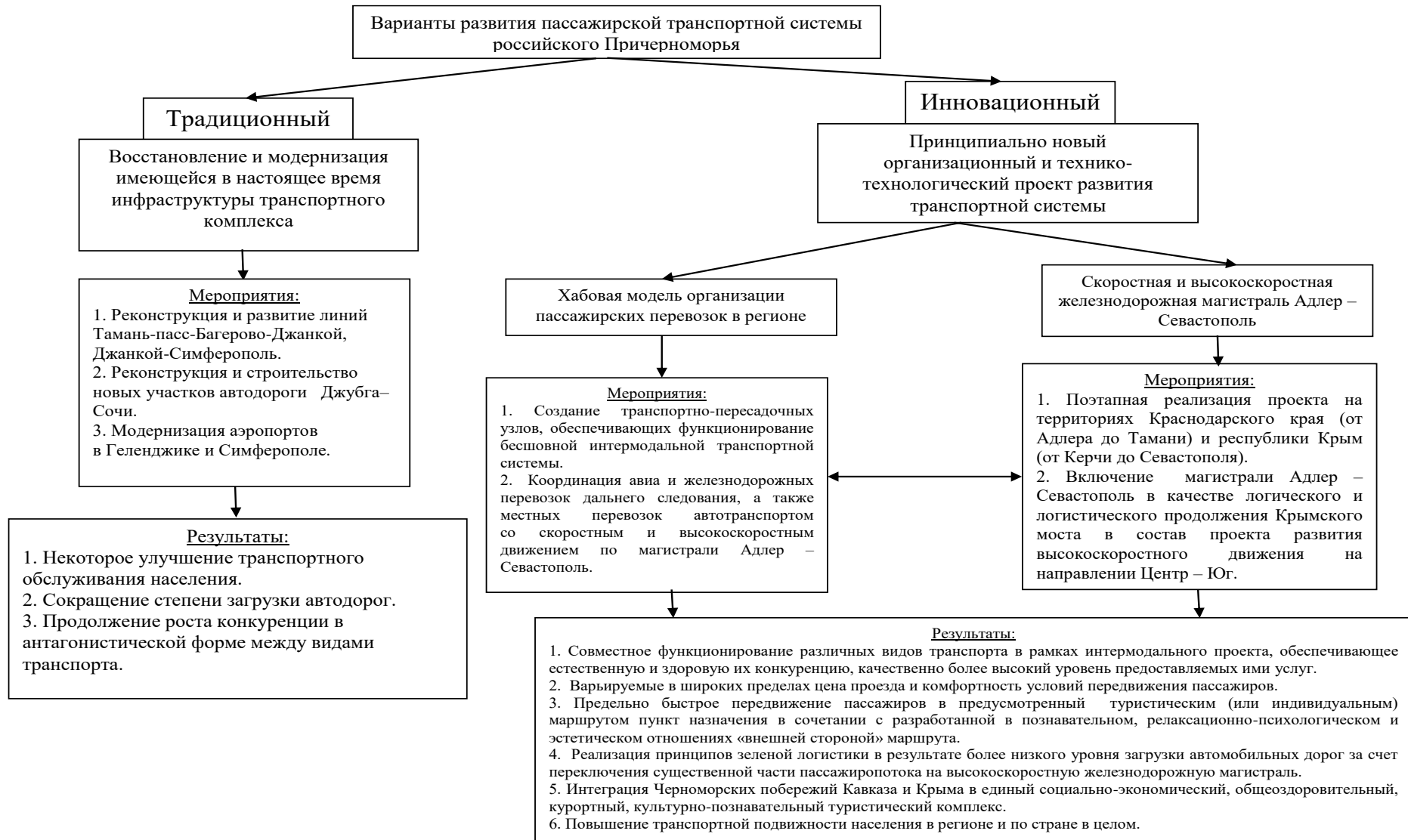


Рисунок 2.2 – Варианты развития пассажирской транспортной системы Южного региона [40, 168]

## **2.2 Методы формирования транспортно-пересадочных узлов в мультимодальной логистической транспортной системе пассажирских перевозок**

На втором этапе реализации мероприятий перспективного развития МЛТСПП, позволяющем обеспечить ее интегрированное развитие, а также способствующем развитию хабовой модели организации пассажирских перевозок, в диссертационном исследовании анализируются факторы, влияющие на необходимое количество транспортных хабов. Одним из направлений совершенствования транспортного обслуживания населения является создание крупных транспортно-пересадочных узлов (хабов) на базе железнодорожных вокзалов, в том числе, с участием высокоскоростного железнодорожного транспорта [41, 47, 54]. Приоритет в этом случае следует отдавать общественному транспорту [31]. При этом важным условием становится моделирование пассажиропотоков в транспортно-пересадочном узле, учитывающее логические зависимости в организации их перемещения в целом и вместе с тем отдельных людей и групп [33].

Многообразие факторов, влияющих на технологию организации мультимодальных перевозок и их изменение позволяет применять многокритериальный подход к исследованию необходимого количества транспортно-пересадочных узлов при помощи методов математической статистики [168, 116]. Одним из основных методов является корреляционно-регрессионный метод анализа с целью установления зависимости между двумя или более наблюдаемыми величинами [38, 68, 116, 156]. Корреляционно-регрессионный анализ показателей пассажирского комплекса позволяет выявить доминантное множество показателей, на основе которого можно оценить и прогнозировать тенденции изменения направлений функционирования МЛТСПП.

Задача получения зависимости при влиянии определенных факторов  $x_i$  на выходной фактор  $y$  сводится к нахождению коэффициентов регрессионного уравнения вида [38, 156]:

$$y = a_0 \cdot x_0 + a_1 \cdot x_1 + \dots a_n \cdot x_n$$

где  $x_0, x_1, \dots x_n$  – переменные факторы,

$a_0, a_1, \dots a_n$  – коэффициенты при переменных факторах, то есть полученные коэффициенты для решения данного уравнения.

Для получения аналитической зависимости применяется наиболее распространенный для решения таких задач метод наименьших квадратов, главное преимущество которого – это простота проведения расчетов, и наличие хорошо разработанного математического и программного обеспечения.

После получения регрессионной зависимости возникает вопрос о качестве полученной модели. Мерой степени соответствия аппроксимирующей регрессионной зависимости значениям  $y$  является коэффициент множественной корреляции  $R^2$ . Он изменяется в пределах от 0 до 1. Чем больше значение коэффициента, тем качество модели выше; но при этом при выборе структуры уравнения регрессии и набора количества входных факторов появляется две противоположные тенденции [38]:

- с одной стороны, включение в модель большего числа факторов точнее отображает реальную картину;
- с другой стороны, повышается вероятность нарушения условий применяемого метода (некоррелируемость факторов).

Следовательно, необходимо определить лучший набор входящих в уравнение регрессии факторов. Для этого существует скорректированный коэффициент множественной корреляции  $R^2_m$ .

Кроме того, существует еще один критерий качества – статистика  $J_m$ . Чем меньше величина показателя статистика, тем качество модели выше [38].

Следующим шагом является составление таблицы исходных данных (таблица 2.2), которые будут использоваться в процессе моделирования ре-

грессионного уравнения программными средствами. Она составляется на основании характера взаимосвязей выходного фактора-функции  $y$  с установленными входными факторами-аргументами  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Предлагаемый подход обеспечивает получение адекватной и практически применимой математической модели, формируемой на реальных данных, для использования в существующих эксплуатационных условиях работы пассажирского комплекса [38]. При этом следует отметить, что для факторов, которые изменяются по годам ( $Ч_n, T_n, B_n, C_d$ ) значения в работе взяты за период с 2010 по 2019 гг. Зона влияния  $Z_v$  определена исходя из расстояния между предполагаемыми транспортными хабами.

Таблица 2.2

Динамика изменения социально-экономических показателей, влияющих на необходимое количество транспортных хабов в регионе [38]

Наименование фактора	Год									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Численность постоянно проживающего населения в Краснодарском крае, $Ч_n$ , тыс. чел	5226	5229	5284	5330	5404	5453	5513	5570	5603	5648
Туристический поток в регион, $T_n$ , тыс. чел.	10600	11000	11800	11900	14700	14900	15800	16300	17000	17300
Валовой внутренний продукт, $B_n$ , млрд. руб.	46308	60114	68103	72085	79030	83087	85616	91843	104629	110046
Среднедушевые денежные доходы населения, $C_d$ , руб./мес.	18958	20780	23221	25684	27412	30254	30865	31897	33178	35247

Предложенная авторская методика предполагает использование разработанного программного комплекса «MODEL 3» кафедры «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО РГУПС [156], который предназначен для расчета необходимых параметров математической модели исследуемого процесса с наиболее подходящим с точки зрения исследователя результатом [38].

Программное обеспечение «MODEL» позволяет обработать массив данных, содержащий количество переменных факторов до 10, количество опытов – неограниченное. Все данные представляются в виде, удобном для решения стандартным программным обеспечением. Кроме того, программное обеспечение позволяет хранить информацию, выводить ее на экран и на внешнее устройство печати. Данная программа дает возможность произвести расчет критериев качества полученного регрессионного уравнения  $R_2$ ,  $R_{m2}$ ,  $J_m$  с помощью решения системы уравнений методом Гаусса. При этом появляется возможность проанализировать полученные решения на каждом этапе и наметить следующий шаг решения [38].

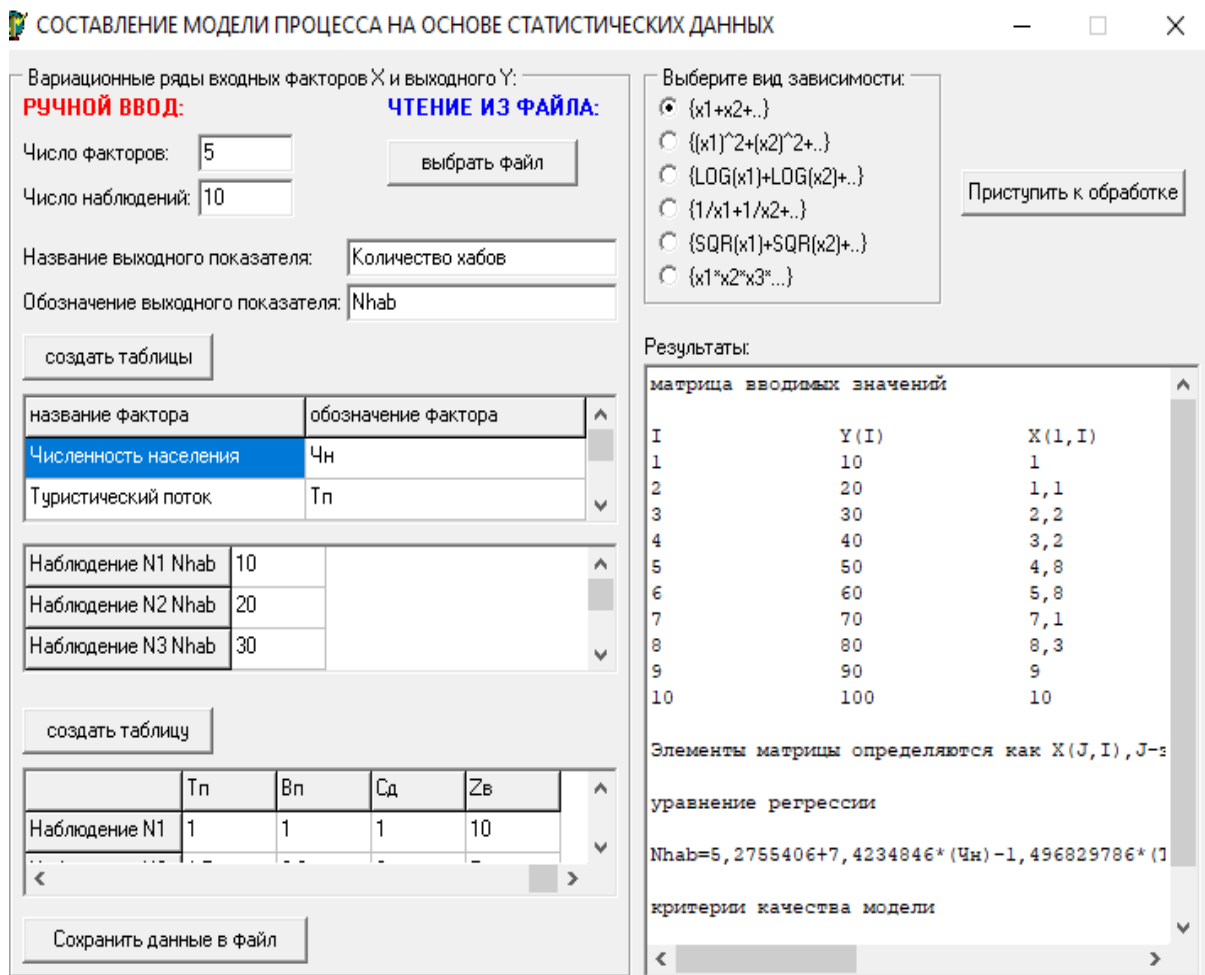


Рисунок 2.3 – Интерфейс программы MODEL

Таким образом, получаем статистические модели, которые представлены в шести видах:

- базовый, линейный полином:  $y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$  ;
- полином квадратной степени:  $y = a_0 + a_1x_1^2 + a_2x_2^2 + \dots + a_nx_n^2$ ;
- логарифмический полином:  $y = a_0 + a_1 \log x_1 + a_2 \log x_2 + \dots + a_n \log x_n$ ;
- полином обратной зависимости:  $y = a_0 + a_1 \frac{1}{x_1} + a_2 \frac{1}{x_2} + \dots + a_n \frac{1}{x_n}$ ;
- полином корня квадратного:  $y = a_0 + a_1\sqrt{x_1} + a_2\sqrt{x_2} + \dots + a_n\sqrt{x_n}$ ;
- полином с последовательным произведением факторов:  
 $y = a_0 + a_1x_1x_2 \dots x_n$ .

Выбор оптимальной модели осуществляется на основании нескольких критериев [38]:

- критерий 1 – соответствие характера влияния.
- критерий 2 – соответствие степени влияния.
- критерий 3 – наилучшие показатели критерия качества модели.
- критерий 4 – простота вычисления.

Отличительной особенностью разработанной автором математической модели является возможность оценки влияния отдельных факторов на количество хабов и, соответственно, выполнить прогноз развития МЛТСПП на перспективу [38, 49].

Предложенная методика реализации хабовой модели организации пассажирских перевозок и развитие высокоскоростного пассажирского движения подразумевает реализацию третьего этапа развития МЛТСПП, а именно обоснования необходимого количества и местоположения пассажирских хабов. Выполнение данных мероприятий является комплексной проблемой, требующей учета большого числа факторов (рисунок 2.4) [40]. Главным принципом многокритериальной оптимизации является экспертный анализ и оценка региона с точки зрения транспортной, социально-экономической, геоморфологической, общеоздоровительной, туристической и коммерческой составляющих. Приведем развернутое изложение указанных критериев [40].

Всесторонняя транспортная востребованность региона является принципиально важным критерием при выборе маршрута пролегания магистрали и местоположения хабов. Кроме того, транспортная составляющая проекта включает в себя анализ [40]:

- соответствия схеме федерального территориального планирования развития транспорта;
- объема имеющегося в настоящее время внешнего пассажиропотока, поддерживаемого различными видами транспорта;
- объема регионального пассажиропотока, подлежащего обеспечению рассматриваемым проектом;
- учета технико-технологических возможностей проекта, в частности, пропускной способности Керченского мостового перехода;
- учета интересов всех кооперированных в проекте видов транспорта.

Важным аспектом реализации инновационного подхода к развитию транспортной инфраструктуры является рассмотрение вопросов, связанных с социально-экономическими сторонами проекта, в частности [40]:

- общая социально-экономическая целесообразность проекта;
- всестороннее развитие местной инфраструктуры, связанной с торговлей, сферой обслуживания, туризмом, гостиничным бизнесом и т.д.;
- возможность применения цифровых технологий, обеспечивающих качественное функционирование интермодального проекта;
- полное соблюдение всех принципов зеленой логистики.

Геоморфологическая оценка проекта предполагает проведение инженерной оценки рельефа местности при проектировании высокоскоростной магистрали, влияние климата, способы береговой защиты.

Полноценное использование общеоздоровительного, санаторно-курортного, туристического, спортивного и культурно-познавательного потенциалов региона даст новый импульс для развития всех форм туризма в рассматриваемом регионе: культурного, историко-познавательного, духовного, медицинского, спортивного, гастрономического и винного [40, 168].



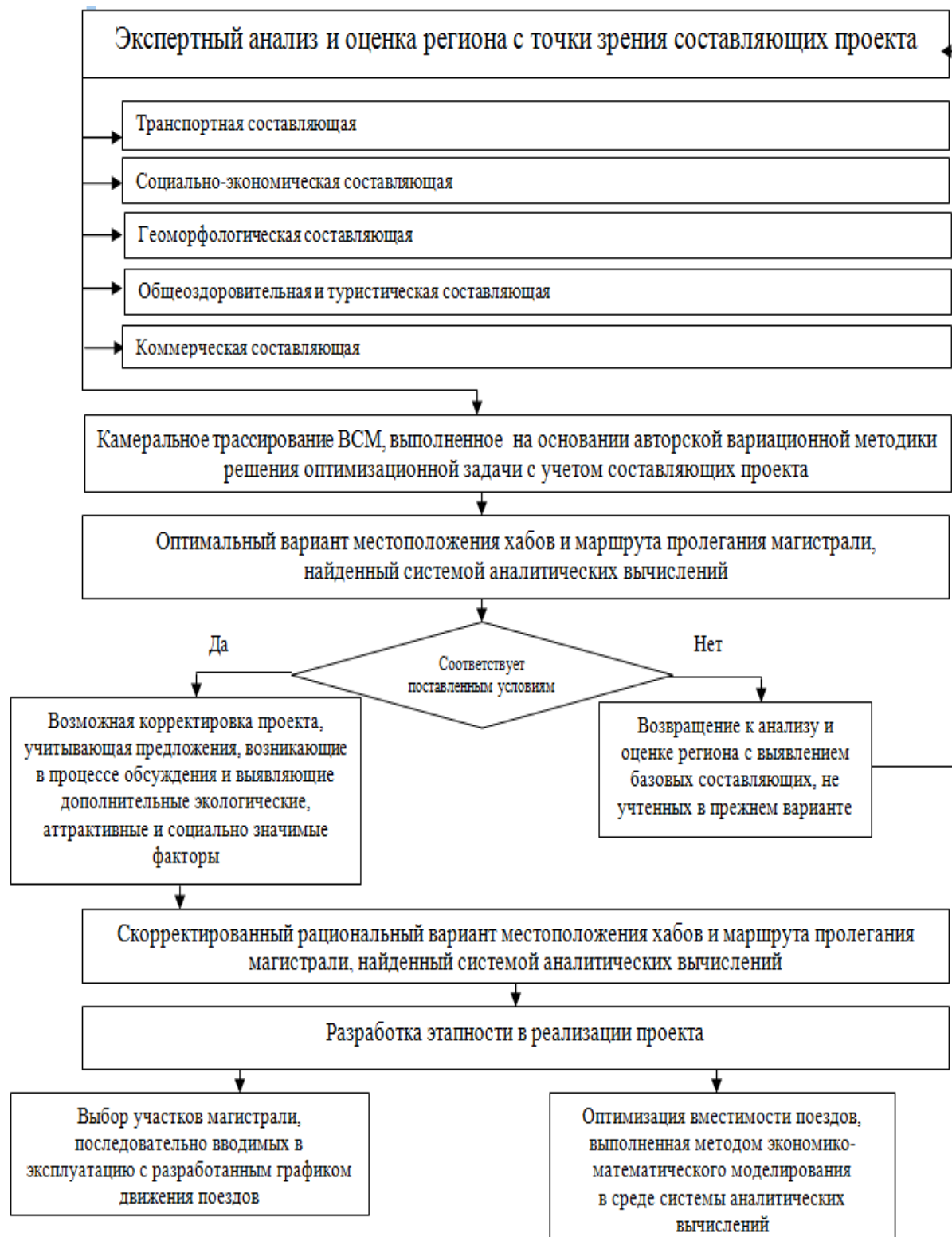


Рисунок 2.4 – Алгоритм выбора варианта пролегания высокоскоростной магистрали и местоположения хабов

В этой связи следует отметить немаловажное значение устойчивости железнодорожного транспорта к климатическим изменениям, что будет спо-

способствовать развитию круглогодично функционирующего курортно-оздоровительного и туристического комплекса [40].

Коммерческая оценка проекта необходима, в первую очередь, для определения возможностей привлечения прямо и косвенно заинтересованных частных инвесторов [40].

Одним из проектов, который позволит в достаточно полной мере повысить эффективность функционирования МЛТСПП, может стать российская трансчерноморская высокоскоростная пассажирская магистраль (ВСПМ) Адлер-Севастополь [168].

Наличие «сквозной» железнодорожной магистрали инновационного типа станет основой для интеграции Черноморских побережий Кавказа и Крыма в единый экономический, социальный, историко-культурный, туристический и оздоровительный комплекс. Скоординированный на базе магистрали мультимодальный проект с промежуточными хабами, расположенными в районе Геленджика, Новороссийска, Анапы, Тамани, Керчи, Феодосии, Симферополя и Севастополя, поднимет на новый качественный уровень привлекательность указанного региона для российских и иностранных инвесторов [168].

Как уже сказано, первоочередным предназначением магистрали как логистического проекта является соединение «сквозным» образом Черноморских побережий Кавказа и Крыма в единую интермодальную транспортную систему. Возможности реализации широкого спектра пассажирских услуг в таком значимом для России регионе создадут условия для увеличения пассажирского потока в целом по стране и транспортной мобильности населения. В этой связи следует отметить немаловажное значение устойчивости железнодорожного транспорта к климатическим изменениям, что будет способствовать развитию круглогодично функционирующего курортно-оздоровительного и туристического комплекса с учетом сезонных факторов [170].

В связи с рассматриваемым проектом нельзя обойти вниманием принципы «зелёной» логистики, соблюдение которых в настоящее время рассматривается в качестве необходимого условия реализации любых транспортных проектов. Заметим, что относящиеся, в первую очередь, к экологической чистоте проектов аспекты «зелёной» логистики обычно рассматриваются в контексте грузовых перевозок, а объектом настоящих исследований являются пассажирские перевозки [170]. Для магистрали Адлер-Севастополь соответствующие вопросы увязываются естественным и гармоничным образом. Во-первых, прямым следствием освобождения пролегающих вдоль побережья автомобильных дорог от основной части пассажиропотока явится существенное снижение уровня загрязнения курортного региона, создаваемого в настоящее время регулярно простаивающими в многокилометровых заторах рейсовыми автобусами и легковыми автомобилями [168, 170]. Далее, существенно освободившиеся автострады эффективно и без временных потерь будут использоваться для местных грузовых перевозок. В устранении временных потерь при перевозках прямо заинтересованы, например, сети продуктовых супер- и гипермаркетов. Таким образом, имеются стимулы для привлечения бизнеса к реализации проекта ВСПМ Адлер-Севастополь в качестве заинтересованного частного инвестора [170].

В рамках рассматриваемого мультимодального проекта окажется весьма востребованными морские перевозки. Они выступят в качестве эффективной составляющей, которая будет дополнять, а в ряде случаев явится альтернативой автомобильному сообщению. Последняя замечание относится, в первую очередь, к таким трудно доступным непосредственно со стороны магистрали объектам природы как скала Парус в районе села Прасковеевка или скала Киселева, расположенная на полуострове Кадош в районе города Туапсе [168, 170].

Применяющаяся на практике политика выбора инновационных проектов, сулящих скорую и непосредственную экономическую выгоду, оказывается подчас стратегически недальновидной и дезориентирующей в отноше-

нии перспектив дальнейшего развития. Следует обращаться к политически обоснованным, исторически адекватным, комплексным критериям отбора организационно-логистических и технико-технологических новинок [149, 168].

Необходимым условием повышения качества пересадки пассажиров в рамках ТПУ является согласование расписания различных видов транспорта по пересадочному пункту, что позволит существенно повысить эффективность деятельности перевозчиков, повысить безопасность и комфорт для пассажиров. Основными факторами эффективности использования транспортного средства являются повышение его наполняемости и увеличение времени эффективного использования (рисунок 2.5) [53, 58, 66].

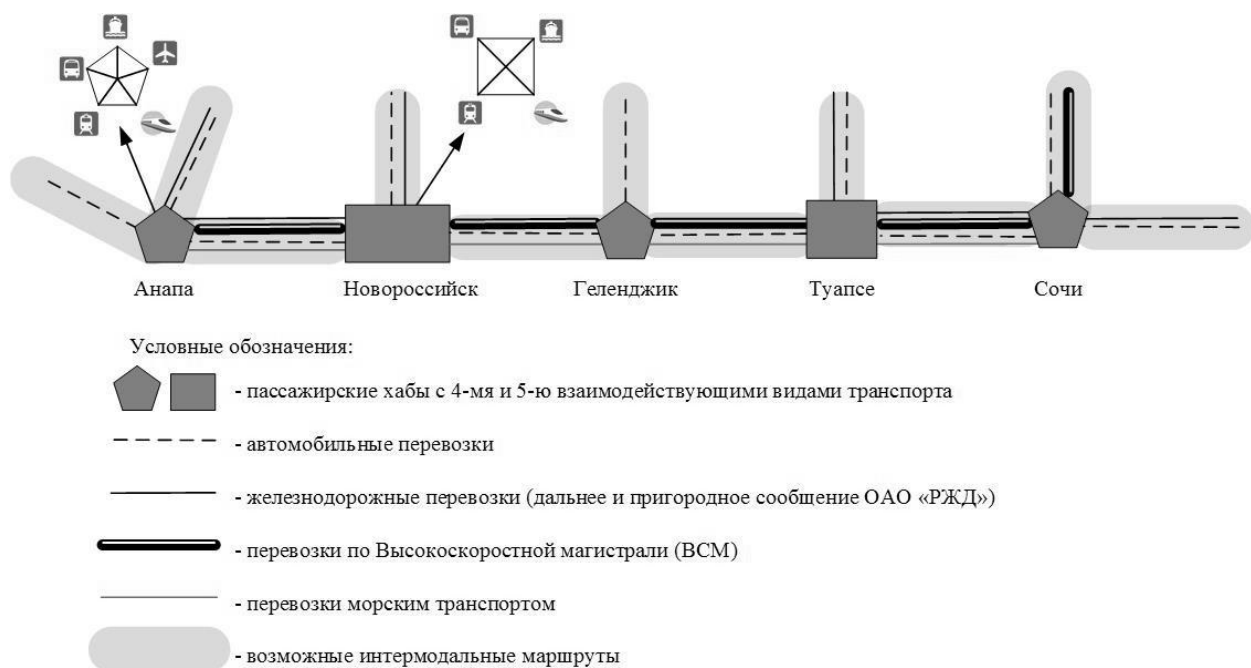


Рисунок 2.5 – Возможности реализации мультимодальных маршрутов в хабовой модели организации пассажирских перевозок

Для решения социально значимой задачи максимального использования рекреационных возможностей региона с учетом уровней материальной обеспеченности различных групп населения, а также с целью повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта следует организовать гибкий круглогодичный алгоритм функционирования всей имеющейся

транспортной инфраструктуры [168]. При этом с одной стороны, должны выдерживаться пиковые летние нагрузки, а с другой, – предусмотрены ресурсы для привлечения пассажиров в нетрадиционные для посещения морского побережья позднесенний, зимний и ранневесенний периоды. Например, для пассажиров во «вне пиковый» период могут быть применены приоритетные и даже льготные возможности пользования ВСПМ Адлер-Севастополь [168].

Само по себе позиционирование магистрали как высокоскоростной по статусу внешне привлекательно для потребителей транспортных услуг. Одно из принципиальных ее отличий от существующих и достаточно протяженных заключается в том, что она предназначена только для пассажирских перевозок. Таким образом, в данном случае износ пути окажется на порядок ниже, чем при совмещенном движении, что повлечет за собой существенно меньшие затраты на его текущее содержание и ремонт [168].

При выборе положения участков маршрута между хабами магистрали должны быть учтены все стороны проекта: логистическая, топографическая, геологическая, гидрологическая, сейсмологическая, технико-технологическая, социально-экономическая, экологическая, эстетическая. Таким образом, описываемая в полном виде математическая модель является многофакторной [40, 168].

Одно из принципиальных ограничений при выборе маршрута пролегания магистрали обуславливается рельефом местности [8, 168, 175]. С точки зрения минимальности материальных затрат на изыскательские и строительные работы предпочтительными являются те маршруты, которые проходят по возможно более равнинной местности. В этой связи при изучении вариантов прокладки линии возникают вопросы, относящиеся к радиусам кривых пути, величина которых определяет допускаемые скорости движения поездов [168].

Известно, что для проектируемых ВСПМ в планах трасс используются кривые с минимальными радиусами  $R = 4000\text{--}6000$  м. После проведения соответствующих исследований для отечественных ВСПМ во ВНИИЖТ [80]

было рекомендовано  $R = 7000$  м. Например, в соответствии с СТУ [150] для магистрали «Москва – Казань – Екатеринбург» при скорости 250 км/ч непогашенное поперечное ускорение на буксе не должно превышать  $0,7 \text{ м/с}^2$ . При практикуемом максимальном возвышении наружного рельса  $h = 150$  мм и наибольшем допуске недостатка возвышения  $\Delta h = 65$  мм для выражения связи между предельной скоростью поезда  $v_{\max}$ , км/ч, и радиусом кривой  $R$  м, могут быть использованы зависимости вида [80, 168]  $v_{\max} = 4,15\sqrt{R}$  или же  $R = 0,058v_{\max}^2$ .

При этом следует, что при радиусе кривой  $R = 7000$  м допускается скорость движения поезда  $v_{\max} = 347$  км/ч [168].

Разработаем методику, использующую вариационный подход к нахождению оптимальных вариантов расположения магистрали в плане трассы с учетом имеющихся особенностей рельефа местности и ставящихся при этом транспортно-логистических и общеорганизационных ограничений. В качестве математических моделей маршрутов расположения магистрали были применены графики интерполяционных полиномов Лагранжа [8], т. е. полиномов вида [168]:

$$L_n(x) = \sum_{i=0}^n y_i \frac{(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{i-1})(x-x_{i+1})\dots(x-x_n)}{(x_i-x_0)(x_i-x_1)\dots(x_i-x_{i-1})(x_i-x_{i+1})\dots(x_i-x_n)}. \quad (2.1)$$

Выбор узлов интерполирования обуславливается специфическими особенностями рельефа обследуемой местности с целью обхода проектируемой линии горных массивов, гидрологически и сейсмически сложных областей. Если использовать терминологию вариационного исчисления, то находим решение задачи о кривой с закрепленными концами в местах расположения хабов, между которыми рассматривается участок магистрали. Конкретный вид полинома Лагранжа (2.1), полученного для данного участка магистрали, приведен на рисунке 2.6 в строке вывода программы [168].

Как пример изучим достаточно характерный с топографической точки зрения участок магистрали между хабами, расположенными в северной части Феодосии и Симферополя. Расстояние по прямой между указанными городами составляет около 100 км. После выхода магистрали из хаба, находящегося в северной окрестности Феодосии, с юга от нее останется размещенный в восточных отрогах Крымских гор город Старый Крым. Далее с севера от магистрали расположено в степном Крыму село Золотое Поле, а затем с юга – город Белогорск. В этом месте с севера от магистрали открывается протяженная панорама уникального памятника природы – Белой Скалы [168].

Выбор феодосийского хаба позволит посещать широко известные с историко-познавательной, природной, спортивной и культурной точек зрения традиционные достопримечательности восточного Крыма – Коктебель, Карадагский заповедник, монастырь Сурб-Хач, генуэзскую крепость в Судаке, пос. Новый Свет. Также активнее станет развиваться местный экологический туризм (прогулки на лошадях в окрестностях Белогорска, посещение местных сыроварен и знаменитых крымских персиковых садов в окрестностях Золотого Поля, дегустация продуктов традиционной крымской национальной кухни) [168].

Функциональность симферопольского хаба выражается его непосредственной близостью к аэропорту, имеющимся железнодорожным сообщением с известными оздоровительными курортами Евпаторией и Саки и, конечно, троллейбусным, автобусным и автомобильным сообщением с южным берегом Крыма. Все указанные выше обстоятельства создают условия для полноценного функционирования мультимодальной системы [40, 168].

В качестве целевой функции решаемой оптимизационной задачи выступает величина радиуса кривой пути, а среди ограничений имеются ввиду логистическая, топографическая, геологическая, гидрологическая, сейсмологическая, технико-технологическая, социально-экономическая, экологическая и эстетическая составляющие [168]. В Приложении 5 приведено графическое изображение маршрута пролегания магистрали с учетом топографической и

градостроительной составляющих между симферопольским и феодосийским хабами, найденное системой компьютерной математики Maxima (Free Ware) в процессе использования указанных выше интерполяционных методов при решении поставленной оптимизационной задачи [8, 168].

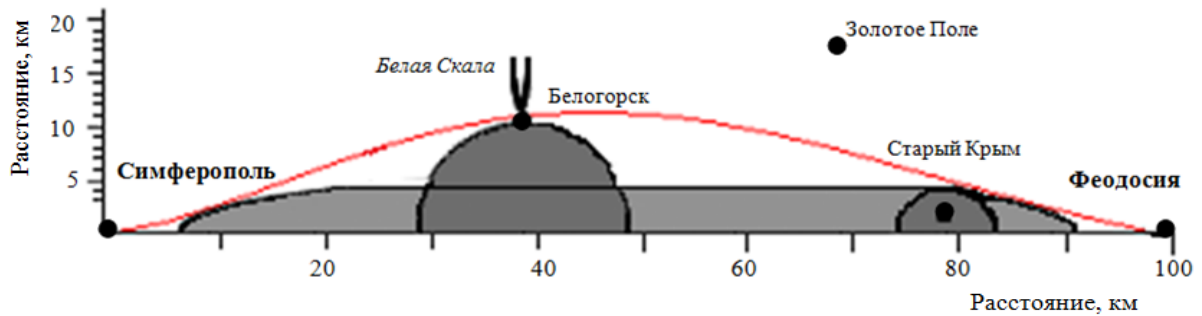


Рисунок 2.6 – Трассирование участка Феодосия – Симферополь ВСПМ Адлер-Севастополь [168]:

$$R := 51.29615052$$

$$0.2604167 \cdot 10^{-9} x^5 + 0.107812499 \cdot 10^{-5} x^4 - 0.000223020833 x^3 + \\ 0.0094187500 x^2 + 0.184166667 x,$$

$$l := 103.1199045$$

Приведем численные и аналитические результаты, содержащиеся в строке вывода программы. Для найденного системой оптимального маршрута пролегания магистрали минимальный радиус кривой на рассматриваемом участке оказался равным  $R = 51\,296$  м. (Отметим, что длина участка составила около 103 км.) Получаемая предельная скорость поезда оказывается соответственно равной  $v_{\max} = 937$  км/ч, что существенно выше указанной ранее допустимой скорости движения поезда  $v_{\max} = 347$  км/ч. Таким образом, на протяжении всего указанного участка ВСПМ Адлер-Севастополь ограничения по скорости движения поезда будут отсутствовать [168].

Благодаря своему географическому положению, особо благоприятным климатическим и другим природным условиям, и преимуществам Южный регион является одним из наиболее значимых регионов Российской Федера-



ции и функционирует, в первую очередь, как санаторно-курортный, рекреационный и туристический комплекс. Уникальный рекреационный потенциал позволяет обеспечить развитие практически всех видов индустрии курортов, туризма и отдыха – приморский, горный, горнолыжный, бальнеологический.

### **2.3 Обоснование выбора вида пассажирского транспорта в логистической транспортной системе**

Следующим этапом реализации мероприятий, позволяющим помимо оптимизации использования подвижного состава, обеспечить интегрированный подход к развитию МЛТСПП, является рассмотрение критериев выбора пассажирского транспортного средства. В диссертационном исследовании предложена методика выбора вида транспорта пассажирами в соответствии с целью поездки, при этом для каждого из видов транспорта предполагается своя рыночная ниша. Она будет отводиться таким образом, чтобы взаимоотношения между этими видами осуществлялись в форме бизнес-мутуализма – взаимовыгодного сотрудничества, при котором каждому из них предоставляются возможности проявить свои преимущества [8, 168].

Координация развития и взаимодействия различных видов транспорта в пассажирском транспортном узле направлены на улучшение использования подвижного состава, ускорение доставки пассажиров и, соответственно, более полное удовлетворение потребностей населения в перевозках [42].

В общем случае задача рационального взаимодействия между различными видами пассажирского транспорта сводится к установлению оптимальных сфер использования того или иного вида или их сочетаний. При этом одним из проблемных вопросов при организации взаимодействия транспорта является необходимость сочетания интересов пассажиров и транспортных компаний [65].

Общей задачей всех видов транспорта является наиболее полное удовлетворение потребностей населения в перевозках. Однако, действия отдель-

ных виды транспорта, как обособленных предприятий, не способствуют предоставлению на транспортном рынке высококачественной системы удовлетворения потребностей населения в перевозках «от двери до двери» [65]. Поэтому пассажиры испытывают неудобства, связанные с длительным ожиданием транспорта в пунктах пересадки, более ранним временем отправления на работу, учебу и отдых, дополнительными финансовыми затратами, психологической усталостью и т.д. [18, 41, 71, 110]. Задача повышения мобильности населения всеми видами транспорта и повышение требований потребителей к уровню обслуживания во время ожидания поездки предполагают качественно новый (клиентоориентированный) уровень организации и взаимодействия в оказании услуг в пересадочных зонах пассажирского транспорта [11, 41, 42].

Основными критериями выбора вида транспорта пассажирами при этом являются: стоимость, скорость, удобство доставки «от двери до двери», комфорт в пути следования, безопасность [42].

Общий пассажиропоток разделяется на 2 большие группы – внешний (прибывающий из других регионов) и внутренний (местное население) (рисунок 2.7) [42].

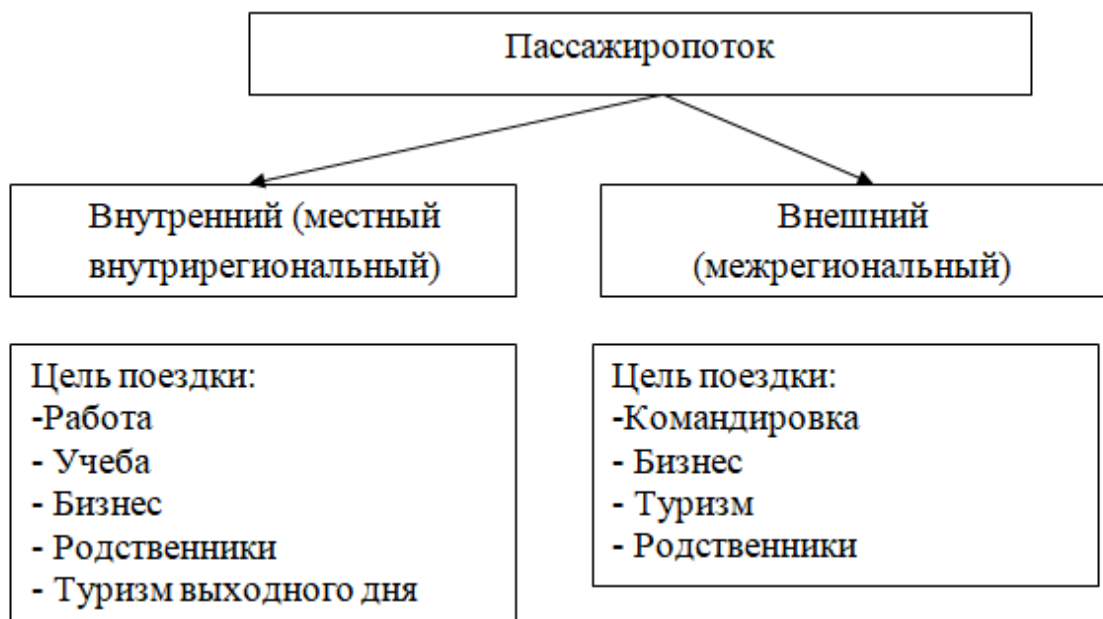


Рисунок 2.7 – Классификация пассажиропотока в зависимости от целей поездки

Для различных категорий пассажиров ценности при выборе способа передвижения различны, поэтому предлагается использование метода анализа иерархий, позволяющего реализовать модель принятия решения при выборе вариантов транспортного обслуживания населения [42].

Используя результаты анкетного опроса пассажиров, проводимого АО «Скоростные магистрали» [22, 30], была составлена таблица 2.4, в которой отражены предпочтения различных категорий пассажиров при выборе вида транспорта. В таблице 2.4 принята следующая шкала оценки: от «0» – неважно до «1» – важно, причем возможны и промежуточные значения (0,25 ÷ 0,75) [42].

Таблица 2.4

Предпочтения различных категорий пассажиров при выборе вида транспорта [42]

Категория пассажиров	Критерии выбора транспортного средства				
	Стоимость	Скорость	Удобство пересадки	Комфорт в пути следования	Безопасность
<b>Внутренний пассажиропоток (местный внутрирегиональный)</b>					
Работа	0,75	0,75	1	0,5	0,5
Учеба	1	0,75	0,5	0,5	0,5
Бизнес	0,5	1	1	1	0,75
Родственники	1	0,75	0,75	0,5	0,5
Туризм выходного дня	0,75	1	0,75	0,5	0,5
<b>Внешний пассажиропоток (межрегиональный)</b>					
Командировка	0,25	1	0,75	0,75	0,75
Бизнес	0,5	1	1	1	0,75
Туризм	1	0,75	0,75	0,5	0,75
Родственники	1	0,75	0,75	0,5	0,5

Все возможные альтернативы перевозки, которые определены исходя их перспектив развития МЛТСПП: высокоскоростная магистраль Адлер-Севастополь, автобус, личный автомобиль, самолет. Выполним построение

древа альтернатив (рисунок 2.8) решения задачи выбора вида транспорта для передвижения пассажиров [42].

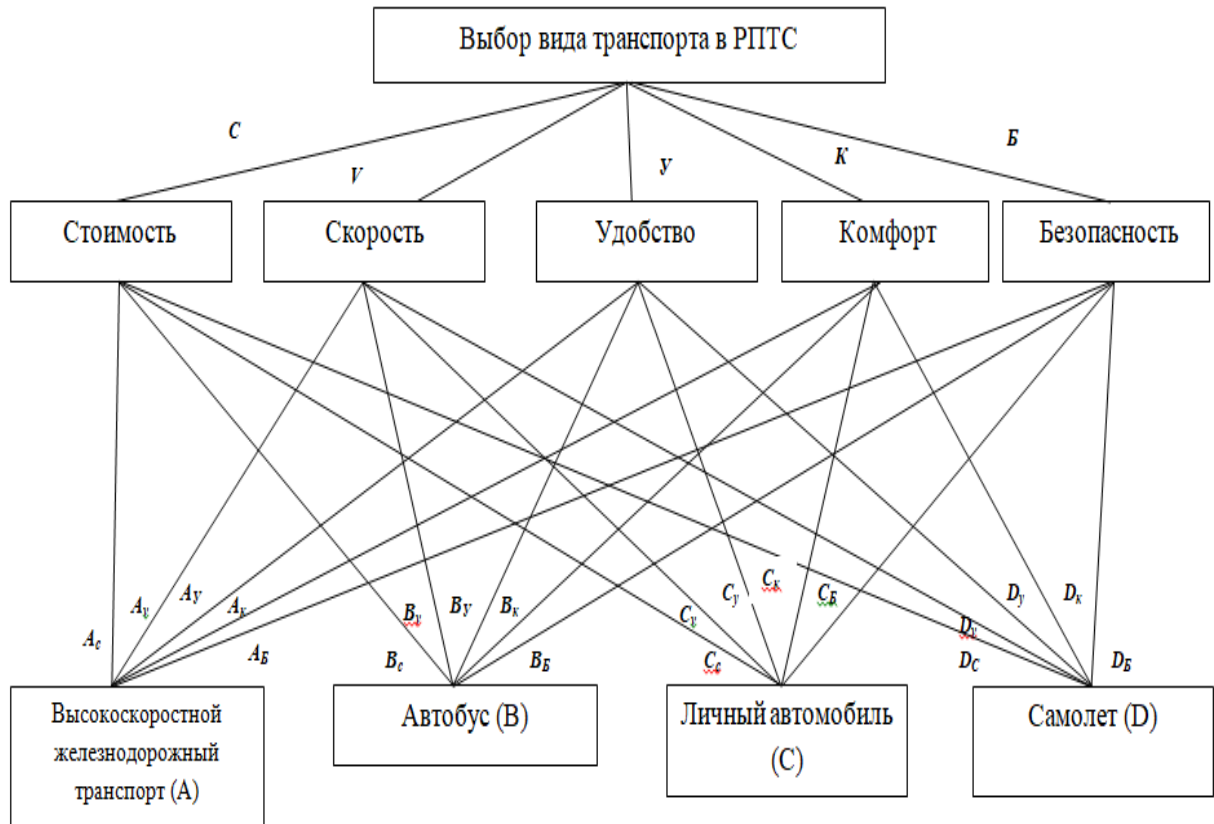


Рисунок 2.8 – Древо альтернатив для решения задачи выбора вида транспорта [42]

В настоящее время не существует комплексной оценки, учитывающей в полной мере требования пассажиров к обслуживанию [11, 37, 42, 46]. Предлагаемый в диссертационном исследовании метод анализа иерархий Т. Саати [188] позволяет проанализировать критерии выбора вида транспорта пассажирами, которые обычно не поддаются эффективной количественной оценке [42].

На данном этапе основной задачей является установление приоритетов различных критериев (стоимость, скорость, удобство, комфорт, безопасность) и оценить каждый из альтернативных видов транспорта (железнодорожный, авиационный, автомобильный) по критериям, тем самым определив

наиболее подходящий из видов транспорта для пассажира в различных условиях (цель поездки).

Влияние различных факторов на процесс принятия решения отражается в подходе к парным сравнениям, основанном на решении задачи о собственном значении. Анализируемые данные приведем в виде квадратной матрицы [42]:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \cdots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

Основным свойством данной матрицы является симметричность, т.е.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}},$$

где  $i$  – соответствующая строка,  $j$  – столбец матрицы.

Пусть  $C, V, Y, K, B$  – множество элементов, в данном случае характеризующих критерии выбора вида пассажирского транспорта и  $w_c, w_v, \dots, w_B$  – соответственно их веса (преобладание одного критерия над другим). Метод анализа иерархий позволяет сравнить вес каждого критерия с весом любого другого по отношению к общей для них цели (цель поездки). Представим сравнение следующим образом:

	$C$	$V$	$Y$	$K$	$B$
$C$	$\frac{w_c}{w_c}$	$\frac{w_c}{w_v}$	$\frac{w_c}{w_Y}$	$\frac{w_c}{w_k}$	$\frac{w_c}{w_B}$
$V$	$\frac{w_v}{w_c}$	$\frac{w_v}{w_v}$	$\frac{w_v}{w_Y}$	$\frac{w_v}{w_k}$	$\frac{w_v}{w_B}$
$Y$	$\frac{w_Y}{w_c}$	$\frac{w_Y}{w_v}$	$\frac{w_Y}{w_Y}$	$\frac{w_Y}{w_k}$	$\frac{w_Y}{w_B}$
$K$	$\frac{w_k}{w_c}$	$\frac{w_k}{w_v}$	$\frac{w_k}{w_Y}$	$\frac{w_k}{w_k}$	$\frac{w_k}{w_B}$
$B$	$\frac{w_B}{w_c}$	$\frac{w_B}{w_v}$	$\frac{w_B}{w_Y}$	$\frac{w_B}{w_k}$	$\frac{w_B}{w_B}$

Для количественной оценки степени преобладания одного критерия над другим, воспользуемся шкалой Т. Саати [42, 188] (таблица 2.5).

Таблица 2.5

Шкала для количественной оценки степени преобладания одного критерия над другим [42]

Баллы	Определение
1	Одинаковая значимость критериев.
3	Некоторое преобладание одного критерия над другим
5	Существенное преобладание одного критерия над другим
7	Очень сильное преобладание одного критерия над другим
9	Абсолютное преобладание одного критерия над другим
2,4,6,8	Промежуточные значения
Обратные величины приведенных выше значений	Если при сравнении одного критерия с другим получено одно из вышеуказанных значений, то при сравнении второго критерия с первым получим обратную величину

На данной стадии выражаются субъективные парные суждения путем формирования набора так называемых локальных приоритетов. Далее возникает необходимость сочетания иерархической декомпозиции и шкалы относительной важности. Находим относительное преобладание каждого отдельного критерия через «решение» матриц. Для получения рациональных подходов к многокритериальной проблеме выбора вида транспорта необходимо вычислить множество собственных векторов матрицы, нормализовать результат, тем самым, получить вектор приоритетов.

## Определение вектора приоритетов

	$C$	$V$	$Y$	$K$	$B$	Вычисление компонент собственного вектора	Нормализованный результат для получения оценки вектора приоритетов
$C$	$\frac{W_C}{W_C}$	$\frac{W_C}{W_V}$	$\frac{W_C}{W_Y}$	$\frac{W_C}{W_K}$	$\frac{W_C}{W_B}$	$\sqrt[4]{\frac{W_C \cdot W_C \cdot W_C \cdot W_C \cdot W_C}{W_C \cdot W_V \cdot W_Y \cdot W_K \cdot W_B}}$	$x_1 = \frac{\sqrt[4]{\frac{W_C \cdot W_C \cdot W_C \cdot W_C \cdot W_C}{W_C \cdot W_V \cdot W_Y \cdot W_K \cdot W_B}}}{\Sigma}$
$V$	$\frac{W_V}{W_C}$	$\frac{W_V}{W_V}$	$\frac{W_V}{W_Y}$	$\frac{W_V}{W_K}$	$\frac{W_V}{W_B}$	$\sqrt[4]{\frac{W_V \cdot W_V \cdot W_V \cdot W_V \cdot W_V}{W_C \cdot W_V \cdot W_Y \cdot W_K \cdot W_B}}$	$x_2 = \frac{\sqrt[4]{\frac{W_V \cdot W_V \cdot W_V \cdot W_V \cdot W_V}{W_C \cdot W_V \cdot W_Y \cdot W_K \cdot W_B}}}{\Sigma}$
$Y$	$\frac{W_Y}{W_C}$	$\frac{W_Y}{W_V}$	$\frac{W_Y}{W_Y}$	$\frac{W_Y}{W_K}$	$\frac{W_Y}{W_B}$	$\sqrt[4]{\frac{W_Y \cdot W_Y \cdot W_Y \cdot W_Y \cdot W_Y}{W_C \cdot W_V \cdot W_Y \cdot W_K \cdot W_B}}$	$x_3 = \frac{\sqrt[4]{\frac{W_Y \cdot W_Y \cdot W_Y \cdot W_Y \cdot W_Y}{W_C \cdot W_V \cdot W_Y \cdot W_K \cdot W_B}}}{\Sigma}$
$K$	$\frac{W_K}{W_C}$	$\frac{W_K}{W_V}$	$\frac{W_K}{W_Y}$	$\frac{W_K}{W_K}$	$\frac{W_K}{W_B}$	$\sqrt[4]{\frac{W_K \cdot W_K \cdot W_K \cdot W_K \cdot W_K}{W_C \cdot W_V \cdot W_Y \cdot W_K \cdot W_B}}$	$x_4 = \frac{\sqrt[4]{\frac{W_K \cdot W_K \cdot W_K \cdot W_K \cdot W_K}{W_C \cdot W_V \cdot W_Y \cdot W_K \cdot W_B}}}{\Sigma}$
$B$	$\frac{W_B}{W_C}$	$\frac{W_B}{W_V}$	$\frac{W_B}{W_Y}$	$\frac{W_B}{W_K}$	$\frac{W_B}{W_B}$	$\sqrt[4]{\frac{W_B \cdot W_B \cdot W_B \cdot W_B \cdot W_B}{W_C \cdot W_V \cdot W_Y \cdot W_K \cdot W_B}}$	$x_5 = \frac{\sqrt[4]{\frac{W_B \cdot W_B \cdot W_B \cdot W_B \cdot W_B}{W_C \cdot W_V \cdot W_Y \cdot W_K \cdot W_B}}}{\Sigma}$
						$\Sigma$	

Другим способом нормализации значений из таблицы 2.6 является деление каждого элемента на сумму всех чисел строки.

На следующей стадии используется иерархический синтез для взвешивания собственных векторов весами критериев, непосредственно осуществляется расчет весов альтернатив  $y_1 \dots y_5$ . Данные показатели характеризуют

общую цель исследования (выбор вида транспорта), позволяет выработать стратегию распределения ресурсов в соответствии с важностью.

$$\begin{bmatrix} \frac{W_c}{W_c} & \frac{W_c}{W_v} & \frac{W_c}{W_Y} & \frac{W_c}{W_k} & \frac{W_c}{W_B} \\ \frac{W_c}{W_v} & \frac{W_c}{W_v} & \frac{W_c}{W_Y} & \frac{W_c}{W_k} & \frac{W_c}{W_B} \\ \frac{W_c}{W_Y} & \frac{W_c}{W_Y} & \frac{W_c}{W_Y} & \frac{W_c}{W_k} & \frac{W_c}{W_B} \\ \frac{W_c}{W_k} & \frac{W_c}{W_k} & \frac{W_c}{W_k} & \frac{W_c}{W_k} & \frac{W_c}{W_k} \\ \frac{W_c}{W_B} & \frac{W_c}{W_B} & \frac{W_c}{W_B} & \frac{W_c}{W_B} & \frac{W_c}{W_B} \\ \frac{W_c}{W_c} & \frac{W_c}{W_v} & \frac{W_c}{W_Y} & \frac{W_c}{W_k} & \frac{W_c}{W_B} \\ \frac{W_v}{W_c} & \frac{W_v}{W_v} & \frac{W_v}{W_Y} & \frac{W_v}{W_k} & \frac{W_v}{W_B} \\ \frac{W_Y}{W_c} & \frac{W_Y}{W_v} & \frac{W_Y}{W_Y} & \frac{W_Y}{W_k} & \frac{W_Y}{W_B} \\ \frac{W_k}{W_c} & \frac{W_k}{W_v} & \frac{W_k}{W_Y} & \frac{W_k}{W_k} & \frac{W_k}{W_B} \\ \frac{W_B}{W_c} & \frac{W_B}{W_v} & \frac{W_B}{W_Y} & \frac{W_B}{W_k} & \frac{W_B}{W_B} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{cases} \frac{W_c}{W_c} \cdot x_1 + \frac{W_c}{W_v} \cdot x_2 + \frac{W_c}{W_Y} \cdot x_3 + \frac{W_c}{W_k} \cdot x_4 + \frac{W_c}{W_B} \cdot x_5 = y_1 \\ \frac{W_v}{W_c} \cdot x_1 + \frac{W_v}{W_v} \cdot x_2 + \frac{W_v}{W_Y} \cdot x_3 + \frac{W_v}{W_k} \cdot x_4 + \frac{W_v}{W_B} \cdot x_5 = y_2 \\ \frac{W_Y}{W_c} \cdot x_1 + \frac{W_Y}{W_v} \cdot x_2 + \frac{W_Y}{W_Y} \cdot x_3 + \frac{W_Y}{W_k} \cdot x_4 + \frac{W_Y}{W_B} \cdot x_5 = y_3 \\ \frac{W_k}{W_c} \cdot x_1 + \frac{W_k}{W_v} \cdot x_2 + \frac{W_k}{W_Y} \cdot x_3 + \frac{W_k}{W_k} \cdot x_4 + \frac{W_k}{W_B} \cdot x_5 = y_4 \\ \frac{W_B}{W_c} \cdot x_1 + \frac{W_B}{W_v} \cdot x_2 + \frac{W_B}{W_Y} \cdot x_3 + \frac{W_B}{W_k} \cdot x_4 + \frac{W_B}{W_B} \cdot x_5 = y_5 \end{cases}$$

Необходимо применение новых подходов, способных гибко реагировать на изменяющийся спрос потребителей транспортных услуг [63]. При этом обязательным условием эффективного функционирования транспортной системы является полный учет требований пассажиров [40]. Структурирование проблемы выбора вида пассажирского транспорта в МЛТСПП методом построения аналитической иерархии позволяет определять доминантные критерии, которые, в свою очередь, могут подразделяться на субкритерии, которых может быть огромное множество. Основная задача заключается в определении всех субъективных и объективных факторов различной степени важности, а также групп пассажиров с различными интересами. Данные факторы и будут в дальнейшем определять вероятность выбора одной из альтернатив (вида транспорта), которая приемлема для отдельно взятой группы пассажиров с определенной степенью компромисса. Таким образом, проблема повышения мобильности населения может быть рассмотрена всесторонне, в модель могут быть включены все критерии, которые имеют значение для пассажиров при выборе вида транспорта.



## **2.4 Развитие методов планирования и организации логистических цепей пассажиропотоков с учетом интересов участников перевозочного процесса**

Заключительным этапом задачи развития МЛТСПП и повышения мобильности населения является планирование и организация логистических цепей пассажиропотоков с учетом интересов участников перевозочного процесса. Структура пассажирского парка является важнейшей его характеристикой, и, в зависимости от поставок нового подвижного состава и исключения старых типов, совершенствуется производственная база, организация и технология вагонного хозяйства [58, 66].

В настоящее время первоочередное значение приобретает проблема обеспечения соответствия не только общих объемов, но и структуры предложения и спроса на пассажирские перевозки в МЛТСПП [58, 66].

Под структурой спроса населения следует понимать спрос пассажиров на перевозки в определенных категориях поездов и типах вагонов, в прямом, местном и пригородном сообщениях в различные периоды года, месяца, недели, суток [58].

Вместимость подвижного состава должна соответствовать объему и особенностям пассажиропотока. При выборе вместимости подвижного состава должны учитываться следующие факторы: величина пассажиропотока в одном направлении на наиболее загруженных направлениях, неравномерность распределения пассажиропотоков по месяцам, дням недели, часам суток, оптимальный интервал движения транспортных средств, пропускная способность участков, себестоимость перевозок.

Количество предложенных мест в пассажирских поездах зависит от поступающих требований и экономики пассажирских перевозок.

Общий резерв свободных мест в поездах складывается из резерва вместимости отдельных составов поездов. При этом населенность пассажирских поездов может быть различной. Возможно и такое положение, когда в части

поездов предложенное число мест используется полностью, в то время как в других окажется значительное число свободных мест [66, 163].

В диссертационном исследовании изложены общие теоретико-вероятностные основы подхода к вопросу оптимизации вместимости пассажирских поездов на основе хабовой системы организации перевозок [5, 14, 170]. Целью производимых математических построений является разработка методики корректировки запланированной вместимости поездов на основе статистических данных [170]. В следующем разделе будут даны приложения полученной оптимизационной модели к ВСПМ Адлер-Севастополь на примере Новороссийского хаба.

В качестве случайной величины будем рассматривать населенность поезда, которую обозначим  $\xi_d$ . Пусть  $m_c$  – некоторая запланированная для рассматриваемых условий (например, на основании экспертных оценок) «номинальная» вместимость поезда [170]. Рассматриваемая ниже математическая конструкция (2.2) служит теоретико-вероятностной основой для моделирования вместимости поезда на основе имеющихся статистических данных о его населенности. В результате решения соответствующей оптимизационной задачи в среде компьютерной математики оказывается возможным производить корректировку изначально запланированной величины  $m_c$ . Таким образом, в рамках использованных в модели статистических данных либо подтверждается величина запланированной вместимости поезда, либо находится другая – в определенном смысле оптимальная вместимость поезда  $m_o$  [170].

Пусть  $(\xi_d^{(k)})$  – какая-либо выборка значений случайной величины  $\xi_d$  и  $\omega_k$  – относительные частоты этих значений (вариант). Следуя изложенной в [5, 170] оптимизационной идее для нахождения  $m_o$ , будем исходить из следующей величины

$$c_1 \sum_{\xi_d^{(k)} < m_c} (m_c - \xi_d^{(k)}) \omega_k + c_2 \sum_{\xi_d^{(k)} > m_c} (\xi_d^{(k)} - m_c) \omega_k. \quad (2.2)$$

По своей аналитической структуре выражение (3.2) является своеобразным обобщением математического ожидания (точнее, выборочного среднего) случайной величины, представляющей собой отклонение населенности поезда  $\xi_d$  от его вместимости  $m$ . Указанное обобщение выражается наличием двух, вообще говоря, различных по величине показателей  $C_1$  и  $C_2$  [170]. Их можно интерпретировать как своеобразные веса, посредством которых отдается относительное предпочтение какому-либо из агентов перевозочного процесса, в роли которых естественно рассматривать перевозчика и пассажира (мультиагентный подход) [170, 185].

Относящийся к первой сумме в выражении (2.2) числовой множитель  $C_1$  представляет собой показатель, который имеет непосредственный экономический смысл. Это – (исчисляемая в рублях) потеря перевозчика в выручке за каждое не заполненное место в поезде. В отличие от  $C_1$  показатель  $C_2$  может быть интерпретирован не так однозначно, что, конечно, не умаляет его значения. Прямой экономический смысл показателя  $C_2$  находит свое выражение в пассажиро-часах ожидания, то есть в потерях, которые несет «средний» не попавший на данный поезд пассажир по причине того, что он оказался заполненным другими пассажирами [85]. Величиной  $C_2$  могут учитываться и обстоятельства морального характера, проявляемые, например, в снижении уровня лояльности пассажирского контингента по отношению к перевозчику. Последнее, в свою очередь, может иметь также финансовые последствия для ОАО «РЖД». Показатель  $C_2$  может быть определен как посредством экспертных оценок, так и на основе полученных статистических данных, в которых учитываются все последствия неудовлетворенности пассажирского спроса, наступившей в результате недостаточной вместимости поезда [170].

Итак, рассматриваемая с экономической точки зрения сумма (2.2) имеет двойственный характер. Первым слагаемым выражаются непосредственные суммарные финансовые потери перевозчика, возникающие не при всех

заполненных местах в поезде. Вторым слагаемым учитываются временные (значит, и финансовые, причем с обеих сторон) потери, а также моральные потери пассажиров, не попавших на поезд, потому что «не хватило билетов» [170].

В результате проведенного анализа выражения (2.3) приходим к постановке оптимизационной задачи с целевой функции вида [170]:

$$\Gamma(m) = c_1 \sum_{\xi_n^{(k)} < m} (m - \xi_d^{(k)}) \omega_k + c_2 \sum_{\xi_n^{(k)} > m} (\xi_d^{(k)} - m) \omega_k \rightarrow \min. \quad (2.3)$$

При этом в качестве переменной (неизвестной) выступает вместимость  $m$  поезда [170].

Практическим результатом решения указанной задачи являются получаемые при этом рекомендации относительно вместимости поезда, позволяющие минимизировать (в своей массе) неизбежные риски [170]. Таким образом, моделирование населенности подвижного состава на принципах мультиагентного подхода позволяет принимать комплексные решения относительно оптимизации параметров использования подвижного состава в МЛТСПП. При этом предлагаемый алгоритм позволяет вносить оперативные корректировки в схемы формирования пассажирских поездов с учетом изменения различных параметров пассажирских перевозок (ограничение движения поездов, закрытие воздушного пространства, переориентирование туристического потока с зарубежных курортов на отечественные и т.д.). Следует отметить, что разработанная модель может быть использована для определения оптимальной схемы движения транспортных средств различных видов транспорта, что особенно актуально в рамках хабовой системы организации пассажирских перевозок.

## 2.5 Выводы по главе

Проведен всесторонний анализ методов оптимизации логистической транспортной системы и повышения мобильности населения на основе вариантов развития региональной пассажирской транспортной системы. Обоснована необходимость реализации хабовой модели организации пассажирских перевозок, которая предусматривает совместное функционирование различных видов транспорта в рамках мультимодальных транспортных логистических систем с учетом реализации проектов развития высокоскоростного движения.

Выполнено комплексное обоснование факторов, влияющих на необходимое количество пассажирских транспортных хабов в регионе. Полученная многофакторная модель позволяет оценить степень влияния различных факторов на количество хабов и выполнить прогноз развития МЛТСПП на перспективу.

Сформирован авторский алгоритм формирования транспортно-пересадочных узлов в мультимодальной логистической транспортной системе пассажирских перевозок.

Разработана модель комплексной оценки критериев выбора пассажирами вида транспорта на базе применения метода анализа иерархий. Предложенный подход позволяет оценить каждый из альтернативных видов транспорта (железнодорожный, авиационный, автомобильный) по критериям, тем самым определив наиболее подходящий из видов транспорта для пассажира в различных условиях.

На основе анализа распределения пассажиропотоков в МЛТСПП предложен механизм планирования и организации логистических цепей пассажиропотоков с учетом интересов участников перевозочного процесса и выполнен поиск решения оптимизационной задачи рационализации вместимости пассажирского подвижного состава. При этом учитываются участники перевозочного процесса (пассажиров и транспортных компаний).

### 3 ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

#### 3.1 Определение рационального числа транспортно-пересадочных узлов в регионе для повышения мобильности населения

Механизм формирования пассажиропотоков в каждом регионе имеет свои уникальные особенности [38, 95, 108, 148], в связи с этим проблема определения необходимого количества пассажирских хабов должна рассматриваться в зависимости от местных условий. Выбор наиболее значимых факторов, определяющих необходимое количество хабов, способствует построению корректной математической модели [38].

В диссертационном исследовании произведен анализ факторов, влияющих на количество пассажирских хабов на Черноморском побережье Краснодарского края [38].

В качестве результирующего параметра (выходного фактора) эффективного функционирования МЛТСПП в работе принимается необходимое количество пассажирских транспортных хабов ( $N_{hab}$ ) (рисунок 3.1) [38].

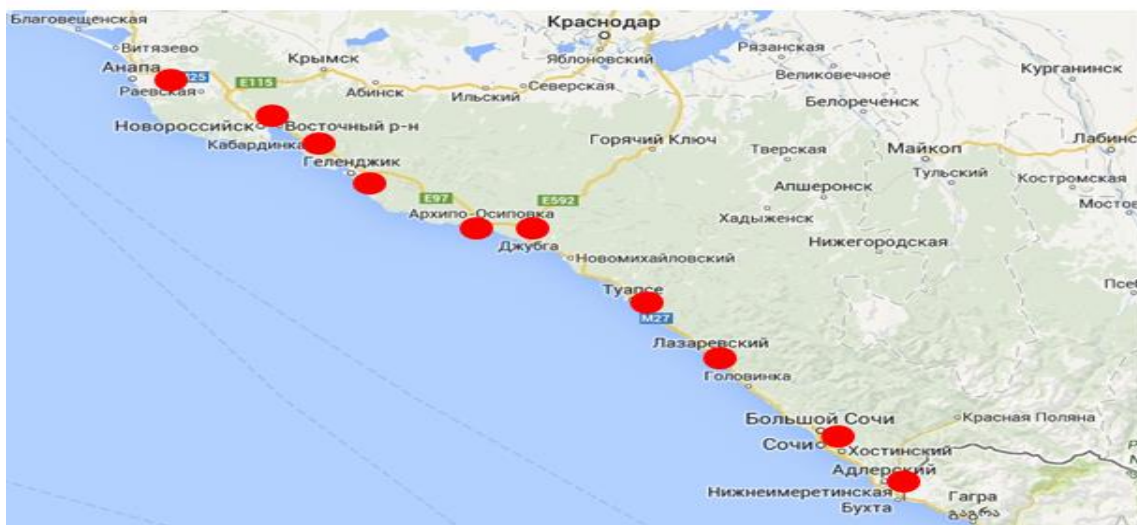


Рисунок 3.1 – Возможное количество пассажирских транспортных хабов в рассматриваемом регионе

В современных условиях необходимо определять количество транспортно-пересадочных узлов исходя из следующих условий:

- сокращение затрат на строительство хабов;
- сокращение времени пересадки с одного вида транспорта на другой;
- сокращение времени проезда пассажиров к конечным пунктам назначения [63].

Выполнение данных условий позволит учитывать, как интересы транспортных компаний, так и пассажиров при организации мультимодальных перевозок.

Целесообразное количество пассажирских транспортных хабов в рассматриваемом регионе определяет большое число так называемых входных факторов, рассмотрим некоторые из них, численные характеристики приведены в таблице 3.2 [38]:

1. Численность постоянно проживающего населения в Краснодарском крае,  $Ч_n$ , тыс. чел.

Демографическая обстановка и политическая обстановка в стране и регионе предусматривает изменение общей численности населения, сегментирование по возрасту, соотношение рождаемости и смертности, подвижность населения. Т.е. при уменьшении численности населения региона и беспокойной обстановке пассажиропоток также уменьшится, однако для отслеживания проявления данных факторов на пассажиропоток необходимо рассматривать длительный период (несколько лет).

2. Туристический поток в регион,  $T_n$ , тыс. чел.

Туристический поток в Краснодарский край постоянно растет. При этом пассажиропоток за 2019 г. вырос на 260 % по сравнению с 2000 г.

3. Валовой внутренний продукт,  $B_n$ , млрд. руб.

Спрос на пассажирские перевозки различными видами транспорта зависит от макроэкономической ситуации в стране. Динамика валового внутреннего продукта является индикатором, наиболее полно отражающим состояние экономики. Т.к. Черноморское побережье Краснодарского края явля-

ется важнейшим туристическим регионом, который ежегодно принимает миллионы туристов со всей страны, уровень ВВП воздействует на социальную активность, спрос на перевозки в МЛТСПП.

4. Среднедушевые денежные доходы населения,  $C_d$ , руб./мес.

Данный фактор оказывает непосредственное влияние на туристический сектор, следовательно, его необходимо учитывать при разработке направлений развития МЛТСПП.

5. Зона влияния пассажирского транспортного хаба,  $Z_b$ , км<sup>2</sup>.

Зона влияния каждого хаба должна определяться исходя из многих факторов. При этом необходимо учитывать:

- наличие крупных аэропортов;
- наличие железнодорожных вокзалов, на территории которых целесообразно организовывать крупный транспортно-пересадочный узел;
- наличие мест повышенного спроса (в данном случае туристические объекты).
- времени передвижения от места прибытия (транспортного хаба) до конечного места пребывания. Данный показатель напрямую зависит от специфики рассматриваемого региона. В пиковые летние периоды складывается сложная транспортная ситуация на всем Черноморском побережье. В многокилометровых пробках застаивается огромное количество прибывающих туристов, поэтому время передвижения до конечного пункта может увеличиваться в несколько раз, по сравнению с внепиковыми периодами.

Данные входные факторы сведем в таблицу 3.1 [38]. Также в таблице символами (↑ или ↓,) отмечается характер влияния рассматриваемого фактора на количество пассажирских хабов в регионе (первый символ записи определяет гипотезу тенденции изменения самого фактора, а второй символ показывает, как изменяется количество хабов. Например, если известно, что при увеличении значений фактора значение необходимого количества хабов также увеличивается – ставится через запятую символы «↑, ↑» (возрастающая тенденция), если при увеличении фактора – количество хабов должно



уменьшаться, ставятся символы «↑, ↓» (убывающая тенденция) (таблица 3.2) [38].

Таблица 3.1

Факторы, влияющие на необходимое количество пассажирских транспортных хабов на Черноморском побережье Краснодарского края [38]

Фактор, обозначение	Ед. измерения.	Диапазон изменения фактора	Характер влияния на выходной фактор
Численность постоянно проживающего населения в Краснодарском крае, $Ч_n$	тыс. чел.	5226-5648	↑, ↑
Туристический поток в регион, $T_n$	тыс. чел.	10600-17300	↑, ↑
Валовой внутренний продукт, $B_n$	млрд. руб.	46308-110046	↑, ↑
Среднедушевые денежные доходы населения, $C_d$	руб./мес.	18958-35247	↑, ↑
Зона влияния пассажирского транспортного хаба, $Z_B$	км <sup>2</sup>	100-1000	↑, ↓

Таблица 3.2

Исходные данные для расчета статистической модели

№	$y (N_{hab})$ ↑	$x_1 (Ч_n)$ ↑, ↑	$x_2 (T_n)$ ↑, ↑	$x_3 (B_n)$ ↑, ↑	$x_4 (C_d)$ ↑, ↑	$x_5 (Z_B)$ ↑, ↓
1	1	5226	10600	46308	18958	1000
2	2	5229	11000	60114	20780	500
3	3	5284	11800	68103	23221	333
4	4	5330	11900	72085	25684	250
5	5	5404	14700	79030	27412	200
6	6	5453	14900	83087	30254	166
7	7	5513	15800	85616	30865	142
8	8	5570	16300	91843	31897	125
9	9	5603	17000	104629	33178	111
10	10	5648	17300	110046	35247	100

Далее необходимо выполнить модификацию данных, таким образом, чтобы величины полученных данных выходного и входных факторов были соотносимо-значимыми. Это обеспечит удобство их представления, а, также, повысит возможность качества проведения последующей оценки результатов моделирования. Модификация данных осуществляется путем выполнения двух условий [38]:

- соотношение величины выходного фактора к средней величине каждого входного должно быть примерно равно - 10:1;
- соотношение между величинами входных факторов должно примерно соответствовать – 1:1.

В результате такого действия величины вариационного ряда данных выходного показателя могут иметь, например, порядок десятков, а входных факторов порядок единиц (таблица 3.3). Модификация значений факторов в соотношении показателей входных и выходных факторов 10:1 и 1:1 выполняется программой MODEL автоматически [38].

Таблица 3.3

Модифицированные исходные данные для расчета статистической модели [38]

№	$y (N_{hab})$ ↑	$x_1 (Чн)$ ↑,↑	$x_2 (Тн)$ ↑,↑	$x_3 (Вн)$ ↑,↑	$x_4 (Сд)$ ↑,↑	$x_5 (Z_{в})$ ↑,↓
1	10	1	1	1	1	10
2	20	1,1	1,5	2,9	2	5
3	30	2,2	2,6	4,1	3,4	3
4	40	3,2	2,7	4,6	4,7	3
5	50	4,8	6,5	5,6	5,7	2
6	60	5,8	6,8	6,2	7,2	2
7	70	7,1	8	6,6	7,6	1
8	80	8,3	8,7	7,4	8,1	1
9	90	9	9,6	9,2	8,9	1
10	100	10	10	10	10	1

На основании статистических данных всех факторов представленных в таблице и с помощью программы MODEL сформируем возможные модели

процесса. В результате расчетов получено шесть уравнений регрессии, представляющих математические модели (таблица 3.4) [38].

Таблица 3.4

## Результаты расчета коэффициента качества модели [38]

Модель	Уравнение	Критерии качества		
		$R^2$	$R_m^2$	$J_m$
Базовый, линейный полином $\{a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n\}$	$Nhab=5,2755406+7,4234846*(Чн)-$ $1,496829786*(Тн)+3,176960908*(В$ $n)+0,4024054859*(Сд)-$ $0,4532492322*(Zв)$	0,9997	0,9994	8,521
Полином квадратной степени $\{a_0 + a_1(x_1)^2 + a_2(x_2)^2 + \dots + a_n(x_n)^2\}$	$Nhab=25,692121+0,2002744111*(Ч$ $н)^2+0,1564670974*(Тн)^2-$ $0,08170466465*(Вн)^2+0,49052404$ $36*(Сд)^2-0,1703760335*(Zв)^2$	0,9957	0,9904	140,594
Логарифмический полином $\{a_0 + a_1\text{Log}(x_1) + a_2\text{Log}(x_2) + \dots + a_n\text{Log}(x_n)\}$	$Nhab=-$ $57,981567+94,1618112*\text{LOG}(Чн)-$ $18,62151849*\text{LOG}(Тн)+69,1974946$ $3*\text{LOG}(Вн)-$ $83,08122756*\text{LOG}(Сд)+10,5640875$ $4*\text{LOG}(Zв)$	0,9920	0,9820	263,666
Полином обратной зависимости $\left\{a_0 + a_1 \frac{1}{x_1} + a_2 \frac{1}{x_2} + \dots + a_n \frac{1}{x_n}\right\}$	$Nhab=86,594174-$ $675,664531*1/1+(Чн)+184,0999717$ $*1/1+(Тн)-$ $789,7575161*1/1+(Вн)+1119,38913$ $1*1/1+(Сд)+41,72035787*1/1+(Zв)$	0,9713	0,9354	947,049
Полином корня квадратного $\{a_0 + a_1 \cdot \sqrt{x_1} + a_2 \sqrt{x_2} + \dots + a_n \sqrt{x_n}\}$	$Nhab=-$ $57,349863+49,95752603*\text{SQR}(Чн)-$ $9,28605892*\text{SQR}(Тн)+33,8598489*$ $\text{SQR}(Вн)-$ $27,26792502*\text{SQR}(Сд)+6,46420918$ $7*\text{SQR}(Zв)$	0,9965	0,9922	114,540
Полином с последовательным произведением факто- ров $\{a_0 + a_1 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n\}$	$Nhab=28,1871+0,00289123899.*(Ч$ $н+1)*(Тн+1)*(Вн+1)*(Сд+1)*(Zв+$ $1)$	0,8749	0,8592	1548,58

На основании критериев качества моделей, учитывая то, что коэффициент корреляции и коэффициент множественной корреляции должны быть наибольшими, а статистика должна быть минимальной выберем оптимальную модель. В нашем случае это первое уравнение регрессии (зависимость линейного вида) [38].

$$N_{hab} = 5,2755406 + 7,4234846 \cdot (C_n) - 1,496829786 \cdot (T_n) + 3,176960908 \cdot (B_n) + 0,4024054859 \cdot (C_d) - 0,4532492322 \cdot (Z_e)$$

Для проверки адекватности полученной модели подставим значения факторов в любой из опытов, например, № 5 [38].

$$N_{hab} = 5,2755406 + 7,4234846 \cdot (4,8) - 1,496829786 \cdot (6,5) + 3,176960908 \cdot (5,6) + 0,4024054859 \cdot (5,7) - 0,4532492322 \cdot (2) = 50,357$$

В итоге получилось, что модифицированное значение совпадает со значением, полученным в результате проверки [38].

Оценка достоверности полученной математической модели производится путем определения относительной погрешности расчетов по формуле [38]:

$$\delta = \frac{|y_i^{mod} - y_i^{дан}|}{y_i^{mod}} \cdot 100\% ,$$

где,  $y_i^{mod}$ ,  $y_i^{дан}$  – значения выходного фактора, рассчитанные при помощи модели и взятые из таблицы исходных данных для  $i$ -ого опыта.

Погрешность расчетов составила:

$$\delta = \frac{|50,357 - 50|}{50,357} \cdot 100\% = 0,709\%$$

Достаточно малая погрешность говорит о точности проведенных расчетов, следовательно, данная модель может быть использована для определения факторов, влияющих на оптимальное количество пассажирских транспортных хабов на территории Черноморского побережья Краснодарского края [38].

На основании выполненного анализа данных факторов был сделан вывод о том, что на целесообразность строительства пассажирских транспортных хабов большое влияние оказывает численность постоянно проживающего населения, в данном случае, Краснодарского края [38].

### **3.2 Повышение конкурентоспособности предприятий видов транспорта в логистической системе пассажирских перевозок на основе их координации и кооперации**

Одной из задач оптимизации функционирования МЛТСПП является рациональное распределение пассажиропотоков между различными видами транспорта в пассажирском транспортном хабе. Для решения указанной задачи необходимо определить совокупность критериев, определяющих выбор того или иного альтернативного вида транспорта пассажиром. В исследовании рассмотрена методика влияния приоритетов критериев на выбор оптимального вида транспорта в зависимости от цели поездки.

Координация и кооперация различных видов транспорта предполагает повышение их конкурентоспособности, а также повышение удовлетворенности пассажиров качеством транспортных услуг. С точки зрения пассажира, каждый из альтернативных видов транспорта имеет свои преимущества и недостатки, однако для различных целей поездки данные характеристики не являются одинаковыми. При этом основу выбора альтернатив составляет совокупность критериев, обусловленных различными факторами и особенностями пассажирских перевозок.

В пункте 2.2 диссертационного исследования была изложена методика выбора необходимого количества пассажирских транспортных хабов в МЛТСПП. В результате было установлено, что их количество зависит, в первую очередь, от численности постоянно проживающего населения. Поэтому в качестве примера рассмотрим иерархическую композицию приоритетов внутреннего пассажиропотока (внутрирегионального) с целью – работа.

Т.к. перевозка пассажиров осуществляется во внутрирегиональном сообщении, самолет в качестве возможного вида транспорта рассматриваться, в данном случае, не будет.

В качестве критериев, определяющих выбор вида транспорта, в работе рассмотрены следующие [42]:

- $C$  – стоимость проезда;
- $V$  – скорость перевозки;
- $U$  – удобство доставки «от двери до двери»;
- $K$  – комфортность поездки;
- $B$  – безопасность.

Критерии «стоимость проезда» и «скорость» являются количественными, которым соответствуют известные числовые значения. Такие критерии, как «удобство доставки «от двери до двери»», «комфортность поездки», «безопасность» количественно измерить достаточно сложно. Невозможность количественно измерить некоторые критерии, определяющие требования различных групп пассажиров к транспортным системам, создает сложность в определении одного определяющего критерия, который влияет на окончательный выбор пассажиром вида транспорта.

В рамках проводимого исследования решаются следующие задачи [42]:

- получение комплексной оценки степени влияния различных критериев на выбор вида транспорта в транспортном узле;
- получение решения многокритериальной задачи выбора оптимального вида транспорта для перевозок пассажиров в зависимости от цели поездки.

Составляем матрицу значимости критериев (таблица 3.5) при выборе вида транспорта для поездок на работу:  $a_{ij}$  – отношение критерия  $i$  к критерию  $j$  [42].

$$a_{ji} = 1/a_{ij}; \quad a_{jj} = 1;$$

Производим так называемую нормировку матрицы (таблицы 3.6 и 3.7). Для выполнения данной операции необходимо найти сумму элементов каждого столбца матрицы из таблицы 3.5 [188]:

$$S_j = a_{1j} + a_{2j} + \dots + a_{nj}$$

Матрица попарных сравнений [42, 188]

	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	1	1/3	4	4
V (скорость)	1	1	1/3	4	4
У (удобство)	3	3	1	5	5
К (комфорт)	1/4	1/4	1/5	1	1
Б (безопасность)	1/4	1/4	1/5	1	1

После этого, производится деление каждого элемента матрицы на соответствующий столбец суммы элементов. На завершающем промежуточном этапе необходимо просчитать для каждой строки среднее значение [188].

$$A_{ij} = \frac{a_{ij}}{S_j}$$

Полученный столбец называется весовым столбцом критериев в данном случае по цели поездки (таблица 3.8). На его основании можно определить значимость критериев с точки зрения поставленной цели поездки (таблица 3.9). Этот столбец называют весовым столбцом критериев по цели [42, 188].

Таблица 3.6

Нахождение суммы элементов каждого столбца

$a_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	1	1/3 = 0,333	4	4
V (скорость)	1	1	1/3 = 0,333	4	4
У (удобство)	3	3	1	5	5
К (комфорт)	1/4 = 0,25	1/4 = 0,25	1/5 = 0,2	1	1
Б (безопасность)	1/4 = 0,25	1/4 = 0,25	1/5 = 0,2	1	1
Сумма	5,5	5,5	2,066	15	15

Таблица 3.7

## Подготовка матрицы к нормированию

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1/ 5,5	1/ 5,5	0,333/2,066	4/15	4/15
V (скорость)	1/ 5,5	1/5,5	0,333/2,066	4/15	4/15
У (удобство)	3/5,5	3/5,5	1/ 2,066	5/15	5/15
К (комфорт)	0,25/5,5	0,25/5,5	0,2/2,066	1/15	1/15
Б (безопасность)	0,25/5,5	0,25/5,5	0,2/2,066	1/15	1/15

Таблица 3.8

## Нахождение весового столбца

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)	Ср. знач.
С (стоимость)	0,182	0,182	0,161	0,267	0,267	0,212
V (скорость)	0,182	0,182	0,161	0,267	0,267	0,212
У (удобство)	0,545	0,545	0,484	0,333	0,333	0,448
К (комфорт)	0,045	0,045	0,097	0,067	0,067	0,064
Б (безопасность)	0,045	0,045	0,097	0,067	0,067	0,064

Таблица 3.9

## Промежуточный вывод

	Вес в долях	Вес в процентах
С (стоимость)	0,212	21,2
V (скорость)	0,212	21,2
У (удобство)	0,448	44,8
К (комфорт)	0,064	6,4
Б (безопасность)	0,064	6,4

Согласно таблице 3.9, с точки зрения выбора вида транспорта для поездок на работу наиболее весомым является критерий удобства доставки пассажира «от двери до двери» (44,8 %), далее следуют критерии стоимости и скорости (21,2%). Комфорт в пути следования и безопасность имеют наименьшие весовые коэффициенты, в сумме составляющие всего 12,8 % [42].

Для сопоставления выбора различных вариантов проезда (альтернативных видов транспорта) по приведенным ранее критериям, составляются мат-



рицы попарных сравнений. В таблицах 3.10-3.13 приведен пример расчета по критерию «стоимость», аналогичные таблицы составляются также по остальным критериям (Приложение 6) [42].

Данные критерии будут одинаковы для всех целей поездки в сегменте внутреннего пассажиропотока [42].

Таблица 3.10

Матрица попарных сравнений и сумма элементов каждого столбца

Стоимость	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1	$1/5=0,2$	$1/3 = 0,333$
Автобус (В)	5	1	3
Личный автомобиль (С)	3	$1/3 = 0,333$	1
Сумма	9	1,533	4,333

Таблица 3.11

Подготовка матрицы к нормированию [42]

Стоимость	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	$1/9$	$0,2/1,533$	$0,333/4,333$
Автобус (В)	$5/9$	$1/1,533$	$3/4,333$
Личный автомобиль (С)	$3/9$	$0,333/1,533$	$1/4,333$

Таблица 3.12

Нахождение весового столбца [42]

Стоимость	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)	Ср. значение
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,111	0,13	0,077	0,106
Автобус (В)	0,555	0,652	0,692	0,633
Личный автомобиль (С)	0,333	0,217	0,231	0,26

## Вывод по критерию «стоимость» [42]

Стоимость	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,106	10,6
Автобус (В)	0,634	63,4
Личный автомобиль (С)	0,26	26

В результате получили вектор весов объектов по критерию «стоимость» [42].

По критерию «стоимость» наиболее привлекательным является автобус в качестве вида транспорта для поездок (63,3%), далее следует личный автомобиль (26%), и наименее интересен высокоскоростной железнодорожный транспорт (8%) [42].

В результате расчетов сформированы [42]:

- вектор весов критериев (таблица 3.14);
- матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных весовых столбцов для каждого критерия) (таблица 3.15).

## Вектор весов критериев [42]

	Вес в долях
С (стоимость)	0,212
V (скорость)	0,212
У (удобство)	0,448
К (комфорт)	0,064
Б (безопасность)	0,064

Таблица 3.15

Матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных весовых столбцов) [42]

	С (стоимость)	V (ско- рость)	У (удоб- ство)	К (комфорт)	Б (безопас- ность)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,106	0,696	0,073	0,332	0,818
Автобус (В)	0,634	0,072	0,283	0,08	0,091
Личный автомо- биль (С)	0,26	0,232	0,644	0,588	0,091

При умножении исходной матрицы на столбец по правилу «строка на столбец» (матрично), получаем веса альтернатив с точки зрения достижения цели [42, 188]:

$$\begin{pmatrix} 0,106 & 0,696 & 0,073 & 0,332 & 0,818 \\ 0,634 & 0,072 & 0,283 & 0,08 & 0,091 \\ 0,26 & 0,232 & 0,644 & 0,588 & 0,091 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,212 \\ 0,212 \\ 0,448 \\ 0,064 \\ 0,064 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,276 \\ 0,287 \\ 0,436 \end{pmatrix}$$

Полученная таблица 3.16 отражает вес в долях и в процентах значимости критериев с точки зрения поставленной цели поездки пассажиров

Таблица 3.16

Веса альтернатив с точки зрения цели поездки пассажиров (работа) [42]

	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной же- лезнодорожный транс- порт (А)	0,276	27,6
Автобус (В)	0,287	28,7
Личный автомобиль (С)	0,436	43,6

Таким образом, в результате расчетов получили оптимальный вид транспорта для поездок на работу – личный автомобиль. Безусловно, при поездках на работу личный автомобиль имеет множество преимуществ для пассажира. Однако, для развития логистической транспортной системы, При этом необходимо учитывать, что для полного удовлетворения потребностей пассажиров, необходим комплексный подход, основанный на формировании мультимодальной транспортной системы с учетом преимуществ каждого вида транспорта [42].

В результате расчетов, приведенных в Приложении 6, получили оптимальный вид транспорта, с точки зрения пассажиров, в зависимости от целей поездки (таблица 3.17) [42].

Таблица 3.17

## Оптимальный вид транспорта в зависимости от цели поездки (в %)

Цель поездки Вид транспорта	Внутренний (местный внутрирегиональный) пассажиропоток					Внешний (межрегиональный) пассажиропоток			
	Работа	Учеба	Бизнес	Родственники	Туризм выходного дня	Командировка	Бизнес	Туризм	Родственники
Высокоскоростной железнодорожный	27,6	32,7	40,3	27	44,1	32	29,5	29	27,7
Автобус	28,7	37,2	15,8	39,4	22,5	17,6	24,5	44,5	49,5
Личный автомобиль	43,6	30,2	43,9	33,6	33,4	-	-	-	-
Самолет	-	-	-	-	-	50,4	46	26,5	25,8

Расчеты показали зависимость выбора оптимального решения от целей поездки. Учет полученных значений позволит оптимизировать пассажирские перевозки в хабовой системе. При этом, повышение конкурентоспособности железнодорожного может быть достигнуто путем кооперации с другими видами транспорта на основе реализации интермодальных проектов (рисунок 3.2).

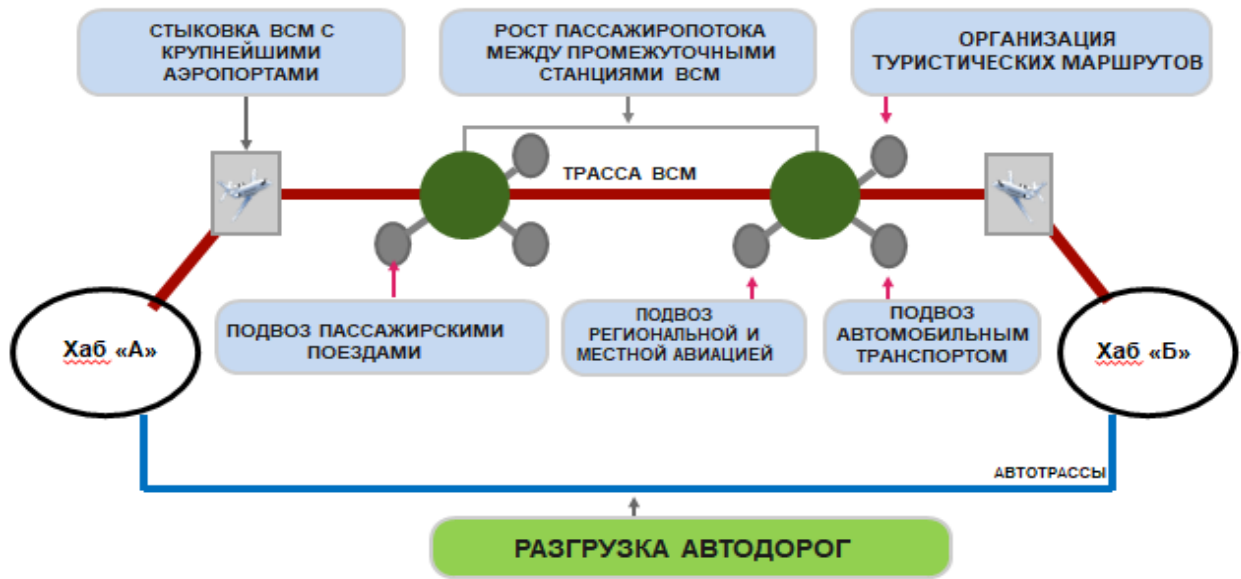


Рисунок 3.2 – Хабовая модель организации пассажирских перевозок с участием высокоскоростного железнодорожного транспорта

Т.к. из всех видов пассажирского транспорта только скоростной и высокоскоростной железнодорожный, а, тем более, функционирующий в рамках интермодального проекта, может представлять собой конкурентную основу для системной организации части транспортного пространства Юга России, расположенной вдоль Черноморского побережья [42].

Предлагаемый в диссертационной работе проект высокоскоростной магистрали «Адлер – Севастополь» может явиться оптимальным в транспортно-логистическом отношении проектом, который позволит существенно повысить уровень качества транспортного обслуживания в МЛТСПП [42, 170].

Из функционирующих в настоящее время видов пассажирского транспорта именно скоростной и высокоскоростной железнодорожный совмещают в себе современный технико-технологический уровень, экономическую целесообразность и относительную экологическую чистоту. Магистраль Адлер-Севастополь явится оптимальным в транспортно-логистическом отношении проектом, который позволит переключить на себя основную часть пассажиропотоков, направленных вдоль Черноморского побережья Кавказа и Крыма. Такое переключение назрело давно и по многим причинам. Во-первых, су-

ществующая транспортная инфраструктура не справляется с все возрастающими пассажирскими и грузовыми потоками, и такое положение будет усугубляться [170].

При этом для перевозки пассажиров на достаточно большие расстояния вдоль побережья скоростной и высокоскоростной (в зависимости от конкретных перегонов) железнодорожный транспорт имеет по отношению к другим видам транспорта в конкурентном отношении все преимущества. Это относится к скорости передвижения, расходу энергии, безопасности, комфорту (который для железнодорожного транспорта может варьироваться в весьма широких пределах), а также экологичности. Последнее обстоятельство особенно актуально для рассматриваемой курортно-оздоровительной зоны. В предлагаемом мультимодальном проекте организованные перевозки пассажиров автомобильным транспортом в своей основной массе естественным и рациональным образом будут переключаться на радиальные направления относительно мест расположения хабов магистрали. Таким образом, пассажир, попавший в «зону влияния» ВСПМ Адлер-Севастополь, получает доступ к широкому и в то же время оптимизированному в логистическом и экономическом отношениях спектру транспортных и туристических услуг во всем рассматриваемом регионе [42, 170].

Для каждого конкретного пассажира приоритеты при принятии того или иного решения относительно варианта передвижения индивидуальны. Однако, приняв во внимание цель поездки и разбив общий пассажиропоток на отдельные сегменты, можно оптимизировать данный выбор и предложить пассажирам готовый план перевозки, который будет учитывать как их пожелания, так и будет способствовать повышению эффективности функционирования МЛТСПП.

Клиентоориентированный подход к определению роли каждого из альтернативных видов транспорта, функционирующих в рамках мультимодальной логистической транспортной системы возможность разработки опти-

мальных логистических цепочек доставки пассажиров в различных условиях на основе кооперации различных видов пассажирского транспорта.

### **3.3 Развитие методов оценки эффективности управления перевозочным процессом в логистической транспортной системе**

В условиях реализации этапов развития МЛТСПП, относящихся к организации хабовой модели организации пассажирских перевозок, а также организации высокоскоростного движения, возникает задача оптимизации подходов к управлению перевозочным процессом. С концептуально-методологической точки зрения для оценки эффективности управления перевозочным процессом на высокоскоростной магистрали необходимо обратиться эгалитарному подходу в теории благосостояния [112, 170].

При этом парадигма кооперативного принятия решений реализуется в различных аспектах разрабатываемого проекта. Во-первых, в мультимодальной модели совместного функционирования железнодорожного, авиационного, автомобильного и морского видов пассажирского транспорта предлагается форма взаимодействия, которую можно охарактеризовать термином бизнес-мутуализм [168, 170]. Именно, при естественной специализации железнодорожного и автомобильного видов транспорта предполагается координация в их функционировании, причем в качестве равноправных партнеров. Подключение к мультимодальному проекту морского транспорта позволит существенно расширить и разнообразить ассортимент предлагаемых пассажирам логистических и туристических услуг. Изложенная позиция является конструктивным противопоставлением имеющей место в настоящее время жесткой (по крайней мере, в экономическом отношении) конкуренции между указанными видами транспорта, подчас принимающей антагонистические формы [62, 63, 170].

Организационную основу функционирования ВСМ составляет график движения поездов, который позволяет согласовывать режимы работы раз-

личных видов транспорта в рамках рассматриваемого мультимодального проекта. Разрабатываемый уже на этапе проектирования магистрали график движения высокоскоростных поездов позволит выявить возможные «узкие» места, а также перспективы развития различных видов транспорта в крупных транспортно-пересадочных узлах, то есть хабах магистрали [79, 124, 164, 170].

Далее, при построении в диссертационной работе математической модели процесса перевозки пассажиров принципы эгалитаризма непосредственно реализуются (причем через экономические категории), когда исследуются вопросы, относящиеся к оптимальной вместимости поездов, осуществляющих движение по магистрали «Адлер-Севастополь». Именно, учитываются не только коммерческие интересы одного из агентов перевозочного процесса – ОАО «РЖД», но и разносторонние интересы другого агента, в роли которого выступает «средний» пассажир [170].

Следует отметить, что в контексте проекта ВСПМ «Адлер-Севастополь» естественным образом затрагиваются вопросы реконструкции тупикового Новороссийского железнодорожного узла и превращения его в сквозной тип (рисунок 3.3). Именно, в результате прокладки новой железнодорожной линии от разъезда 11 км (в обход станции Грушевая) до Геленджика, а также прокладки части ВСПМ от Геленджика (вдоль побережья через село Кабардинка) до станции Новороссийск будет создано своеобразное железнодорожное кольцо. На этом кольце за парком «Восточный» станции Новороссийск целесообразно построить пассажирскую станцию с парком для отстоя, ремонта и экипировки составов, которые будут курсировать по ВСПМ [168, 169].



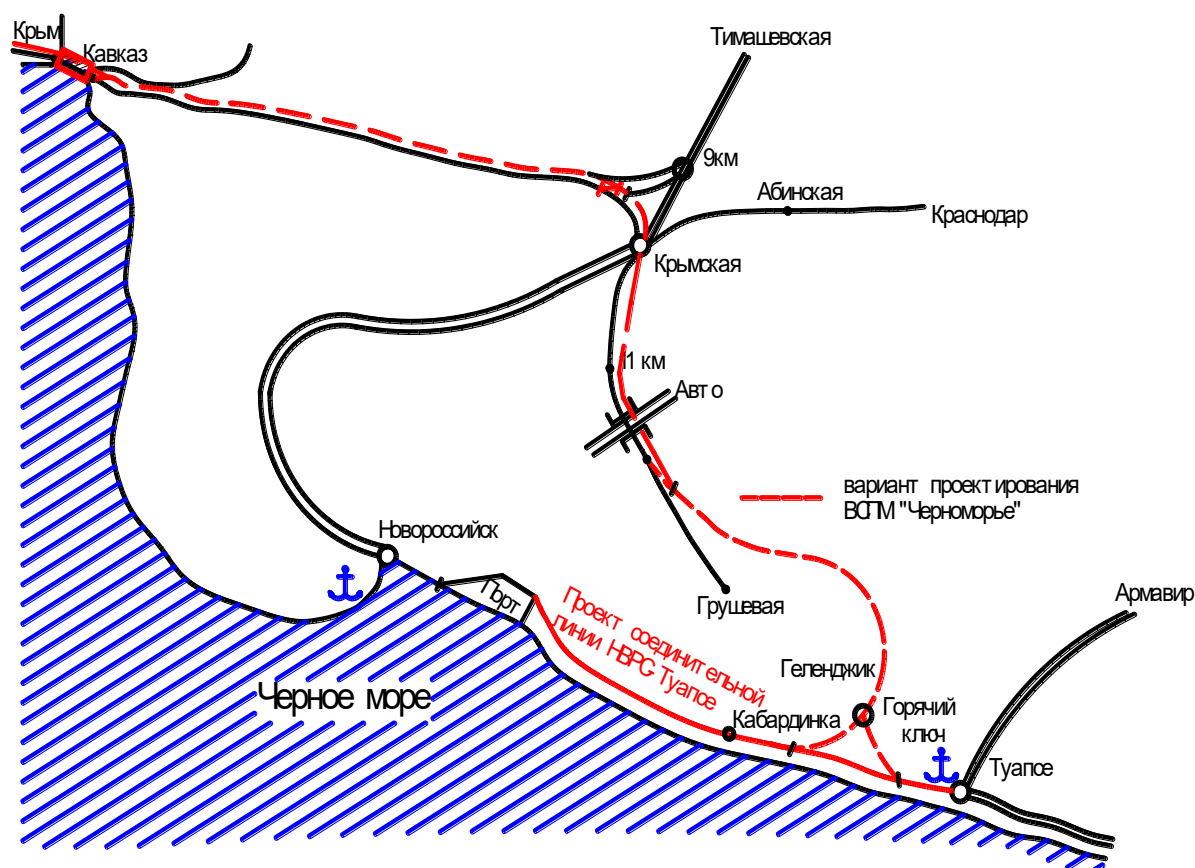


Рисунок 3.3 – Проект развития южнороссийской железнодорожной инфраструктуры

Основной целью проводимых исследований является дальнейшее обоснование выбора высокоскоростного железнодорожного транспорта как оптимального для того, чтобы взять на себя основную часть пассажиропотока, направленного вдоль Черноморского побережья России [42, 170].

График движения поездов представляет собой организационную основу функционирования ВСПМ и позволяет согласовывать режимы работы других видов транспорта в рамках рассматриваемого мультимодального проекта. Разрабатываемый уже на этапе проектирования магистрали график движения высокоскоростных поездов позволит выявить возможные «узкие» места, а также перспективы развития различных видов транспорта в крупных транспортно-пересадочных узлах, то есть хабах магистрали [170].

Реализация существенной части описываемого мультимодального проекта, а именно, связь с крупными городами (например, такими мегаполисами

как Москва, Санкт-Петербург, Самара, Екатеринбург, Новосибирск) будет осуществляться авиатранспортом. Пассажиры будут прибывать в имеющиеся в настоящее время достаточно крупные аэропорты Геленджика, Анапы и Симферополя, в непосредственной близости от которых будут расположены соответствующие промежуточные хабы планируемой магистрали. Предназначением каждого из хабов является сбалансированное перераспределение всех проходящих через него пассажиропотоков [69, 168].

Указанные авиарейсы естественно согласовать с расписанием движения поездов по магистрали, с которым, в свою очередь, должно быть согласовано время пассажирских и туристических услуг, предоставляемых другими видами транспорта [168].

В соответствии с выбранными каждым пассажиром (или группой пассажиров) услугами реализуется комплексная программа, включающая трансфер, размещение в забронированных гостиницах и широкий спектр предусмотренных в каждом районе автобусных, автомобильных, морских, пешеходных и прочих экскурсий, а также индивидуальных поездок. При этом цена каждой из услуг, получаемых в пакете, оказывается существенно ниже предлагаемой в розницу. Заранее оказываются учтенными всевозможные потребности и запросы различных групп пассажиров, а временные затраты на все организационные вопросы минимизируются [168].

Предоставляемый диверсифицированный пакет гармонично сочетающихся между собой услуг содержит следующие компоненты [168]:

- 1) предельно быстрое передвижение в предусмотренный маршрут пункт назначения (по времени даже более короткое, чем на самолете, ввиду более простых организационных процедур при регистрации);

- 2) варьируемую в широких пределах комфортность условий, в которых происходит передвижение пассажиров;

- 3) продуманная с познавательной, релаксационно-психологической и эстетической точек зрения «внешняя сторона» маршрута.

Социальная направленность проекта выразится в том, что посредством разветвленной мультимодальной системы будут удовлетворяться запросы российских граждан всех уровней материальной обеспеченности [26, 34, 168]. Созданные условия для реализации широкого спектра пассажирских услуг в традиционном курортном регионе существенным образом повысят транспортную подвижность населения в целом по стране. В весьма полной мере реализуется уникальность железнодорожного транспорта, состоящая в устойчивости ко всем сезонным климатическим изменениям, что является базой для развития круглогодичного ритмично функционирующего туристического и курортно-оздоровительного комплекса [168].

Для специализированной пассажирской магистрали «Адлер-Севастополь» предусматривается двухпутное движение с дневным характером функционирования. Ввиду относительно небольших расстояний между планируемыми хабами, а также таких немаловажных составляющих проекта в целом как туристическая, историко-познавательная и эстетическая, для магистрали «Адлер-Севастополь» вполне достаточна средняя скорость поезда, как у функционирующего в настоящее время электропоезда «Сапсан» и равная 250 км/ч. При этом, согласно выполненным расчетам [168], максимальная скорость движения на некоторых участках магистрали вполне может достигать до 300 км/ч.

Временной промежуток, затрачиваемый на доставку пассажиров из Геленджика в Севастополь с учетом стоянок будет составлять 2 час. 35 мин., что вполне укладывается в комфортные значения, рекомендуемые в результате неоднократно проводимых социологических исследований и составляющие 3–5 часов [11, 46, 170].

В качестве примера рассмотрим Новороссийский хаб магистрали. Во-первых, город Новороссийск не является конечным пунктом для большинства прибывающих на отдых пассажиров. Таким образом, возникает задача дальнейшего продвижения большого потока прибывших в хаб к планируемому месту отдыха с минимальными временными затратами. Во-вторых, не-

маловажным здесь является выполнение Программы комплексного развития транспортной инфраструктуры Новороссийска на 2017–2030 гг. [87,], в рамках которой предусмотрен перенос автовокзала из центра города в район железнодорожного вокзала. В результате будет сформирован полноценный хаб, обладающий современной инфраструктурой и позволяющий скоординировать пассажиропотоки поездов дальнего следования, высокоскоростной магистрали «Адлер-Севастополь», автобусного и автомобильного транспорта. При этом улучшение качества обслуживания пассажиров в хабах будет достигнуто путем согласования графиков и расписаний движения различных видов транспорта, что выразится, в частности, во введении единого проездного документа [89, 170].

При разработке совмещенных графиков движения поездов необходимо, с одной стороны, оптимизировать время, затрачиваемое на смену транспортных средств. С другой стороны, следует учитывать специфику контингента прибывающих на отдых пассажиров (пожилые люди, пассажиры с маленькими детьми, с ограниченными возможностями) для обеспечения комфортных условий пересадки [170].

На рисунке 3.4 представлен фрагмент взаимосвязанных графиков движения поездов дальнего следования и поездов, осуществляющих движение по магистрали «Адлер-Севастополь». Следует отметить, что для прибывающих на станцию Новороссийск поездов дальнего следования в графике движения поездов по ВСПМ должны быть предусмотрены различные вариации времени на пересадку. Для пассажиров поезда № 820 «Ласточка» назначением Ростов–Новороссийск время пересадки на высокоскоростной поезд, следующий в Геленджик, составляет  $t_{nep}^I = 20$  мин. Это связано с тем, что пассажиры «Ласточек» в целом более «мобильны» и им требуется меньше времени для высадки из вагона (отсутствие спальных мест, затрат времени на сдачу постельных принадлежностей и т.д.) в отличие от «среднего» пассажира поездов дальнего следования. Поэтому для пассажиров, прибывающих на

поезде № 030 Москва–Новороссийск предусматривается увеличенное время на пересадку  $t_{nep}^2 = 30$  мин. [170].

При отправлении поездов дальнего следования со станции Новороссийск подвоз пассажиров со стороны Геленджика осуществляется за 30 минут до отправления ( $t_{nep}^3 = t_{nep}^4 = 30$  мин). [170].

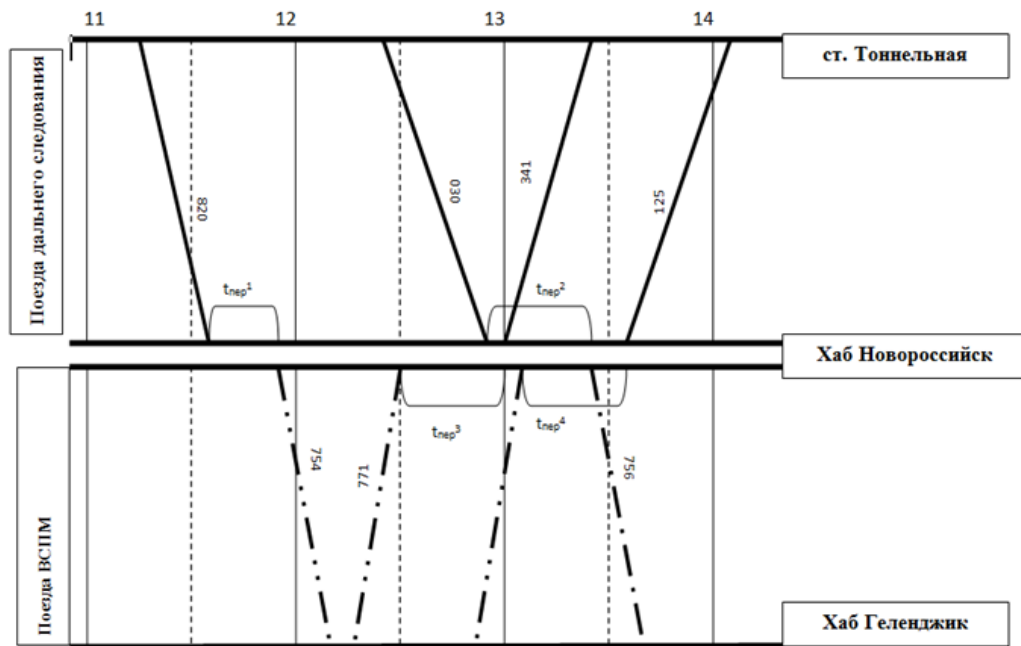


Рисунок 3.4 – Фрагмент взаимосвязанных графиков движения поездов дальнего следования и поездов ВСПМ «Адлер-Севастополь» [170]

Особенностью разработанного графика движения поездов по ВСПМ «Адлер-Севастополь» является адресность назначаемых маршрутов следования. Главное преимущество такого графика движения заключается в том, что имеются возможности для гибкой отмены или назначения ниток движения высокоскоростных пассажирских поездов в зависимости от различных факторов, таких как сезон года, расписание движения других видов транспорта, запланированные экскурсионные и туристические программы [170].

Клиентоориентированный подход к управлению движением на высокоскоростной магистрали в МЛТСПП позволяет повысить лояльность клиентов железнодорожного транспорта.

Базовые потребности пассажиров (безопасность, обеспеченность и своевременность доставки) находятся в центре внимания железнодорожной отрасли и получают более качественное удовлетворение в результате межвидовой транспортной конкуренции. Современные пассажиры помимо выполнения указанных требований ожидают обслуживания «от двери до двери» (удобства в покупке билетов и сопутствующих услуг, бесшовности функционирования транспортной системы при мультимодальных перевозках, в перспективе – предоставления основных и смежных услуг по поездке через «одно окно»). Все более развивается цифровизация пути пассажира и персонализация в работе всех сопутствующих сервисов [170].

Приведем решение задачи оптимизации вместимости поездов, осуществляющих движение по магистрали «Адлер-Севастополь», в ситуации с Новороссийским хабом. Излагаемая ниже схема расчета, разумеется, может быть подвергнута корректировке, детализирована или развита с учетом других показателей, которые принимаются во внимание, или какой-либо дополнительной информации [170].

Начнем с известной статистики [87, 88], согласно которой среди прибывающих в Новороссийск на поездах дальнего следования пассажиров 27 % затем направляются в Геленджик, 10 % – в Дивноморск, 2% – в Бетту и Крилицу и 2% – в Архипо-Осиповку. Если рассчитывать на эффективность проводимой ОАО «РЖД» работы по закреплению лояльности своих пассажиров, то далее естественно исходить из того, что около 40% от всех прибывающих на поездах дальнего следования в Новороссийск воспользуются далее услугами магистрали «Адлер-Севастополь». Заметим, что, кроме указанного субъективного фактора, для такого прогноза имеется ряд объективных причин: предельно быстрая, недорогая и осуществляемая в комфортабельных

условиях доставка пассажира к запланированному месту пребывания на отдыхе [170].

Среди поездов дальнего следования рассмотрим фирменный поезд № 030 («Премиум» из Москвы), который прибывает в Новороссийск в 12 ч. 55 мин. Высадка из него составляет в среднем 401 пассажир. В соответствии с проанализированной выше статистикой можно предполагать, что из них 164 пассажира поедут далее в Геленджик, воспользовавшись услугами магистрали. Для этого в расписании «Адлер-Севастополь» предусмотрен поезд № 756, который отправляется из Новороссийска в 13ч. 25мин. (Из Севастополя этот поезд отправляется в 11ч. 05мин.) [170].

Если для планируемой вместимости поезда в качестве примера взять проект ВСМ Москва–Казань, то на первом (пробном) этапе формирования поездов «Адлер-Севастополь» можно предложить композицию состава из 6 вагонов следующего вида: 1 вагон 1-го класса (бизнес-класса) – 48 мест; 4 туристических вагона – по 85 мест; 1 вагон-ресторан (бистро) – 40 мест [170].

Таким образом, в поезде № 756 останутся 224 места, относительно которых будем предполагать, что их занятость осуществляется достаточно случайным образом [170].

Воспользуемся приведенной в [5] имеющей весьма общий характер статистикой населенности пассажирских поездов, применив ее к рассматриваемую в настоящей работе ситуации. Полагая значение «номинальной» вместимости  $m_c$  рассматриваемого высокоскоростного поезда равным 224, получим статистический ряд выборки значений населенности поезда (случайной величины  $\xi_d$ ), который приведен в таблице 3.18 и на рисунке 3.5 [170].

Статистический ряд выборки значений населенности поезда [170]

$\xi_d^{(k)}$	135	143	152	161	170	179
$\omega_k$	0	0,00625	0,01875	0,03125	0,0375	0,0625
$\xi_d^{(k)}$	188	197	206	215	224	233
$\omega_k$	0,0875	0,1125	0,19375	0,25	0,16875	0,03125

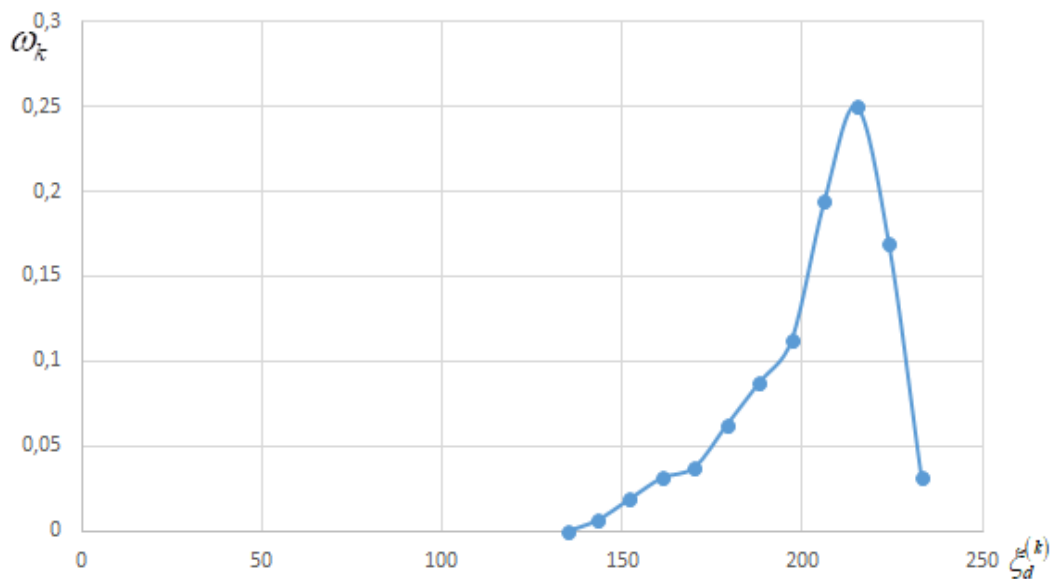


Рисунок 3.5 – График выборки значений населенности поезда

Расстояние между хабами в Новороссийске и в Геленджике составит около 27 км. Принимая в качестве максимального тарифа перевозки 10 руб./км, получим стоимость проезда равную  $C_1 = 270$  руб./чел. Исходя из оценок в [72], в нашем случае получаем, что  $C_2 = 320$  руб./чел. [170].

В табл. 3.19 приведены последовательные результаты расчетов, выполненных системой компьютерной математики *Maxima (Free Ware)*, в процессе минимизации значений функции  $\Gamma(m)$ . Оптимальное значение населенности поезда  $m_o$  при указанных выше стоимостных показателях оказалась равным 206 [170]. При этом максимальные издержки при избытке или недостатке мест в поезде равны 21982 руб., сокращение издержек составляет 80,7 %



Для сравнения в табл. 3.20 приведены результаты, соответствующие тарифу перевозки равному 5 руб./км.

Таблица 3.19

Нахождение оптимальной населенности подвижного состава (при тарифе 10 руб./км) [170]

№	$m$	$\Gamma(m)$ руб.
1	135	21982,00000
2	143	19422,00000
3	152	16575,18750
4	161	13827,93750
5	170	11246,62500
6	179	8864,437500
7	188	6814,125000
8	197	5228,437500
9	206	4240,125000

Таблица 3.20

Нахождение оптимальной населенности подвижного состава (при тарифе 5 руб./км)

№	$m$	$\Gamma(m)$
1	135	21982,00000
2	143	19422,00000
3	152	16567,59375
4	161	13789,96875
5	170	11140,31250
6	179	8644,218750
7	188	6404,062500
8	197	4522,218750
9	206	3101,062500
10	215	2473,312500

Найденные программой оптимальные значения населенности поезда позволяют минимизировать (выражаемые в рублях) неизбежные риски рассматриваемых пассажирских перевозок [170].

Определение затрат времени пассажира на передвижение в стоимостном выражении возможно с помощью критерия «стоимость пассажиро-часа» [7, 85].

Для экономического обоснования сокращения времени в пути следования в результате уменьшения времени ожидания подвижного состава определим стоимость пассажиро-часа времени пассажира:

$$C_{п-ч} = \frac{0,5 \cdot Z}{166}, \text{ руб.}$$

где  $Z$  – средняя заработная плата (для определения средневзвешенной стоимости 1-го пассажиро-часа в расчете применяются заработные платы высококвалифицированных специалистов, средние заработные платы);

166 – количество рабочих часов в месяце.

Исходя из стоимости пассажиро-часа, можно определить эффект от сокращения времени ожидания поездов по формуле:

$$\mathcal{E}_{вр.дв} = N \cdot t_{сокp} \cdot C_{п-ч}, \text{ руб.}$$

где  $N$  – количество перевезенных пассажиров за год, чел;

$t_{сокp}$  – сокращение времени ожидания поезда, час.;

$C_{п-ч}$  – средневзвешенная стоимость 1-го пассажиро-часа.

В результате сокращения времени в пути, обусловленном уменьшением затрат времени на ожидание подвижного состава в среднем на 1 час экономический эффект составит:  $\mathcal{E}_{вр.дв} = 66967$  руб./рейс.

Одним из ключевых рисков в железнодорожной пассажирской отрасли является неэффективное использование подвижного состава. С одной стороны пассажирской компании не выгодно даже одно свободное место в подвижном составе, но, с другой стороны, существует риск потери лояльных клиентов вследствие неудовлетворенного спроса из-за полного заполнения

подвижного состава. Согласно исследованию Ф.Ф. Райхельда [140], с экономической точки зрения, понятие лояльность заключается в следующем:

- на привлечение новых клиентов уходит в 5 раз больше ресурсов, чем на удержание имеющихся;

- прирост лояльных клиентов на 5 % позволит увеличить прибыль на 25-50 %.

Экономический смысл данной задачи заключается в минимизации математического ожидания издержек при избытке или недостатке свободных мест в поезде. В результате было найдено значение максимально допустимой населенности поезда, при которой риск потери лояльности клиентов минимален.

Построенная теоретико-вероятностная модель населенности поездов позволяет минимизировать риски, возникающие при планировании их вместимости.

В рамках эгалитарного подхода одновременно учитываются интересы перевозчика и пассажиров, как в материальном, так и в моральном отношении. Реализованный в среде системы компьютерной математики оптимизационный алгоритм дает возможности для корректировки вместимости поездов в оперативном режиме [170].

### **3.4 Выводы по главе**

В проведенном исследовании рассмотрен механизм реализации методики обоснования необходимого числа пассажирских транспортных хабов. Полученная многофакторная модель отражает степень влияния каждого из рассматриваемых факторов на результирующий параметр, в данном случае оптимальное число транспортных хабов в регионе.

Произведена оценка степени воздействия приоритетов критериев на выбор оптимального вида транспорта. Решение многокритериальной задачи методом анализа иерархий позволяет рационализировать выбор пассажир-

ского транспорта в различных условиях поездки с учетом требований различных групп пассажиров, а также способствует принятию решения выбора наиболее приоритетных направлений развития МЛТСПП на основе хабовой модели.

С точки зрения оптимизации подхода к оценке эффективности управления перевозочным процессом предложено применение принципов эгалитаризма при сопоставлении интересов транспортной компании и пассажиров. При этом обоснован выбор высокоскоростного железнодорожного транспорта в качестве доминирующего в условиях реализации хабовой модели организации перевозок.

Полное обеспечение спроса на перевозки при условии минимизации затрат на их осуществление является основным критерием оптимальной структуры подвижного состава. В результате было найдено значение максимально допустимой населенности поезда, при которой риск потери лояльности клиентов минимален. Произведена апробация результатов теоретического исследования в области обоснования вариантов рационального заполнения пассажирского подвижного состава. Определено, что разработанная теоретико-вероятностная модель определения оптимальной населенности подвижного состава позволяет свести к минимуму риски, возникающие при планировании их вместимости (возможность сократить издержки при избытке или недостатке свободных мест в подвижном составе на 80,7 % или 17742 руб./рейс).

Для экономического обоснования сокращения времени в пути следования в результате уменьшения времени ожидания подвижного состава определим стоимость пассажира-часа времени пассажира. В результате сокращения времени в пути, обусловленном уменьшением затрат времени на ожидание подвижного состава в среднем на 1 час экономический эффект составит:  $\mathcal{E}_{\text{вр.дв}} = 66967$  руб./рейс.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенного анализа и выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Выполнен анализ трендов повышения эффективности планирования и организации логистических цепей пассажиропотоков на основе анализа отечественного и зарубежного опыта. Произведена оценка конкурентоспособности предприятий видов транспорта в формировании мультимодальной логистической системы для обеспечения мобильности населения.

2. Для эффективного развития мультимодальной логистической транспортной системы пассажирских перевозок в диссертационном исследовании определены перспективные варианты развития транспортной инфраструктуры, позволяющие реализовать качественно новый уровень транспортного обслуживания населения при условии рационального взаимодействия всех видов транспорта. Обоснована необходимость реализации хабовой модели организации пассажирских перевозок, которая предусматривает совместное функционирование различных видов транспорта в рамках мультимодальных систем с учетом реализации проектов развития высокоскоростного движения.

3. Разработана многофакторная модель развития логистических цепей организации пассажиропотоков на базе развития транспортной инфраструктуры, определения числа и расположения транспортно-пересадочных узлов в регионе. Полученная модель отражает степень влияния каждого из рассматриваемых факторов на результирующий параметр, в данном случае оптимальное число транспортных хабов в регионе.

4. Сформирован авторский алгоритм многокритериального подхода к определению вариантов местоположения пассажирских хабов и пролегания региональной высокоскоростной железнодорожной магистрали.

5. Разработана модель повышения мобильности населения на основе иерархической композиции приоритетов с учетом целей поездки при выборе оптимального вида транспорта. Произведена оценка степени воздействия приоритетов критериев на выбор оптимального вида транспорта. Предложенное решение многокритериальной задачи методом анализа иерархий позволяет рационализировать выбор пассажирского транспорта в различных условиях поездки с учетом требований различных групп пассажиров, а также способствует принятию решения выбора наиболее приоритетных направлений развития МЛТСПП на основе хабовой модели.

6. На основе анализа распределения пассажиропотоков в МЛТСПП выполнен поиск решения оптимизационной задачи рационализации вместимости пассажирского подвижного состава. В результате было найдено значение максимально допустимой населенности поезда, при которой риск потери лояльности клиентов минимален. Произведена апробация результатов теоретического исследования в области обоснования вариантов рационального заполнения пассажирского подвижного состава. Построенная теоретико-вероятностная модель населенности поездов позволяет минимизировать риски, возникающие при планировании их вместимости (возможность сократить издержки при избытке или недостатке свободных мест в подвижном составе на 80,7 % или 17742 руб./рейс).

Для экономического обоснования сокращения времени в пути следования в результате уменьшения времени ожидания подвижного состава определена стоимость пассажиро-часа времени пассажира. В результате сокращения времени в пути, обусловленном уменьшением затрат времени на ожидание подвижного состава в среднем на 1 час экономический эффект составит 66967 руб./рейс.

#### **Рекомендации и перспективы дальнейших исследований по теме:**

Теоретические и методологические исследования, выполненные в диссертационной работе могут являться научной основой для изучения вариантов развития региональных пассажирских транспортных систем. Применение

оптимизационных математических моделей позволит определять критерии эффективности функционирования видов транспорта в рамках интермодальных транспортных систем. Перспективами дальнейшей разработки темы исследования является использование результатов диссертационной работы применительно к организации подвоза пассажиров к крупным аэропортам, а также обеспечение ведущей роли железнодорожного транспорта в осуществлении интермодальных перевозок на основе принципов логистики.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абрамов, А.П. Маркетинг на транспорте. / А.П. Абрамов, В.Г. Галабурда, Е.А. Иванова // Под общей редакцией д-ра экон. наук, проф. В.Г. Галабурды. Учебник для вузов. М.: Желдориздат, 2001. – 329 с.
2. Азаренкова, З.В. Высокоскоростные пригородно-городские сообщения: Учеб. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 2003. – 224 с.
3. Акопов А.Г. Организация смешанных перевозок между Крымским федеральным округом и материковой частью России / А.Г. Акопов, И.Н. Егорова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 4. – С. 7-9.
4. Аксенов, И.М. Системность в маркетинге пассажирских перевозок / И.М. Аксенов, Е.Н. Разумова // Мир транспорта. – 2013. – Т. 11. – № 2 (46). – С. 24-29.
5. Акулиничев, В.М. Математические методы в эксплуатации железных дорог: Учебник для студентов Вузов [Текст] / В.М. Акулиничев, В.А. Кудрявцев, А.И. Корешков. – М.: Транспорт, 1981. – 223с.
6. АО «Северо-Кавказская пригородная пассажирская компания» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://skppk.ru/> (дата обращения 12.12.2021).
7. Беленький, М.Н. Экономика и планирование эксплуатационной работы на железнодорожном транспорте Учеб. для техникумов ж.-д. трансп. / М.Н. Беленький, Н.И. Силаев. – М.: Транспорт, 1986. – 215 с.
8. Богачев, В.А. Новые Джунгарские Ворота для вакуумного магнитолевитационного коридора: историческая необходимость/В.А. Богачев, Ю.А. Терентьев, В.В. Коледов, Т.В. Богачев // Транспортные системы и технологии. – 2019. – Т 5. – № 3. – С. 36–44.
9. Боровикова, М.С. Организация высокоскоростного движения на железных дорогах Российской Федерации [Текст] : учебное пособие для инженерно-технических работников и слушателей структурных образователь-



ных подразделений железных дорог / М.С. Боровикова, А.В. Ширяев, О.И. Ваганова. – М.: Автограф, 2013. – 63 с.

10. Боцвин, Д.В. Организация перевозочного процесса на высокоскоростной железнодорожной магистрали / Д.В. Боцвин // Вестник РГУПС. – Ростов н/Д.: РГУПС, 2015. – №3. – С. 57-63.

11. Бочкарева, М.М. Методика оценки качества обслуживания пассажиров общественным транспортом / М.М. Бочкарева, В.А. Гудков, Н.В. Дулина, Н.А. Овчар // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2007. – Т. 2. – № 8 (34). – С. 91-94.

12. Бутт, С.В. Роль транспортной системы в развитии туристско-рекреационного комплекса Юга России / С.В. Бутт, Л.М. Кудинова, Е.В. Мысливка, В.П. Рябошапко // Известия Дагестанского педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2011. – № 2(15). – С. 93-96.

13. Бутыркин, А.Я. Пассажирский железнодорожный комплекс России: современное состояние и перспективы развития / А.Я. Бутыркин, В.И. Михайлов // Вестник экономической интеграции. – 2021. – №5. – С. 56-64.

14. Вагнер, Г. Основы исследования операций. / Г. Вагнер // Пер. с англ. В.Я. Алтаева. – М.: Мир, 1973. Т.2 – 486 с.

15. Вакуленко, С.П. Анализ организации высокоскоростного движения на железных дорогах мира / С.П. Вакуленко, П.В. Куренков, О.И. Каплина, М.В. Кизимиров, Е.В. Поляева, С.А. Филипченко // Монография. М.: МГУПС, 2015. – 530 с.

16. Вакуленко, С.П. Интермодальные перевозки в пассажирском сообщении с участием железнодорожного транспорта: учеб. пособие / С.П. Вакуленко и др.; под ред. С.П. Вакуленко. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 263 с.

17. Вакуленко С.П. Полимодальная логистика: вчера, сегодня, завтра / С.П. Вакуленко, Ю.О. Пазойский, П.В. Куренков // В сборнике: Академик Владимир Николаевич Образцов – основоположник транспортной науки.

труды международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию университета. М.: 2021. – С. 457-467.

18. Власов, Д.Н. Приоритетные направления развития системы транспортно-пересадочных узлов агломерации. / Д.Н. Власов // Academia. Архитектура и строительство. – 2013. – № 3. – С. 86-89.

19. Власов Д.Н. Транспортно-пересадочные узлы крупнейшего города (на примере Москвы). / Д.Н. Власов // Монография – М: Изд-во АСВ, 2009. – 96 с.

20. Возрождение пассажирских перевозок в Новой Зеландии. Железные дороги мира. – 2015. – №8. – С. 11-14.

21. Высокоскоростная линия в Саудовской Аравии. Железные дороги мира. – 2015. – №5. – С. 11-12.

22. Высокоскоростная Казань. Хотят ли граждане очередной мегапроект. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.hsrail.ru/smi/978.html> (дата обращения 12.12.2021).

23. Галабурда, В.Г. Транспортный маркетинг: учебник / В.Г. Галабурда, Г.В. Бубнова, Е.А. Иванова и др.; под ред. В.Г. Галабурды. – Изд. перераб. и доп. – М.: ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 452 с.

24. Голоскоков, В. Н. Инновационная логистика в реформировании и развитии сферы услуг пассажирского железнодорожного транспорта : дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05 / Голоскоков Владимир Николаевич. – Ростов-Н/Д, 2008. – 377 с.

25. Государственная программа «Развитие транспортной системы». Утв. постановлением Правительства от 20 декабря 2017. № 1596 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/71843998/> (дата обращения 19.09.2021).

26. Губанова, А.А. График гибкого регулирования тарифов на поезда дальнего следования / А.А. Губанова // Экономика железных дорог. – 2013. – №3. – С.53-61.

27. Губанова, А.А. Повышение конкурентоспособности предприятий транспортной отрасли на основе развития инновационной деятельности : на примере ОАО «ФПК» : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / А. А. Губанова. – М. : Рос. экон. академия им. Г. В. Плеханова, 2012. – 187 с.

28. Гура, Г.С. Причерноморье – емкий инновационный полигон развития транспортной сети России в XXI веке / Г.С. Гура, Г.И. Гура // Вестник РГУПС. – 2004. – № 2. – С. 64-71.

29. Динамика высокоскоростных перевозок в Китае. Железные дороги мира. – 2015. – №3. – С. 11-16.

30. Доклад о реализации в 2019 году плана деятельности Министерства транспорта Российской Федерации на 2019 - 2024 годы. М.: 2019. – 128 с.

31. Евреенова, Н.Ю. Выбор параметров транспортно-пересадочных узлов, формируемых с участием железнодорожного транспорта: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Евреенова Надежда Юрьевна. – Москва, 2015. – 197 с.

32. Евреенова, Н.Ю. Моделирование функционирования транспортно-пересадочного узла / Н.Ю. Евреенова // Мир транспорта. – 2014. – Т. 12. – № 5 (54). – С. 170-176.

33. Евреенова, Н.Ю. Моделирование пассажиропотоков в транспортно-пересадочных узлах / Н.Ю. Евреенова // Труды Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития транспорта»: в 2 т. – М.: МИИТ, 2013. – Т. 2. – С. 95–102.

34. Егорова, И.Н. Анализ мероприятий, направленных на совершенствование тарифной политики Северо-Кавказского филиала ОАО «ФПК» / И.Н. Егорова, О.Н. Мелешко // Альманах мировой науки. – 2015. – № 1-1 (1). – С. 82-84.

35. Егорова, И.Н. Анализ пассажирских перевозок на направлении Санкт-Петербург-Кисловодск / И.Н. Егорова, О.Н. Мелешко // Наука и образование в XXI веке: Сборник научных трудов по материалам Международ.науч.-практ. конф. 30 июня 2015 г. – М.: АР-Консалт, 2015. – С. 38-40.

36. Егорова, И.Н. Анализ транспортного обслуживания пассажиров в ростовском транспортном узле / И.Н. Егорова, О.Н. Мелешко // Развитие науки и образования в современном мире: Сборник научных трудов по материалам Международ.науч.-практ. конф. 31 марта 2015 г. – М.: АР-Консалт, 2015. – С.7-9.

37. Егорова, И.Н. Анализ удовлетворенности пассажиров путешествием в поезде на примере Северо-Кавказского филиала ОАО «ФПК» / И.Н. Егорова, О.Н. Мелешко // Современные тенденции в науке и образовании: Сборник научных трудов по материалам Международ.науч.-практ. конф. 3 марта 2014 г. В 6 частях. Часть II. – М.: АР-Консалт, 2014. – С.121-124.

38. Егорова, И.Н. Влияние социально-экономических показателей на прогнозный объем железнодорожных пассажирских перевозок / И. Н. Егорова, В.Н. Зубков // Вестник РГУПС. – 2019. – № 2. – С. 90–97.

39. Егорова, И.Н. Зарубежный опыт повышения эффективности пассажирских перевозок / И.Н. Егорова // Альманах мировой науки. –2015. – № 3-1 (3). – С. 77-79.

40. Егорова, И.Н. Инновационный подход к развитию пассажирской транспортной инфраструктуры юга России / И.Н. Егорова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – Т. 65. – № 1. – С. 84–92.

41. Егорова, И.Н. К вопросу о развитии транспортно-пересадочных узлов / И.Н. Егорова, В.Н. Зубков // Альманах мировой науки. – 2016. – № 3-1 (6). – С. 84-90.

42. Егорова, И.Н. Критерии выбора вида транспорта пассажирами на основе иерархической композиции приоритетов / И.Н. Егорова // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2020. – №3. – С. 51-55.

43. Егорова, И.Н. Критерии эффективности функционирования региональной пассажирской транспортной системы / И. Н. Егорова // В сборнике: Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. Материалы V Все-

российской научно-практической конференции. – Самара. – 2023. – С. 255-259.

44. Егорова, И.Н. Маркетинговые исследования удовлетворенности пассажиров качеством обслуживания на вокзале Ростов-Главный / И.Н. Егорова, О.Н. Мелешко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 4. – С. 31-33.

45. Егорова, И.Н. Метод корреляционно-регрессионного анализа в оценке конкурентоспособности пассажирских железнодорожных перевозок / И. Н. Егорова, А.С. Кравец // Наука и образование транспорту. – 2019. – № 1. – С. 137-140.

46. Егорова, И.Н. Меры по совершенствованию обследования пассажиропотоков на основных направлениях сети / И.Н. Егорова, О.Н. Мелешко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Сборник научных трудов. Рост. гос. ун-т. путей сообщения. Ростов н/Д. – 2018. – Том 1. – С. 190-193.

47. Егорова, И.Н. Перспективы развития транспортной системы региона / И.Н. Егорова // Перспективы интеграционных процессов и поиск инновационных решений. Сборник статей международной научной конференции. – Санкт-Петербург. – 2023. – С. 5-6.

48. Егорова И.Н. Перспективы развития транспортного туризма в южном регионе / И.Н. Егорова, О.Н. Мелешко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Ростов н/Д: РГУПС, 2017. – Том 1.– С. 29-32.

49. Егорова, И.Н. Повышение мобильности населения в региональной логистической транспортной системе (на примере юга России) / И.Н. Егорова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1. – С. 55–62.

50. Егорова И.Н. Повышение привлекательности железнодорожного транспорта на направлениях, конкурирующих с автотранспортом / И.Н. Его-

рова, О.Н. Мелешко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 2. – С. 31-35.

51. Егорова, И.Н. Повышение эффективности обслуживания пассажиров дневными поездами / И.Н. Егорова // В сборнике: Развитие науки и образования в современном мире. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 2 частях. – М.: АР-Консалт, 2017. – С. 44-46.

52. Егорова, И.Н. Повышение эффективности пригородных пассажирских перевозок в южном регионе / И.Н. Егорова // Транспорт: наука, образование, производство. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Ростов н/Д: РГУПС, 2020. – С. 32-35.

53. Егорова, И.Н. Повышение эффективности работы пассажирского комплекса на базе внедрения системы управления доходностью / И.Н. Егорова, О.Н. Мелешко // В сборнике: Наука, образование, общество: тенденции и перспективы: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 5 частях. – М.: АР-Консалт, 2014. – С. 42-43.

54. Егорова, И.Н. Повышение эффективности транспортного обслуживания населения на основе использования интермодальных транспортных систем / И.Н. Егорова, В.Н. Зубков, О.Н. Мелешко // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – Ростов-н/Д. – 2015. – №4. – С. 139.

55. Егорова, И.Н. Применение интермодальных транспортных систем в пригородных перевозках / И.Н. Егорова, О.Н. Мелешко // сборнике: Наука и образование в XXI веке. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 3 частях. – М.: АР-Консалт, 2015. – С. 36-38.

56. Егорова, И.Н. Проблемы и перспективы развития высокоскоростного движения в России / И.Н. Егорова // В сборнике: Транспорт-2011. Труды Всероссийской научно-практической конференции. В 3-х частях. – Ростов-н/Д.: РГУПС, 2011. – С. 240-242.

57. Егорова, И.Н. Прогнозирование пассажирских перевозок дальнего следования / И.Н. Егорова, Е.Г. Парлюк // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2011. – № 3 – С.24-28.

58. Егорова, И.Н. Развитие подвижного состава пассажирского комплекса на примере Северо-Кавказского филиала АО «ФПК» / И.Н. Егорова // Альманах мировой науки. – 2017. – № 1-1 (16). – С. 52-55.

59. Егорова, И.Н. Совершенствование механизма управления каналами продаж ОАО «ФПК» / И.Н. Егорова, О.Н. Мелешко // Современные тенденции в науке и образовании: Сборник научных трудов по материалам Международ.науч.-практ. конф. 28 февраля 2015 г. – М.: АР-Консалт, 2015. – С.7-9.

60. Егорова, И.Н. Совершенствование обслуживания пассажиров на направлении Москва-Новороссийск / И.Н. Егорова // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Наука, образование, общество: современные вызовы и перспективы» 28 июня 2013 г. Ч 2. Мин-во обр. и науки. – М.: Буки Веди, 2013. – С. 21–23.

61. Егорова, И.Н. Способы повышения конкурентной способности пассажирских железнодорожных перевозок. / И.Н. Егорова // В сборнике: Транспорт-2011. Труды Всероссийской научно-практической конференции. В 3-х частях. – Ростов н/Д: РГУПС, 2011. – С. 243-245.

62. Егорова, И.Н. Состояние и перспективы развития пригородных перевозок на примере ОАО «Северо-Кавказская пригородная пассажирская компания» / И.Н. Егорова, О.Н. Мелешко // Актуальные проблемы развития науки и образования: Сборник научных трудов по материалам Международ.науч.-практ. конф. 5 мая 2014 г. В 7 частях. Часть III. – М.: АР-Консалт, 2014. – С.109-112.

63. Егорова, И.Н. Сравнительный конкурентный анализ деятельности железнодорожного и других видов транспорта на рынке пассажирских перевозок / И.Н. Егорова // Развитие науки и образования в современном мире:

сб. науч. трудов по материалам Междунар. науч.-практич. конференции 31 мая 2018 г. – М. : АР-Консалт, 2018. – С. 51-54.

64. Егорова, И.Н. Управление качеством предоставляемых услуг на вокзалах Северо-Кавказского филиала ОАО «ФПК»/ И.Н. Егорова, О.Н. Мелешко, Е.А. Сергеева // Альманах мировой науки. –2015. – № 3-1 (3). – С. 74-76.

65. Егорова, И.Н. Цифровые информационные технологии - основа инновационного обслуживания пассажиров различными видами транспорта / И. Н. Егорова // Научный взгляд в будущее. – 2019. – Т. 1. – № 13. – С. 97-103.

66. Егорова, И.Н. Эффективность использования подвижного состава на основе совершенствования мер оперативного регулирования / И.Н. Егорова, Е.Г. Парлюк // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения – 2014. – № 2(27). – С.33-38.

67. Елизарьев, Ю.В. Основные направления совершенствования государственного регулирования пассажирских перевозок в дальнем следовании на железнодорожном транспорте / Ю.В. Елизарьев, О.В. Каверин // Экономика железных дорог. – 2011. – №4. – С. 46-54

68. Елисеева, И.И. Общая теория статистики: Учебник / И.И. Елисеева, М.М. Юзбашев / Под ред. чл.-корр. РАН И.И. Елисеевой. - 4-е изд., перераб. и доп, – М.: Финансы и статистика, 2002. – 480 с.

69. Железнов, Д.В. Определение необходимого количества транспортно-пересадочных узлов в городах России / Д. В. Железнов, С. А. Леонова // Вестн. транспорта Поволжья. – Самара : САМГУПС, 2017. – № 4 (64). – С. 53-59.

70. Железнодорожные пассажирские перевозки / Г. В. Верховых, А. А. Зайцев, А. Г. Котенко и др.; под ред. Г. В. Верховых. – СПб.: Паллада-медиа, 2012. – 520 с.



71. Захаров, В.Р. Транспортно-пересадочные узлы в системе многофункционального обслуживания пассажиров [текст]: монография / В.Р. Захаров. – М.: ГУУ, 2008. – 103 с.

72. Звонков В.В. Великие стройки коммунизма и транспорт. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 94 с.

73. Зубков, В.Н. Меры по согласованному продвижению вагонопотоков к портам Азово-Черноморского бассейна в условиях развития элементов технико-технологической модели управления перевозочным процессом / В. Н. Зубков, А. Г. Черняев, Е. А. Чеботарева, И. Н. Егорова, И Д. Долгий // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 35–44.

74. Зубков, В.Н. О развитии пассажирских перевозок в условиях структурной реформы на железнодорожном транспорте / В.Н. Зубков, Е.Г. Парлюк // Труды Международной научно-практической конференции. – М.: АР-Консалт, 2015. – С.26-31

75. Зубков, В.Н. Развитие логистического взаимодействия в системе «железная дорога-городской пассажирский транспорт» / В.Н. Зубков, Е.Г. Парлюк // Труды Международной научно-практической конференции 2014 г. Часть III. –М.: АР-Консалт, – 2014 – С.29-31.

76. Зубков, В.Н. Развитие скоростного движения пассажирских поездов на направлении центр-юг России / В.Н. Зубков, И.Н. Егорова // Сборник научных трудов «Транспорт: наука, образование, производство», Том 1. Технические науки. Ростов-н/Д.: РГУПС, 2019. – С. 34-38.

77. Иловайский, Н.Д. Сервис на транспорте (железнодорожном): учебник / Н.Д. Иловайский, А.Н. Киселёв. М.: УМЦ ЖДТ, 2003. – 585 с.

78. Кабашкин, И. Транспортные задачи в решении логистических проблем городской агломерации / И. Кабашкин, А. Панков, И. Яцкив // Транспорт. Экспедирование и логистика – М.: ВИНТИ. – 2003. – № 4. – С. 15-17.

79. Каликина Т.Н. Оптимизация построения графика оборота пассажирских составов в железнодорожных узлах: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Каликина Татьяна Николаевна. – Москва, 2002. – 192 с.
80. Кантор, И.И. Высокоскоростные железнодорожные магистрали / И.И. Кантор // Учебное пособие для студентов ж.-д. трансп. – М.: Маршрут, 2004. – 51 с.
81. Киселев, И.П. Высокоскоростные железные дороги. / И.П. Киселев, Е.А. Сотников, В.С. Суходоев. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2001. – 60 с.
82. Китанина К.В. Региональные аспекты в организации железнодорожных пассажирских перевозок / К.В. Китанина, Т.Н. Каликина // Транспортное дело России. – 2016. – № 5. – С. 130-134.
83. Клочков, В.В. Прогнозирование экономической эффективности создания новых видов скоростного пассажирского транспорта / В.В. Клочков, М.В. Нижник, А.Л. Русанова // Проблемы прогнозирования. – 2009. – №3. – С. 58-76.
84. Ковалева Н.А. Пространственно-технологическое развитие городских пассажирских транспортных систем: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Ковалева Наталья Александровна. – Ростов-на-Дону, 2015. – 140 с.
85. Кожевникова И.А. Стоимость 1 пассажиро-часа как важный критерий выбора эффективного маршрута доставки пассажира / И.А. Кожевникова // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности). – 2015. – № 8 (8). – С.147-152.
86. Комаров, Л.К. Динамическое ценообразование и управление доходностью пассажирских перевозок. / Л.К. Комаров // Железнодорожный транспорт. – 2010. – №1.- С.27-30.
87. Комплексное развитие транспортной инфраструктуры городского округа муниципального образования город Новороссийск на 2017-2030 годы. Утв. решением городской Думы муниципального образования город Новороссийск Краснодарского края от 24 октября 2017 г. № 235. [Электронный

ресурс]. – Режим доступа:  
<https://www.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc;base=RLAW177;n=67095#9Zq1PnToBuXsL2L81> (дата обращения 12.12.2021)

88. Концепция развития санаторно-курортного и туристского комплекса Краснодарского края до 2030 года, Краснодар, 2017. – 83 с.

89. Копылова Е.В. Организация работы интермодальных транспортных систем для обслуживания пригородных пассажиропотоков в периоды предоставления «окон»: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Копылова Екатерина Витальевна. – Москва, 2006. – 253 с.

90. Кочетов И. В. Железнодорожная статистика / И.В. Кочетов // Учебное пособие. 2-е изд. – М., Государственное транспортное железнодорожное издательство, 1953. – 303 с.

91. Кочнев, Ф.П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1980. – 496 с.

92. Красковский, А. Е. Прорывные управленческие технологии на железнодорожном транспорте / А. Е. Красковский, В. В. Фортунатов. – СПб.: Петерб. гос. ун-т путей сообщения; М.: Учеб.-метод. центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2012. – 340 с.

93. Ламбен, Ж.Ж. Стратегический маркетинг / Ж.Ж. Ламбен // Европейская перспектива. Пер. с французского. – СПб. : Наука, 1996. – 589 с.

94. Лapidус, Б.М. Гладкая бесшовная транспортная система – инновационная модель будущего: природа, сущность, детерминанты качества / Б.М. Лapidус, Л.В. Лapidус // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6. Экономика. – 2017. – № 2. – С. 45-64.

95. Лapidус, Б.М. Регионалистика. Учебное пособие для вузов / Б.М. Лapidус, Ф.С. Пехтерев, Е.М. Махлин – Издание 2-е переработанное. – М.: МИИТ, 2010. – 400 с.

96. Лapidус, Б.М. Социально-экономические эффекты высокоскоростного железнодорожного сообщения / Б.М. Лapidус // Экономика железных дорог. – 2013. – №12. – С.58-63.

97. Ларин, О.Н. О перспективах развития транспортных систем крупных городов / О.Н. Ларин, Д.Э. Тарасов // Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы: материалы Международной научно-технической конференции, Брест, 25-28 мая 2016 года / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет; редкол.: В. А. Головки [и др.]. – Брест: БрГТУ, 2016. – С. 154-157.

98. Ларин, О.Н. Инновационная высокоскоростная транспортная система / О.Н. Ларин, А.В. Боков // В сборнике: Информационные технологии и инновации на транспорте. Материалы VII Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Орел, – 2021. – С. 124-130.

99. Левда, Н.М. Модели прогнозирования транспортной подвижности населения пермского края / Н.М. Левда, В.П. Постников // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения – 2013. – № 3. – С.118-124.

100. Левин, Д.Ю. Системное управление перевозочным процессом на железнодорожном транспорте: монография / Д.Ю. Левин. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 313 с.

101. Лифиц, И.М. Формирование и оценка конкурентоспособности товаров и услуг. Учеб. пособие. – М.: Юрайт-Издат, 2010. – 335 с.

102. Макарова, Е.А. Теоретические основы системы выбора факторов, влияющих на транспортную подвижность населения / Е.А. Макарова // Вестн. ВНИИЖТ. – 2006. – № 2. – С. 3–8.

103. Макарова, Е.А. Управление пассажирскими перевозками на железных дорогах России с использованием информационных технологий : дис. ... док-ра экон. наук: 08.00.05, 08.00.13 / Макарова Елена Алексеевна. – Москва, 2006. – 353 с.

104. Мамаев, Т.Э. Дальние железнодорожные перевозки в регионе: состояние, оценка и прогнозирование / Т.Э.Мамаев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2006. – №1 (2). – С.61-68.

105. Мамаев, Э.А. Моделирование региональных транспортных систем в условиях конкуренции: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / Мамаев Энвер Агапашаевич. – Москва, 2006. – 348 с.

106. Мамаев, Э.А. К оценке потенциала развития международного транспортного коридора: теоретические аспекты / Э.А. Мамаев, Д.В. Сорокин, И.Д. Долгий // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 4(80). – С. 89-101.

107. Марчук, Б.Е. Управление пассажирскими перевозками на базе системы «Экспресс-3» / Б.Е. Марчук // Железнодорожный транспорт. – 2005. – № 2. – С. 59-61.

108. Медведь, О.А. Назначение пригородных поездов в соответствии с целевой структурой пассажиропотока: автореферат дис. ... кандидата технических наук / Медведь Оксана Анатольевна. – Санкт-Петербург, 2014. – 18 с.

109. Мелешко, О.Н. Использование точек безубыточности для помощи в принятии управленческих решений в пассажирской компании / О.Н. Мелешко, И.А. Солоп // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения – 2008. – № 3 – С.102-106.

110. Миротин, Л.Б. Логистика: общественный пассажирский транспорт. Учебник для студентов экономических вузов / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. – М.: Экзамен, 2003. – 224 с.

111. Мониторинг социально-экономических показателей, влияющих на пассажирский железнодорожный транспорт дальнего следования. – М.: Служба маркетинга и условий перевозок ФПД ОАО «РЖД», 2007. – 81 с.

112. Мулен, Э. Кооперативное принятие решений: Аксиомы и модели: пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 464 с.

113. Муратов, Д.Г. Сферы Реализация проектов высокоскоростного железнодорожного сообщения / Д.Г. Муратов // Железнодорожный транспорт. – 2012. – №7. – С.22-27.

114. Обзор действующих, строящихся и планируемых высокоскоростных линий в мире. – Железные дороги мира. – 2007. – №12. – С. 9-15.

115. Образцов, В.Н. К вопросу комплексной теории транспорта / В.Н. Образцов // Известия СССР. Отделение технических наук. – М.: Наука, 1945. – С.10-11.

116. Общая теория статистики: Статистическая методология в изучении коммерческой деятельности: Учебник / Под ред. О.Э. Башиной, А.А. Спирина. - 5-е изд., доп. И перераб. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 440 с.

117. Организация железнодорожных пассажирских перевозок / А.А. Авдовский, А.С. Бадаев, К.А. Белов и др. под ред В.А. Кудрявцева.-2-е изд. Стер. –М: Издательский центр «Академия», 2008. – 256с.

118. О роли частных пассажирских компаний в Великобритании. – Железные дороги мира. – 2009. – №6. – С.17-21.

119. Осипова, О.Я. Транспортное обслуживание в туризме: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / О.Я. Осипова. – 6-е изд., перераб. – М.: Изд. центр «Академия», 2012. – 400 с.

120. Основы взаимодействия железных дорог с другими видами транспорта : Учеб. для вузов / Под ред. В.В. Повороженко. – М.: Транспорт, 1986. – 215 с.

121. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка экономико-математических моделей оптимизации структуры парка подвижного состава и доходов с учетом развития конкуренции и качества транспортных услуг с реализацией пилотного проекта на линии Санкт- Петербург-Москва. Этап 6. Расчет оптимальных доходов на основе применения адаптированной к рыночным условиям модели оптимизации на линии Санкт-Петербург-Москва». – М.: ВНИИЖТ, 2009. – 168 с.

122. Пазойский, Ю.О. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте (примеры, задачи, модели, методы и решения) [Текст] / Ю.О. Пазойский, В.Г. Шубко, С.П. Вакуленко. – М.: УМЦ ЖДТ, 2009. – 342 с.

123. Пазойский, Ю.О. Повышение эффективности взаимодействия видов пригородного железнодорожного транспорта за счет сооружения ТПУ на

конечных станциях московских центральных диаметров / Ю.О. Пазойский, Н.В. Попова // Наука и техника транспорта. – 2022. – № 2. – С. 50-59.

124. Панова, О.Н. Методологические основы оптимизации параметров системы освоения дальних пассажиропотоков. / О.Н. Панова // Изд. 2-е. – М.: Издательство ЛКИ, 2011. – 160 с.

125. Парлюк, Е.Г. Анализ факторов, влияющих на привлечение пассажиров на железнодорожный транспорт / Е.Г. Парлюк // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения – 2012. – №3. – С.72-79.

126. Парлюк, Е.Г. К вопросу о подготовке железнодорожной инфраструктуры к организации скоростного движения пассажирских поездов / Е.Г. Парлюк // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения – 2014. – № 2(27). – С.94-98.

127. Парлюк, Е.Г. Организация скоростного движения пассажирских поездов на железнодорожном направлении Москва-Адлер / Е.Г. Парлюк // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения – 2012. – №3. – С.79-84.

128. Пархоменко В.А. Организационно-экономический механизм управления пространственно-экономическим развитием территории крупного города. Монография / В.А. Пархоменко, М.Г. Априамашвили // Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар.: Изд. ФГБОУ ВПО «КубГТУ», 2011 – 199 с.

129. Пассажиропоток в России: что это, транспорт, статистика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosinfostat.ru/passazhirooborot/> (дата обращения 12.12.2021).

130. Пассажиропоток ж/д вокзалов юга страны в 2021 году вырос в два раза. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zhdvokzaly.ru/novosti/passazhiropotok-zh-d-vokzalov-yuga-strany-v-2021-godu-vyros-v-dva-raza/> (дата обращения 12.12.2021).

131. Персианов, В.А. Системный подход и его применение в экономических исследованиях на транспорте / В.А. Персианов, Т.Н. Сакульева // Вестник транспорта. – 2014. – № 9. – С. 2–3.

132. Персианов, В.А. Моделирование транспортных систем / В.А. Персианов, К.Ю. Скалов, Н.С. Усков. – М. : Транспорт, 1972. – 208 с.
133. Покровская, О.Д. Реконструкция железнодорожной станции в условиях изменения конъюнктуры пассажирских перевозок/ О.Д. Покровская, А.Н. Илларионова // Бюллетень результатов научных исследований. – 2021. – Вып. 2. – С. 82–106.
134. Покровская, О.Д. Цифровизация, автоматизация, идентификация и маркировка логистических объектов для решения задач клиентоориентированности / О.Д. Покровская // Мир транспорта. – 2019– №17(4) – С.112-135.
135. Портер, М. Конкурентное преимущество: Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость / М. Портер // М.:«Альпина Паблицер», 2008. –720 с.
136. Постников, В.П. Модели прогнозирования экономического развития на основе роста транспортной отрасли / В.П. Постников, О.П. Буторина // Вестник РГУПС. – 2014. – № 1. – С. 95–100.
137. Поттхофф, Г. Учение о транспортных потоках : пер. с нем. / Г. Поттхофф. – М. : Транспорт, 1975. – 344 с.
138. Правдин, Н.В. Взаимодействие различных видов транспорта [Текст] / Н.В. Правдин, В.Я. Негрей, В.А. Подкопаев. Под ред. Н.В. Правдина. М.: Транспорт, 1989. – 208 с.
139. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года (разработан Минэкономразвития России) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_144190/797848062bfeb3711b889a3a539f05c86a98b4da/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190/797848062bfeb3711b889a3a539f05c86a98b4da/) (дата обращения 10.09.2021).
140. Райхельд, Ф.Ф. Эффект лояльности: движущие силы экономического роста, прибыли и непреходящей ценности / Ф.Ф. Райхельд, при участии Т. Тила. – М. [и др.] : Вильямс, 2005. – 383 с.
141. Резер, С.М. Логистика пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте [Текст] / С.М. Резер. М.: ВИНТИ РАН, 2007. – 516 с.



142. Российский статистический ежегодник. 2021: Стат.сб. /Росстат – М., 2021 - 692 с.

143. Руднев, С. «Авиационная подвижность населения» 1.10.2010 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [www.ato.ru/content/aviacionnaya-podvizhnost-naseleniya-rossii](http://www.ato.ru/content/aviacionnaya-podvizhnost-naseleniya-rossii). (дата обращения 10.09.2021).

144. Сафронов, Э.А. Транспортные системы городов и регионов : учебное пособие / Э. А. Сафронов. – 2-е изд. доп. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ), 2007. – 288 с.

145. Северова, М.О. Учет регионального аспекта при формировании механизма государственной поддержки пассажирского комплекса железнодорожного транспорта / Северова М.О., Ромашева М.А. В сборнике: Экономические аспекты логистики и качества работы железнодорожного транспорта. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. под ред. И. И. Галиева (отв. редактор), В. П. Шпалтакова, С. А. Ветрова, Ю. А. Усманова, И. В. Лариной (отв. секретарь). Омск, 2013. – С. 314-319.

146. Скалов, К.Ю. Транспортные узлы / К.Ю. Скалов. – М.: Транспорт, 1966. – 508 с.

147. Смехова, Н.Г. Себестоимость железнодорожных перевозок: Учебник для вузов ж.-д. транспорта/ Н.Г. Смехова, А.И. Купоров, Ю.Н. Кожевников и др.; Под ред. Н.Г. Смеховой и А.И. Купорова. – М.: Маршрут, 2003. – 494с.

148. Соколов, Ю.И. Проблемы и методы формирования спроса на железнодорожные перевозки : монография / Ю.И. Соколов. – М.: Маршрут, 2005. – 128с.

149. Солоп, И.А. Внедрение информационных и цифровых форматов в операционную деятельность компании «РЖД» / И.А. Солоп, Е.А. Чеботарева, С.А. Солоп, И.Н. Егорова // International periodic scientific journal Modern engineering and innovative technologies. Heutiges Ingenieurwesen und innovative

Technologien. Technicalsciences. Published by: Sergeieva Co Karlsruhe, Germany. – 2018. Issue № 5. – Vol. 3. – Pp. 4-10.

150. Специальные технические условия «Проектирование участка «Москва – Казань» высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва – Казань – Екатеринбург» со скоростями движения до 400 км/ч», СПб. : ПГУПС, 2016. – 70 с.

151. Статистика. Пассажиропоток аэропортов России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.avia-adv.ru/placement/airports/passenger-traffic.htm> (дата обращения 12.12.2021).

152. Статистические данные за 2019 год по пассажиропотоку на железнодорожных вокзалах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.avia-adv.ru/placement/airports/passenger-traffic.htm> (дата обращения 12.12.2021).

153. Северо-Кавказская железная дорога. Основные показатели. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://skzd.rzd.ru/ru/5754/page/103290?id=9949> (дата обращения 12.03.2022).

154. Стратегическое развитие железнодорожного транспорта в России / под ред. Б.М. Лapidуса. М.: МЦФЭР, 2008. – 304 с.

155. Терешина, Н.П. Экономическое регулирование работы и развития железнодорожного транспорта в условиях рыночных отношений : дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Терешина, Наталья Петровна. – Москва, 1995. – 374 с.

156. Тимошек, И.Н. Методика проектирования элементов малозатратной технологии перевозочного процесса с выбором оптимальной статистической модели: учебное пособие / И.Н. Тимошек // Рост. гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н /Д, 2009. – 96с.

157. Тиняков, Р.М. Принципы формирования долгосрочной системы субсидирования пассажирских железнодорожных перевозок в дальнем следовании / Р.М. Тиняков, А.Ю. Мастяев // Экономика железных дорог. – 2014. – №9. – С.63-67.

158. Тихонов, Э.Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учебное пособие. / Э.Е. Тихонов // Невинномысск, 2006. – 221 с.

159. Транспорт в России. 2020: Стат.сб./Росстат. – М., 2020. – 108 с.

160. Транспорт России. Информационно-статистический бюллетень. Январь-июнь 2021 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/7/11053> (дата обращения 17.02.2022).

161. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf> (дата обращения 17.02.2022).

162. Трихунков, М.Ф. Транспортное производство в условиях рынка : Качество и эффективность / М.Ф. Трихунков. – М. : Транспорт, 1993. – 255 с.

163. Ульянов, А.А. Экономическая оценка регулирования составности пассажирских поездов / Ульянов А.А.// Экономика железных дорог. – 2013. – №1. – С.50-54.

164. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / П.С. Грунтов [и др.] ; под ред. П.П. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 544 с.

165. Фатхутдинов, Р.А. Управление конкурентоспособностью организации. 2-е изд., испр. и доп. – М.: 2005. – 544 с.

166. Хачатуров, Т. С. Экономика транспорта / Т.С. Хачатуров. – М.: АН СССР, 1959. – 587 с.

167. Численность и миграция населения Российской федерации в 2020 году (Статистический бюллетень). М.: 2021.

168. Числов, О.Н. Трансчерноморская высокоскоростная пассажирская магистраль как инновационный проект развития транспортной системы юга России / О.Н. Числов, В.А. Богачев, И.Н. Егорова, Т.В. Богачев // Изв. Петерб. ун-та путей сообщения. – СПб. : ПГУПС, 2019. – Т. 16. – вып. 1. – С. 7-17.

169. Числов, О.Н. Комплексное развитие Новороссийского транспортного узла / О.Н. Числов, Н.Н. Числов, В.Н. Чернов // Труды Всеросс. науч.-практич. конференции «Транспорт-2007»: в 2 ч. – Ростов н/Д. : РГУПС, 2007. – Ч. 2. – С. 57-59 .

170. Числов, О.Н. Эгалитарный подход в оптимизации населенности поезда для высокоскоростной пассажирской магистрали / О.Н. Числов, И.Н. Егорова, В.А. Богачев, Т.В. Богачев, В.М. Задорожний // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 1 (52). – С. 12-21.

171. Шаров, В. А. Технология эксплуатационной деятельности производственного блока ОАО «РЖД», связанного с управлением перевозками [Текст] / В. А. Шаров // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – №5(30). – С. 58-62.

172. Шнейдер, М.А. Организационно-экономический механизм управления пригородными железнодорожными перевозками: автореферат дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Шнейдер, Максим Александрович. – Санкт-Петербург, 2013. – 23 с.

173. Экономика железнодорожного транспорта / Под ред. Терешинной Н.П., Левицкой Л.П., Шкуриной Л.В. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. – 536 с.

174. Юданов, А.Ю. Конкуренция: теория и практика: Учебно-практическое пособие / А.Ю. Юданов – М.: Ассоциация авторов и издателей «Тандем», изд-во «ГНОМ-ПРЕСС», 2008. – 384 с.

175. Юхина, В.Ю. Проектирование трассы высокоскоростных магистралей в условиях сложного рельефа : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.06 / Юхина Вита Юрьевна – М.: Моск. гос. ун-т путей сообщения (МИИТ), 2007. – 180 с.

176. Якунин, В.И. Итоги производственно-хозяйственной деятельности ОАО «РЖД» в 2014 году / В.И. Якунин // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 1. – С.2-16.

177. Beifert, A. Business development models for regional airports – case studies from the Baltic Sea region / A. Beifert // *Journal of security and sustainability issues*. – 2015. – Vol. 5, Iss. 2.

178. George E. P. Box. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, 4th Edition. [Текст] / George E. P. Box, Gwilyam M. Jenkins, Gregory C. Reinsel. – N.Y.: Wiley, 2008. – 784 p.

179. Brylina, I. V. Potencial SWOT-analiza v formirovanii modelej znanievyh strategij [The potential of the SWOT analysis in the formation of knowledge strategy models]. *Idei i ideally*, 2019.11(1) – Pp. 162-174.

180. Chislov, O. Methods of analytical modeling the process of freight transportation management in the regional transport complex / O. Chislov, V. Zadorozhniy, A. Kravets, V. Bogachev, I. Egorova, T Bogachev // *Lecture Notes in Networks and Systems*. – 2021. – T. 208. – Pp. 197-210.

181. Chislov, O.N. Time parameters optimization of the export grain traffic in the port railway transport technology system / O.N. Chislov, V.M. Zadorozhniy, T.V. Bogachev, A.S. Kravets, I.N. Egorova, V.A. Bogachev // Sierpiński G. (eds) *Smart and Green Solutions for Transport Systems. TSTP 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2020. – Vol.1091. Pp.126–137. Springer, Cham.

182. Egorova I. Cultural and Tourist Components in Mathematical Model of High-Speed Passenger Main-Line on the South of Russia / I. Egorova, T. Bogachev, V. Bogachev // *Cultural and Tourism Innovation in the Digital Era. Sixth International IACuDIT Conference, Athens 2019, Athens, 2020*. – Pp. 309-323.

183. Forrester, J. *Urban Dynamics* // Productivity Press, 1969. – 286 p.

184. Identifying the Critical Risks in Railway Projects Based on Fuzzy and Sensitivity Analysis: A Case Study of Belt and Road Projects / Jelena M. Andric, Jiayuan Wang, Ruoyu Zhong // *Sustainability*. – Basel (Swiss), 2019. –11(5). – Pp. 1-18.

185. Kravets A. Multimodal Freight Transportation Based on Multicriteria Optimization by Time Indicators / A. Kravets, I. Egorova, V. Bogachev, T. Bogachev // *Transportation Research Procedia*. 2021. –Vol. 54. –Pp. 243-252.

186. Mindur, L. The concept of organizing transport and logistics processes, taking into account the economic, social and environmental aspects / L. Mindur, M. Hajdul // Transport problems. – Vol.8, № 4. – 2013. – Pp.121-128.

187. Post, J. What Is a PEST Analysis? [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.businessnewsdaily.com/5512-pest-analysis-definition-examples-templates.html](http://www.businessnewsdaily.com/5512-pest-analysis-definition-examples-templates.html) (дата обращения 01.12.2019).

188. Saaty T.L. An Eigenvalue Allocation Model for Prioritization and Planning. Energy Management and Policy Center, University of Pennsylvania, 1972. – Pp. 28-31.

189. SNCF готовится к конкуренции / Железные дороги мира. 2007. – №8. – С. 9-13.

190. SWOT Analysis vs PEST analysis and When to Use Them. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [creately.com/blog/diagrams/swot-analysis-vs-pest-analysis](http://creately.com/blog/diagrams/swot-analysis-vs-pest-analysis) (дата обращения 01.12.2019).

191. Tschirhart F. Modeling the multimodal mass transit system and its passengers / F. Tschirhart, S. Adélé, P.-O. Bauguion, S. Tréfond // 11th World Congress on Railway Research: Research and Innovation from Today Towards 2050. 29.05–02.06.16. – Milan, Italy, 2016. – Pp.3-9.

192. Understanding Pest Analysis with Definitions and Examples. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [pestleanalysis.com/pest-analysis](http://pestleanalysis.com/pest-analysis) (дата обращения 01.12.2019).

193. Welch, P. D. The Statistical Analysis of Simulation Results / P. D. Welch. – Academic Press. – New York, 1983. – P. 268–328.

Таблица П1.1

Автомобильные дороги, федерального и регионального значения, проходящие по территории рассматриваемых субъектов

№ п/п	Учетный номер авто-дороги	Наименование автомобильной дороги	Общая протяженность дороги, км
1	М-4	«Дон» Москва-Воронеж-Ростов-на-Дону-Краснодар-Новороссийск	1838
2	Р-22	«Каспий» Автомобильная дорога М4 «Дон»-Тамбов-Волгоград-Астрахань (с подъездами к городам Тамбов, Саратов, Элиста)	1767
3	Р-193	Воронеж-Тамбов	207
4	Р-215	Астрахань - Кочубей - Кизляр - Махачкала	652
5	Р-216	Астрахань-Элиста-Ставрополь	560
6	Р-217	«Кавказ» Автомобильная дорога М4 «Дон»- Владикавказ-Грозный-Махачкала-граница с Азербайджанской республикой (с подъездами к городам Майкоп, Ставрополь, Черкесск, Владикавказ, Грозный, Махачкала, Магас)	1347
7	Р-219	Волгоград-Тихорецк	493
8	Р-228	Сызрань-Саратов-Волгоград	661
9	Р-298	Курск-Воронеж-автомобильная дорога Р22 «Каспий»	391
10	Р-250	Старощербиновская-Ейск	35
11	Р-251	Темрюк-Краснодар-Кропоткин	286
12	Р-262	Ставрополь (от а/д А154)-Прохладный-Моздок-Кизляр-Крайновка	536
13	Р-263	Георгиевск-Буденновск-Каспийский	345
14	Р-264	Пятигорск-Георгиевск	45
15	Р-266	Светлоград-Благодарный-Буденновск	130

16	Р-268	Батайск-Старощербиновская-Краснодар	359
17	Р-269	Батайск-Ставрополь	328
18	А-134	Подъездная дорога от автодороги М4 «Дон» к г.Воронеж	12
19	А-135	Подъездная дорога от автодороги М4 «Дон» к г.Ростову-на-Дону	27
20	А-146	Краснодар-Верхнебаканский	149
21	А-147	Джубга-Сочи-граница с Республикой Абхазия/Грузией	253
22	А-148	"Дублер Курортного проспекта" от 172-го километра федеральной автомобильной дороги А-147 Джубга - Сочи - граница с Республикой Абхазия до обхода г. Сочи	27
23	А-149	Адлер - Красная Поляна	93
24	А-153	Нытва-Кудымкар	126
25	А-154	Урвань - Верхняя Балкария - Уштулу	81
26	А-155	Черкесск - Домбай - граница с Республикой Абхазия	149
27	А-156	подъездная дорога от автомобильной дороги А-155 Черкесск - Домбай - граница с Республикой Абхазия к международному центру отдыха "Архыз" и к специализированной астрофизической обсерватории Российской академии наук	92
28	А-157	Минеральные Воды (аэропорт)-Кисловодск	48
29	А-158	Прохладный - Баксан - Эльбрус	153
30	А-159	подъездная дорога от г. Майкопа к Кавказскому государственному биосферному заповеднику	77
31	А-160	Майкоп - Бжедугхабль - Адыгейск - Усть-Лабинск - Кореновск	172
32	А-161	Владикавказ - Нижний Ларс - граница с Грузией	26
33	А-162	Владикавказ - Алагир	34
34	А-163	подъездная дорога от автомобильной дороги Р-217 "Кавказ" к аэропорту г. Владикавказа	3
35	А-164	"Транскам" Карджин - Алагир - Нижний Зарамаг - граница с Республикой Южная Осетия	98
36	А-165	Лермонтов-Черкесск	89
37	А-167	Кочубей - Нефтекумск - Зеленокумск - Минеральные Воды	369
38	А-260	Волгоград-Каменск-Шахтинский-граница с Украиной	361
39	А-270	Автомобильная дорога М4 «Дон»-Новошахтинск-граница с Украиной	31
40	А-280	Ростов-на-Дону-Таганрог-граница с Украиной	113
41	А-289	Краснодар - Славянск-на-Кубани - Темрюк - автомобильная дорога А-290 Новороссийск - Керчь	152
42	А-290	Новороссийск-Керчь (с подъездами к портам «Кавказ» и «Тамань»)	175



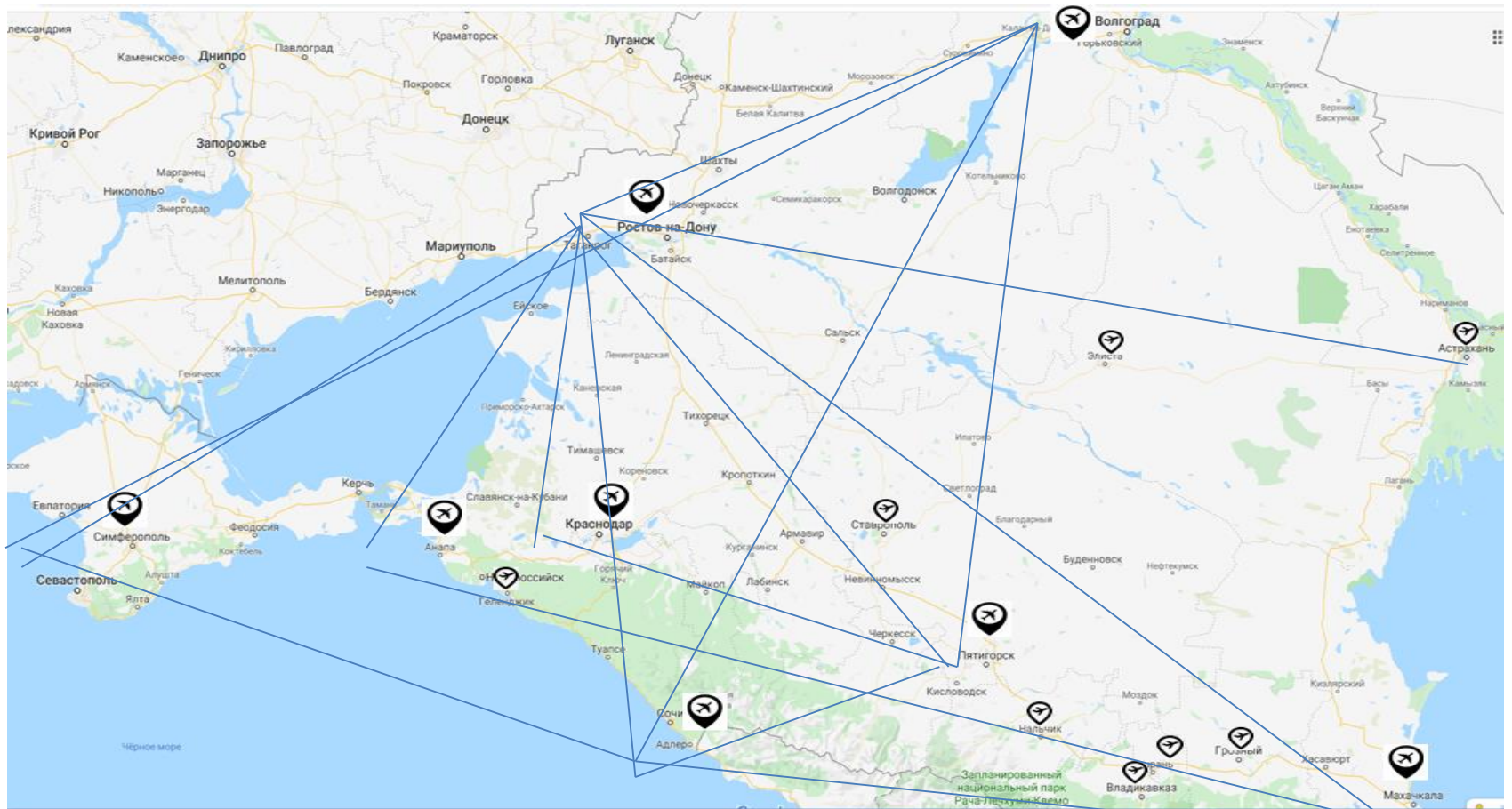




Рисунок П2.1 – Аэропорты Юга России:  - пассажиропоток >1000 тыс. пасс.,  - пассажиропоток <1000 тыс. пасс.

Таблица П.3.1

## Основные показатели пассажирского комплекса

№ п/п	Наименование показателя	Формулы для расчета показателя
Показатели транспортной обеспеченности		
1	Плотность маршрутной сети	$\rho = \frac{L_m}{S_{cm}} \text{ км/км}^2,$ $L_m$ – длина маршрутной сети, км; $S_{cm}$ – площадь территории, км <sup>2</sup> .
2	Транспортное обеспечение населения (коэффициент Энгеля)	$\Xi = \frac{L}{\sqrt{SH}},$ $L$ – длина транспортных путей, км; $S$ – площадь освоенной территории, км <sup>2</sup> ; $H$ – численность населения, тыс.чел.
3	Транспортная обеспеченность населения на 10000 чел.	$d_x = \frac{L_3 \cdot 10000}{H} \text{ км/10000 чел},$ $L_3$ – протяженность маршрутной сети, км; $H$ – численность населения, чел.
4	Коэффициент транспортной подвижности населения	$k_c = \frac{\sum A}{\sum N} \text{ поездок/чел},$ $\sum A$ – годовой объем пассажирских перевозок, пас.; $\sum N$ – численность населения, проживающая на данной территории, чел.
Количественные показатели пассажирских перевозок		
5	Число отправленных пассажиров	$\sum N_{от} = 2(N_1 + N_2 + \dots + N_n) \text{ тыс. пасс.},$ $N_1, N_2, \dots, N_n$ – число отправленных пассажиров со станций и остановочных пунктов на участках, тыс. пасс.
6	Пассажирооборот	$\sum NL = 2(N_{пер}^1 L_1 + N_{пер}^2 L_2 + \dots + N_{пер}^n L_n) \text{ пасс.-км.},$ $N_{пер}^1, N_{пер}^2, \dots, N_{пер}^n$ – количество перевезенных пассажиров по участкам, пасс.; $L_1, L_2, \dots, L_n$ – расстояние, на которое перевезены пассажиры, км.
Качественные показатели пассажирских перевозок		
7	Средняя дальность перевозки пассажиров	$l_n = \frac{\sum NL}{\sum N_{пер}}, \text{ км}$ $\sum NL$ – пассажирооборот, пасс.-км.; $\sum N_{пер}$ – количество перевезенных пассажиров, пасс.
8	Средняя густота пассажиропотоков	$N_r = \frac{\sum NL}{2l_n}, \text{ пасс.-км./км}$ $\sum NL$ – пассажирооборот, пасс.-км.; $l_n$ – протяженность направления, км.
9	Средняя населенность на вагон	$a_B = \frac{\sum NL}{\sum NL_m}, \text{ пасс. –ваг.}$

		$\Sigma NL$ – пассажирооборот, пасс.-км.; $\Sigma NL_m$ – пробег пассажирских вагонов, ваг.-км.
10	Средняя участковая скорость поездов всех категорий	$V_M = \frac{\Sigma Nl_{ск} + \Sigma Nl_{скорост} + \Sigma Nl_n}{\Sigma NT_M^{ск} + \Sigma NT_M^{скорост} + \Sigma NT_M^n} \cdot \frac{км}{ч}$ <p> <math>\Sigma Nl_{ск}, \Sigma Nl_{скорост}, \Sigma Nl_n</math> – пробег соответственно скорых, скоростных и пассажирских поездов. поездо-км.;  <math>\Sigma NT_M^{ск}, \Sigma NT_M^{скорост}, \Sigma NT_M^n</math> – время нахождения поездов соответствующих категории на участках между техническими станциями, т.е. с учетом стоянок поездов на промежуточных станциях, поездо-часы. </p>
Финансово-экономические показатели		
11	Рентабельность перевозок	$R_{пер} = \frac{\Pi_{пер}}{З_{общ}} 100 \%,$ <p> <math>\Pi_{пер}</math> – прибыль от перевозок, руб.;  <math>З_{общ}</math> – общие затраты на перевозки, руб. </p>
12	Себестоимость пассажирских перевозок	$C = \frac{\Sigma \Delta_{эк}}{\Sigma NL}, \text{руб./пасс. км}$ <p> <math>\Sigma \Delta_{эк}</math> – сумма эксплуатационных расходов, отнесенных к пассажирским перевозкам, руб.;  <math>\Sigma NL</math> – пассажирооборот, пасс.-км. </p>

## Особенности подходов к управлению транспортными системами.

<b>Подход</b>	<b>Суть подхода</b>	<b>Достоинства</b>	<b>Недостатки</b>
Системный	Последовательный переход от общего к частному. Рассмотрение объекта (транспортной системы) во взаимосвязи с многочисленными влияющими факторами.	Возможность рассмотрения объекта исследования в целом, формализация связей между всеми элементами системы.	Сложность выявления и учета всех факторов, оказывающих влияние на систему.
Ситуационный	Увязка применяемых теорий и методов управления транспортными системами с конкретной ситуацией, выявление внешних и внутренних факторов, влияющих на систему.	Позволяет определить влияние конкретных факторов на транспортную систему, организовать рациональное взаимодействие всех ее элементов.	Сложность выявления и учета всех факторов, оказывающих влияние на систему.
Логистический	Предоставление каждому потребителю транспортных услуг в полном объеме, высокого качества и с минимальными затратами денежных средств и времени.	Полное удовлетворение требований пассажиров при согласованном взаимодействии всех звеньев перевозочного процесса при организации мультимодальных и интермодальных перевозок в транспортной системе.	Сложность синхронизации работы различных видов транспорта, связанная с отсутствием единой технологии функционирования и соблюдения интересов всех участников перевозочного процесса.
Комплексный	При определении стратегии развития учитываются важнейшие взаимозависимые факторы внешней и внутренней среды – социально-экономические, политические, технологические и др. При этом объектом данного подхода может быть как система, так и любые транспортные процессы.	Возможность определять пути дальнейшего развития транспортной системы с учетом тенденций развития ее элементов.	Сложность выявления и учета всех факторов, оказывающих влияние на систему.

Процессный	Все виды деятельности, из которых складывается функционирование транспортной системы, взаимодействуют между собой. Данный подход рассматривается как сумма всех процессов – планирования, организации, мотивации и контроля.	Возможность получения синергетического эффекта при правильной организации взаимодействия всех процессов в транспортной системе.	Сложность оценки результатов работы каждого вида деятельности. Неодновременный переход различных подразделений на новые бизнес-процессы.
Количественный	Использование статистических, математических и экспертных методов в управлении транспортной системой.	Дает возможность формализовать проблему исследования, обладает достаточно высокой точностью оценки.	Невозможность количественной оценки некоторых факторов, оказывающих существенное влияние на транспортную систему.
Маркетинговый	Изучение потребностей пассажиров, оценка конкурентных преимуществ видов транспорта, стимулирование спроса на пассажирские перевозки путем развития рекламной деятельности и продвижения новых услуг.	Разработка управленческих решений, которые позволят обеспечить дополнительный спрос на транспортное обслуживание за счет предоставления услуг необходимого объема и качества.	Сложность обработки результатов, возможно существенное противоречие в полученных данных.
Динамический	Транспортная система рассматривается в динамическом развитии, анализируются причинно-следственные связи.	Возможность осуществления прогноза состояния системы на основе ретроспективного анализа.	Возможны существенные ошибки в прогнозах при воздействии неучтенных факторов.
Программно-целевой	Структурирование цели, определение стратегии развития транспортных систем при помощи разработки и реализации программных мероприятий.	Обеспечивает решение долгосрочных социально-экономических задач развития регионов.	Недостаточная оперативность принятия решений, субъективность выбора приоритетной цели.



Рисунок П5.1 – Трассирование участка ВСПМ Адлер-Севастополь на физической карте

## Составление иерархической композиции приоритетов выбора вида транспорта для различных целей поездки

### 1 Составление иерархической композиции приоритетов выбора вида транспорта (внутренний пассажиропоток, цель поездки – работа)

Таблица П6.1

Предпочтения пассажиров при выборе вида транспорта для поездок  
(цель – работа).

Категория пассажиров	Критерии выбора транспортного средства				
	Стоимость	Скорость	Удобство пересадки	Комфорт в пути следования	Безопасность
Работа	0,75	0,75	1	0,5	0,5

Принимаем: 1-важно, 0-неважно.

Основные альтернативы: высокоскоростной железнодорожный транспорт, автобус, личный автомобиль.

### Построение матрицы попарных сравнений и расчет весовых коэффициентов для различных критериев

Используя парные сравнения на входе, реализуется возможность анализа факторов, которые обычно не поддаются эффективной количественной оценке. Подход к парным сравнениям, основанный на решении задачи о собственном значении, обеспечивает способ шкалирования, особенно в тех сферах, где не существует измерений и количественных сравнений.

Таблица П6.2

Шкала для количественной оценки степени преобладания одного критерия над другим

Баллы	Пояснение
1	Одинаковая значимость критериев.
3	Некоторое преобладание одного критерия над другим
5	Существенное преобладание одного критерия над другим
7	Очень сильное преобладание одного критерия над другим
9	Абсолютное преобладание одного критерия над другим
2,4,6,8	Промежуточные значения

Составляем матрицу значимости критериев при выборе вида транспорта для поездок на работу:  $a_{ij}$  – отношение критерия  $i$  к критерию  $j$ .

$$a_{ji} = 1/a_{ij}; \quad a_{jj} = 1;$$

Таблица П6.3

## Матрица попарных сравнений

	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	1	1/3	4	4
V (скорость)	1	1	1/3	4	4
У (удобство)	3	3	1	5	5
К (комфорт)	1/4	1/4	1/5	1	1
Б (безопасность)	1/4	1/4	1/5	1	1

Производим так называемую нормировку матрицы.

Для этого первоначально находим сумму элементов каждого столбца матрицы из таблицы 1.3:

$$S_j = a_{1j} + a_{2j} + \dots + a_{nj}$$

Затем делим все элементы матрицы на сумму элементов соответствующего столбца:

$$A_{ij} = \frac{a_{ij}}{S_j}$$

Далее находим среднее значение для каждой строки. Полученный столбец задает «веса» критериев с точки зрения поставленной цели поездки. Этот столбец называют весовым столбцом критериев по цели.

Таблица П6.4

## Нахождение суммы элементов каждого столбца

$a_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	1	1/3 = 0,333	4	4
V (скорость)	1	1	1/3 = 0,333	4	4
У (удобство)	3	3	1	5	5
К (комфорт)	1/4 = 0,25	1/4 = 0,25	1/5 = 0,2	1	1
Б (безопасность)	1/4 = 0,25	1/4 = 0,25	1/5 = 0,2	1	1
Сумма	5,5	5,5	2,066	15	15

Таблица П6.5

## Подготовка матрицы к нормированию

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1/5,5	1/5,5	0,333/2,066	4/15	4/15
V (скорость)	1/5,5	1/5,5	0,333/2,066	4/15	4/15
У (удобство)	3/5,5	3/5,5	1/2,066	5/15	5/15
К (комфорт)	0,25/5,5	0,25/5,5	0,2/2,066	1/15	1/15
Б (безопасность)	0,25/5,5	0,25/5,5	0,2/2,066	1/15	1/15



Таблица П6.6

## Нахождение весового столбца

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)	Ср. знач.
С (стоимость)	0,182	0,182	0,161	0,267	0,267	0,212
V (скорость)	0,182	0,182	0,161	0,267	0,267	0,212
У (удобство)	0,545	0,545	0,484	0,333	0,333	0,448
К (комфорт)	0,045	0,045	0,097	0,067	0,067	0,064
Б (безопасность)	0,045	0,045	0,097	0,067	0,067	0,064

Полученный столбец задает «веса» критериев с точки зрения поставленной цели.

Таблица П6.7

## Промежуточный вывод

	Вес в долях	Вес в процентах
С (стоимость)	0,212	21,2
V (скорость)	0,212	21,2
У (удобство)	0,448	44,8
К (комфорт)	0,064	6,4
Б (безопасность)	0,064	6,4

Вывод: с точки зрения выбора вида транспорта для поездок на работу наиболее весомым является критерий удобства доставки пассажира «от двери до двери» (44,8 %), далее следуют критерии стоимости и скорости (21,2%). Комфорт в пути следования и безопасность имеют наименьшие весовые коэффициенты, в сумме составляющие всего 12,8 %.

Повторяем те же действия для матриц попарного сравнения по критериям. В итоге получаем столбцы (векторы) весовых коэффициентов объектов сравнения с точки зрения соответствия отдельным критериям.

Данные критерии будут одинаковы для всех целей поездки в сегменте внутреннего пассажиропотока.

**Критерий стоимость**

Таблица П6.8

## Матрица попарных сравнений и сумма элементов каждого столбца

Стоимость	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1	1/5=0,2	1/3 = 0,333
Автобус (В)	5	1	3
Личный автомобиль (С)	3	1/3 = 0,333	1
Сумма	9	1,533	4,333

Таблица Пб.9

## Подготовка матрицы к нормированию

Стоимость	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1/9	0,2/1,533	0,333/4,333
Автобус (В)	5/9	1/1,533	3/4,333
Личный автомобиль (С)	3/9	0,333/1,533	1/4,333

Таблица Пб.10

## Нахождение весового столбца

Стоимость	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)	Ср. значение
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,111	0,13	0,077	0,106
Автобус (В)	0,555	0,652	0,692	0,633
Личный автомобиль (С)	0,333	0,217	0,231	0,26

Таблица Пб.11

## Вывод по критерию «стоимость»

Стоимость	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,106	10,6
Автобус (В)	0,634	63,4
Личный автомобиль (С)	0,26	26

Получили вектор весов объектов по критерию «стоимость».

По критерию «стоимость» наиболее привлекательным является автобус в качестве вида транспорта для поездок (63,3%), далее следует личный автомобиль (26%), и наименее интересен высокоскоростной железнодорожный транспорт (8%).

Если бы выбор основывался только на стоимости, то он уже сейчас был бы очевидным. Поэтому, уже на стадии обоснования проекта высокоскоростной магистрали необходимо учитывать данные результаты для разработки мероприятий по привлечению пассажиров, следующих на учебу (например, абонементы на проезд в пределах 1-2 остановок, скидки студентам и школьникам).

**Критерий скорость**

Таблица Пб.12

Матрица попарных сравнений и сумма элементов каждого столбца

Скорость	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1	7	5
Автобус (В)	$1/7 = 0,143$	1	$1/5 = 0,2$
Личный автомобиль (С)	$1/5 = 0,2$	5	1
Сумма	1,343	13	6,2

Таблица Пб.13

Подготовка матрицы к нормированию

Скорость	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	$1/1,343$	$7/13$	$5/6,2$
Автобус (В)	$0,143/1,343$	$1/13$	$0,2/6,2$
Личный автомобиль (С)	$0,2/1,343$	$5/13$	$1/6,2$

Таблица Пб.14

Нахождение весового столбца

Скорость	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)	Ср. значение
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,745	0,538	0,806	0,696
Автобус (В)	0,106	0,077	0,032	0,072
Личный автомобиль (С)	0,149	0,385	0,161	0,232

Таблица Пб.15

Вывод по критерию «скорость»

Скорость	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,696	69,6
Автобус (В)	0,072	7,2
Личный автомобиль (С)	0,232	23,2

Получили вектор весов объектов по критерию «скорость».

По критерию «скорость» наиболее весомым является выбор высокоскоростного транспорта в качестве вида транспорта поездки (69,6 %), далее следует личный автомобиль (23,2 %), и наименее интересен автобус (7,2 %).

**Критерий удобство доставки «от двери до двери»**

*Таблица Пб.16*

Матрица попарных сравнений и сумма элементов каждого столбца

Удобство	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1	1/5=0,2	1/7 =0,14
Автобус (В)	5	1	1/3=0,333
Личный автомобиль (С)	7	3	1
Сумма	13	4,2	1,473

*Таблица Пб.17*

Подготовка матрицы к нормированию

Удобство	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1/13	0,2/4,2	0,14/1,473
Автобус (В)	5/13	1/4,2	0,333/1,473
Личный автомобиль (С)	7/13	3/4,2	1/1,473

*Таблица Пб.18*

Нахождение весового столбца

Удобство	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)	Ср. значение
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,077	0,048	0,095	0,073
Автобус (В)	0,385	0,238	0,226	0,283
Личный автомобиль (С)	0,538	0,714	0,679	0,644

Таблица П6.19

**Вывод по критерию «удобство»**

Удобство	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,073	7,3
Автобус (В)	0,283	28,3
Личный автомобиль (С)	0,644	64,4

Получили вектор весов объектов по критерию удобство доставки «от двери до двери».

По критерию удобство доставки «от двери до двери» наиболее весомым является выбор личного автомобиля в качестве вида транспорта (64,4 %), далее следует выбор автобуса (28,3 %), и наименее интересен высокоскоростной железнодорожный транспорт (7,3 %). Такая ситуация складывается преимущественно по той причине, что станции высокоскоростного транспорта, как правило, находятся за пределами города. Для того, чтобы пассажирам было удобно совершать поездки «от двери до двери» необходимо развивать хабовую систему организации пассажирских перевозок.

#### **Критерий комфорт в пути следования**

Таблица П6.20

Матрица попарных сравнений и сумма элементов каждого столбца

Комфорт	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1	7	$1/3=0,333$
Автобус (В)	$1/7=0,14$	1	$1/5=0,2$
Личный автомобиль (С)	3	5	1
Сумма	4,14	13	1,533

Таблица П6.21

**Подготовка матрицы к нормированию**

Комфорт	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	$1/4,14$	$7/13$	$0,333/1,533$
Автобус (В)	$0,14/4,14$	$1/13$	$0,2/1,533$
Личный автомобиль (С)	$3/4,14$	$5/13$	$1/1,533$

Таблица П6.22

## Нахождение весового столбца

Комфорт	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)	Ср. значение
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,241	0,538	0,217	0,332
Автобус (В)	0,034	0,077	0,13	0,08
Личный автомобиль (С)	0,725	0,385	0,652	0,586

Таблица П6.23

## Вывод по критерию «комфорт»

Комфорт	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,332	33,2
Автобус (В)	0,08	8
Личный автомобиль (С)	0,588	58,8

Получили вектор весов объектов по критерию «комфорт в пути следования». По критерию «комфорт в пути следования» наиболее весомым является выбор личного автомобиля для поездок (58,8%), далее следует высокоскоростной железнодорожный транспорт (33,2 %), и наименее интересен автобус (8 %).

**Критерий безопасность**

Таблица П6.24

## Матрица попарных сравнений и сумма элементов каждого столбца

Безопасность	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1	9	9
Автобус (В)	$1/9 = 0,111$	1	1
Личный автомобиль (С)	$1/9 = 0,111$	1	1
Сумма	1,222	11	11

Таблица П6.25

## Подготовка матрицы к нормированию

<b>Безопасность</b>	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1/1,222	9/11	9/11
Автобус (В)	0,111/1,222	1/11	1/11
Личный автомобиль (С)	0,111/1,222	1/11	1/11

Таблица П6.26

## Нахождение весового столбца

<b>Безопасность</b>	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Личный автомобиль (С)	Ср. значение
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,818	0,818	0,818	0,818
Автобус (В)	0,091	0,091	0,091	0,091
Личный автомобиль (С)	0,091	0,091	0,091	0,091

Таблица П6.27

## Вывод по критерию «безопасность»

<b>Безопасность</b>	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,818	81,8
Автобус (В)	0,091	9,1
Личный автомобиль (С)	0,091	9,1

Получили вектор весов объектов по критерию «безопасность».

По критерию «безопасность» наиболее весомым является выбор высокоскоростного железнодорожного транспорта в качестве вида транспорта для поездок (81,8 %), далее - личный автомобиль и автобус (9,1 %).

**Определение весов альтернатив**

В результате расчетов сформированы:

- вектор весов критериев;
- матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных весовых столбцов).

Таблица П6.28

## Вектор весов критериев

	Вес в долях
С (стоимость)	0,212
V (скорость)	0,212
У (удобство)	0,448
К (комфорт)	0,064
Б (безопасность)	0,064

Таблица П6.29

Матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных весовых столбцов)

	С (стоимость)	V (ско- рость)	У (удоб- ство)	К (комфорт)	Б (безопас- ность)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,106	0,696	0,073	0,332	0,818
Автобус (В)	0,634	0,072	0,283	0,08	0,091
Личный автомо- биль (С)	0,26	0,232	0,644	0,588	0,091

**Определение весов альтернатив**

Умножая полученную матрицу на столбец по правилу «строка на столбец» (матрично), получаем веса альтернатив с точки зрения достижения цели:

$$\begin{array}{cccccc}
 & & & & & 0,212 \\
 0,106 & 0,696 & 0,073 & 0,332 & 0,818 & 0,212 \\
 0,634 & 0,072 & 0,283 & 0,08 & 0,091 & \times 0,448 \\
 0,26 & 0,232 & 0,644 & 0,588 & 0,091 & = 0,287 \\
 & & & & & 0,064 \\
 & & & & & 0,064
 \end{array}$$

В результате получаем веса альтернатив с точки зрения достижения поставленной цели.

Таблица П6.30

Веса альтернатив с точки зрения поставленной цели (работа)

	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной же- лезнодорожный транс- порт (А)	0,276	27,6
Автобус (В)	0,287	28,7
Личный автомобиль (С)	0,436	43,6



Таким образом, в результате расчетов получили оптимальный вид транспорта для поездок на работу – личный автомобиль. Однако, в данном сегменте у высокоскоростного железнодорожного транспорта имеется значительный потенциал развития – применение маркетинговых инициатив (скидки, абонементные билеты, четкое взаимодействие видов транспорта), что позволит перераспределить поток с личных автомобилей на железнодорожный транспорт в условиях сложной дорожной обстановки (пробки).

## 2 Составление иерархической композиции приоритетов выбора вида транспорта (внутренний пассажиропоток, цель поездки – учеба)

Таблица П6.31

Предпочтения пассажиров при выборе вида транспорта для поездок (цель – учеба)

Категория пассажиров	Критерии выбора транспортного средства				
	Стоимость	Скорость	Удобство пересадки	Комфорт в пути следования	Безопасность
Учеба	1	0,75	0,5	0,5	0,5

Принимаем: 1-важно, 0-неважно.

Основные альтернативы: высокоскоростной железнодорожный транспорт, автобус, личный автомобиль.

Таблица П6.32

Матрица попарных сравнений

	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	3	5	5	5
V (скорость)	1/3	1	3	3	3
У (удобство)	1/5	1/3	1	1	1
К (комфорт)	1/5	1/3	1	1	1
Б (безопасность)	1/5	1/3	1	1	1

Таблица П6.33

Нахождение суммы элементов каждого столбца

$a_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	3	5	5	5
V (скорость)	$1/3 = 0,333$	1	3	3	3
У (удобство)	$1/5 = 0,2$	$1/3 = 0,333$	1	1	1
К (комфорт)	$1/5 = 0,2$	$1/3 = 0,333$	1	1	1
Б (безопасность)	$1/5 = 0,2$	$1/3 = 0,333$	1	1	1
Сумма	1,933	4,999	11	11	11

Таблица Пб.34

## Подготовка матрицы к нормированию

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1/1,933	3/4,999	5/11	5/11	5/11
V (скорость)	0,333/1,933	1/4,999	3/11	3/11	3/11
У (удобство)	0,2/1,933	0,333/4,999	1/11	1/11	1/11
К (комфорт)	0,2/1,933	0,333/4,999	1/11	1/11	1/11
Б (безопасность)	0,2/1,933	0,333/4,999	1/11	1/11	1/11

Таблица Пб.35

## Нахождение весового столбца

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)	Ср. знач.
С (стоимость)	0,517	0,6	0,454	0,454	0,454	0,496
V (скорость)	0,172	0,2	0,273	0,273	0,273	0,238
У (удобство)	0,103	0,067	0,091	0,091	0,091	0,089
К (комфорт)	0,103	0,067	0,091	0,091	0,091	0,089
Б (безопасность)	0,103	0,067	0,091	0,091	0,091	0,089

Таблица Пб.36

## Промежуточный вывод

	Вес в долях	Вес в процентах
С (стоимость)	0,496	49,6
V (скорость)	0,238	23,8
У (удобство)	0,089	8,9
К (комфорт)	0,089	8,9
Б (безопасность)	0,089	8,9

Вывод: с точки зрения выбора вида транспорта для поездок на учебу наиболее весомым является критерий «стоимость проезда» (49,6 %), далее следует критерий «скорость» (23,8 %). Такие критерии как «удобство», «комфорт» и «безопасность» имеют наименьший весовой коэффициент, следовательно, не являются определяющими при выборе вида транспорта для поездок на учебу.

**Определение весов альтернатив**

В результате расчетов сформированы:

- вектор весов критериев;
- матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных ранее весовых столбцов).

Таблица Пб.37

## Вектор весов критериев

	Вес в долях
С (стоимость)	0,496
V (скорость)	0,238
У (удобство)	0,089
К (комфорт)	0,089
Б (безопасность)	0,089

Таблица Пб.38

Матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных ранее весовых столбцов)

	С (стоимость)	V (ско- рость)	У (удоб- ство)	К (комфорт)	Б (безопас- ность)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,106	0,696	0,073	0,332	0,818
Автобус (В)	0,634	0,072	0,283	0,08	0,091
Личный автомо- биль (С)	0,26	0,232	0,644	0,588	0,091

**Определение весов альтернатив**

Умножая полученную матрицу на столбец по правилу «строка на столбец» (матрично), получаем веса альтернатив с точки зрения достижения цели:

$$\begin{array}{cccccc}
 & & & & & 0,496 \\
 0,106 & 0,696 & 0,073 & 0,332 & 0,818 & 0,238 & 0,327 \\
 0,634 & 0,072 & 0,283 & 0,08 & 0,091 & \times 0,089 & = 0,372 \\
 0,26 & 0,232 & 0,644 & 0,588 & 0,091 & 0,089 & 0,302 \\
 & & & & & 0,089 & 
 \end{array}$$

В результате получаем веса альтернатив с точки зрения достижения поставленной цели.

Таблица Пб.39

## Веса альтернатив с точки зрения поставленной цели (учеба)

	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной же- лезнодорожный транс- порт (А)	0,327	32,7
Автобус (В)	0,372	37,2
Личный автомобиль (С)	0,302	30,2

Таким образом, в результате расчетов получили оптимальный вид транспорта для поездок на учебу – автобус. Однако, в данном сегменте высокоскоростного железнодорожного транспорта имеется значительный потенциал развития – применение маркетинговых инициатив (скидки, абонементные билеты, четкое взаимодействие видов транспорта), что позволит перераспределить поток с автобусов и личных автомобилей на железнодорожный транспорт в условиях сложной дорожной обстановки (пробки).

### 3 Составление иерархической композиции приоритетов выбора вида транспорта (внутренний пассажиропоток, цель поездки – бизнес)

Таблица П6.40

Предпочтения пассажиров при выборе вида транспорта для поездок  
(цель – бизнес)

Категория пассажиров	Критерии выбора транспортного средства				
	Стоимость	Скорость	Удобство пересадки	Комфорт в пути следования	Безопасность
Бизнес	0,5	1	1	1	0,75

Принимаем: 1-важно, 0-неважно.

Основные альтернативы: высокоскоростной железнодорожный транспорт, автобус, личный автомобиль.

Таблица П6.41

Матрица попарных сравнений

	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	1/7	1/7	1/7	1/3
V (скорость)	7	1	1	1	3
У (удобство)	7	1	1	1	3
К (комфорт)	7	1	1	1	3
Б (безопасность)	3	1/3	1/3	1/3	1

Таблица П6.42

Нахождение суммы элементов каждого столбца

$a_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	1/7 = 0,143	1/7 = 0,143	1/7 = 0,143	1/3 = 0,333
V (скорость)	7	1	1	1	3
У (удобство)	7	1	1	1	3
К (комфорт)	7	1	1	1	3
Б (безопасность)	3	1/3 = 0,333	1/3 = 0,333	1/3 = 0,333	1
Сумма	25	3,476	3,476	3,476	10,333

Таблица П6.43

## Подготовка матрицы к нормированию

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1/25	0,143/3,476	0,143/3,476	0,143/3,476	0,333/10,333
V (скорость)	7/25	1/3,476	1/3,476	1/3,476	3/10,333
У (удобство)	7/25	1/3,476	1/3,476	1/3,476	3/10,333
К (комфорт)	7/25	1/3,476	1/3,476	1/3,476	3/10,333
Б (безопасность)	3/25	0,333/3,476	0,333/3,476	0,333/3,476	1/10,333

Таблица П6.44

## Нахождение весового столбца

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)	Ср. знач.
С (стоимость)	0,04	0,041	0,041	0,041	0,032	0,038
V (скорость)	0,28	0,288	0,288	0,288	0,29	0,287
У (удобство)	0,28	0,288	0,288	0,288	0,29	0,287
К (комфорт)	0,28	0,288	0,288	0,288	0,29	0,287
Б (безопасность)	0,12	0,096	0,096	0,096	0,097	0,101

Таблица П6.45

## Промежуточный вывод

	Вес в долях	Вес в процентах
С (стоимость)	0,038	3,8
V (скорость)	0,287	28,7
У (удобство)	0,287	28,7
К (комфорт)	0,287	28,7
Б (безопасность)	0,101	10,1

Вывод: с точки зрения выбора вида транспорта для поездок (цель - бизнес) наиболее весомыми являются критерии – «скорость», «удобство», «комфорт» (по 28,7 %), далее следует критерий «безопасность» (10,1 %). Критерий «стоимость» имеет наименьшую значимость – 3,8 %.

**Определение весов альтернатив**

В результате расчетов сформированы:

- вектор весов критериев;
- матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных весовых столбцов).

Таблица П6.46

## Вектор весов критериев

	Вес в долях
С (стоимость)	0,038
V (скорость)	0,287
У (удобство)	0,287
К (комфорт)	0,287
Б (безопасность)	0,101

Таблица П6.47

Матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных ранее весовых столбцов)

	С (стоимость)	V (ско- рость)	У (удоб- ство)	К (комфорт)	Б (безопас- ность)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,106	0,696	0,073	0,332	0,818
Автобус (В)	0,634	0,072	0,283	0,08	0,091
Личный автомо- биль (С)	0,26	0,232	0,644	0,588	0,091

### Определение весов альтернатив

Умножая полученную матрицу на столбец по правилу «строка на столбец» (матрично), получаем веса альтернатив с точки зрения достижения цели:

$$\begin{array}{cccccc}
 & & & & & 0,038 \\
 0,106 & 0,696 & 0,073 & 0,332 & 0,818 & 0,287 & 0,403 \\
 0,634 & 0,072 & 0,283 & 0,08 & 0,091 & \times 0,287 & = 0,158 \\
 0,26 & 0,232 & 0,644 & 0,588 & 0,091 & 0,287 & 0,439 \\
 & & & & & 0,101 & 
 \end{array}$$

Таблица П6.48

Веса альтернатив с точки зрения поставленной цели (бизнес)

	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной же- лезнодорожный транс- порт (А)	0,403	40,3
Автобус (В)	0,158	15,8
Личный автомобиль (С)	0,439	43,9

Таким образом, в результате расчетов получили оптимальный вид транспорта для поездок (цель - бизнес) – личный автомобиль. Однако, при условии обеспечения четкого взаимодействия различных видов транспорта в пассажирских транспортных хабах возможно добиться перераспределения пассажиропотока с личных автомобилей на железнодорожный транспорт в условиях сложной дорожной обстановки (пробки).

#### 4 Составление иерархической композиции приоритетов выбора вида транспорта (внутренний пассажиропоток, цель поездки – родственники)

Таблица П6.49

Предпочтения пассажиров при выборе вида транспорта для поездок (родственники)

Категория пассажиров	Критерии выбора транспортного средства				
	Стоимость	Скорость	Удобство пересадки	Комфорт в пути следования	Безопасность
Родственники	1	0,75	0,75	0,5	0,5

Принимаем: 1-важно, 0-неважно.

Основные альтернативы: высокоскоростной железнодорожный транспорт, автобус, личный автомобиль.

Таблица П6.50

Матрица попарных сравнений

	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	3	3	7	7
V (скорость)	1/3	1	1	3	3
У (удобство)	1/3	1	1	3	3
К (комфорт)	1/7	1/3	1/3	1	1
Б (безопасность)	1/7	1/3	1/3	1	1

Таблица П6.51

Нахождение суммы элементов каждого столбца

$a_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	3	3	7	7
V (скорость)	1/3 = 0,333	1	1	3	3
У (удобство)	1/3 = 0,333	1	1	3	3
К (комфорт)	1/7 = 0,143	1/3 = 0,333	1/3 = 0,333	1	1
Б (безопасность)	1/7 = 0,143	1/3 = 0,333	1/3 = 0,333	1	1
Сумма	1,952	5,666	5,666	15	15

Таблица П6.52

Подготовка матрицы к нормированию

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1/1,952	3/5,666	3/5,666	7/15	7/15
V (скорость)	0,333/1,952	1/5,666	1/5,666	3/15	3/15
У (удобство)	0,333/1,952	1/5,666	1/5,666	3/15	3/15
К (комфорт)	0,143/1,952	0,333/5,666	0,333/5,666	1/15	1/15
Б (безопасность)	0,143/1,952	0,333/5,666	0,333/5,666	1/15	1/15

Таблица П6.53

Нахождение весового столбца

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)	Ср. знач.
С (стоимость)	0,512	0,529	0,529	0,467	0,467	0,5
V (скорость)	0,171	0,176	0,176	0,2	0,2	0,185
У (удобство)	0,171	0,176	0,176	0,2	0,2	0,185
К (комфорт)	0,073	0,059	0,059	0,067	0,067	0,065
Б (безопасность)	0,073	0,059	0,059	0,067	0,067	0,065

Таблица П6.54

Промежуточный вывод

	Вес в долях	Вес в процентах
С (стоимость)	0,5	50
V (скорость)	0,185	18,5
У (удобство)	0,185	18,5
К (комфорт)	0,065	6,5
Б (безопасность)	0,065	6,5



Вывод: с точки зрения выбора вида транспорта для поездок (цель - родственники) наиболее весомым является критерий – «стоимость» (50 %), далее следуют критерии «скорость» и «удобство» (по 18,5 %). Критерии «комфорт» и «безопасность» имеют наименьшую значимость – по 6,5 %.

### Определение весов альтернатив

В результате расчетов сформированы:

- вектор весов критериев;
- матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных весовых столбцов).

Таблица П6.55

#### Вектор весов критериев

	Вес в долях
С (стоимость)	0,5
V (скорость)	0,185
У (удобство)	0,185
К (комфорт)	0,065
Б (безопасность)	0,065

Таблица П6.56

Матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных ранее весовых столбцов)

	С (стоимость)	V (ско- рость)	У (удоб- ство)	К (комфорт)	Б (безопас- ность)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,106	0,696	0,073	0,332	0,818
Автобус (В)	0,634	0,072	0,283	0,08	0,091
Личный автомо- биль (С)	0,26	0,232	0,644	0,588	0,091

### Определение весов альтернатив

Умножая полученную матрицу на столбец по правилу «строка на столбец» (матрично), получаем веса альтернатив с точки зрения достижения цели:

$$\begin{array}{cccccc}
 & & & & & 0,5 \\
 0,106 & 0,696 & 0,073 & 0,332 & 0,818 & 0,185 & 0,27 \\
 0,634 & 0,072 & 0,283 & 0,08 & 0,091 & \times & 0,185 & = & 0,394 \\
 0,26 & 0,232 & 0,644 & 0,588 & 0,091 & & 0,065 & & 0,336 \\
 & & & & & & 0,065 & & 
 \end{array}$$

Таблица П6.57

Весы альтернатив с точки зрения поставленной цели (родственники)

	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,27	27
Автобус (В)	0,394	39,4
Личный автомобиль (С)	0,336	33,6

Таким образом, в результате расчетов получили оптимальный вид транспорта для поездок (цель - родственники) – автобус. Т.к. стоимость проезда в данном случае является определяющим фактором, необходима разработка мероприятий по совершенствованию тарифной политики в МЛТСПП.

### 5 Составление иерархической композиции приоритетов выбора вида транспорта (внутренний пассажиропоток, цель поездки – туризм выходного дня)

Таблица П6.58

Предпочтения пассажиров при выборе вида транспорта для поездок (цель – туризм выходного дня)

Категория пассажиров	Критерии выбора транспортного средства				
	Стоимость	Скорость	Удобство пересадки	Комфорт в пути следования	Безопасность
Туризм выходного дня	0,75	1	0,75	0,5	0,5

Принимаем: 1-важно, 0-неважно.

Основные альтернативы: высокоскоростной железнодорожный транспорт, автобус, личный автомобиль.

Таблица П6.59

Матрица попарных сравнений

	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	1/3	1	3	3
V (скорость)	3	1	3	5	5
У (удобство)	1	1/3	1	3	3
К (комфорт)	1/3	1/5	1/3	1	1
Б (безопасность)	1/3	1/5	1/3	1	1

Таблица П6.60

Нахождение суммы элементов каждого столбца

$a_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	$1/3 = 0,333$	1	3	3
V (скорость)	3	1	3	5	5
У (удобство)	1	$1/3 = 0,333$	1	3	3
К (комфорт)	$1/3 = 0,333$	$1/5 = 0,2$	$1/3 = 0,333$	1	1
Б (безопасность)	$1/3 = 0,333$	$1/5 = 0,2$	$1/3 = 0,333$	1	1
Сумма	5,666	2,066	5,666	13	13

Таблица П6.61

Подготовка матрицы к нормированию

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	$1/5,666$	$0,333/2,066$	$1/5,666$	$3/13$	$3/13$
V (скорость)	$3/5,666$	$1/2,066$	$3/5,666$	$5/13$	$5/13$
У (удобство)	$1/5,666$	$0,333/2,066$	$1/5,666$	$3/13$	$3/13$
К (комфорт)	$0,333/5,666$	$0,2/2,066$	$0,333/5,666$	$1/13$	$1/13$
Б (безопасность)	$0,333/5,666$	$0,2/2,066$	$0,333/5,666$	$1/13$	$1/13$

Таблица П6.62

Нахождение весового столбца

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)	Ср. знач.
С (стоимость)	0,176	0,161	0,176	0,231	0,231	0,195
V (скорость)	0,529	0,484	0,529	0,385	0,385	0,462
У (удобство)	0,176	0,161	0,176	0,231	0,231	0,195
К (комфорт)	0,059	0,097	0,059	0,077	0,077	0,074
Б (безопасность)	0,059	0,097	0,059	0,077	0,077	0,074

Таблица П6.63

Промежуточный вывод

	Вес в долях	Вес в процентах
С (стоимость)	0,195	19,5
V (скорость)	0,462	46,2
У (удобство)	0,195	19,5
К (комфорт)	0,074	7,4
Б (безопасность)	0,074	7,4

Вывод: с точки зрения выбора вида транспорта для поездок (цель – туризм выходного дня) наиболее весомым является критерий – «скорость» (46,2 %), далее следуют критерии «стоимость» и «удобство» (по 19,5 %). Критерии «комфорт» и «безопасность» имеют наименьшую значимость – по 7,4 %.

### Определение весов альтернатив

В результате расчетов сформированы:

- вектор весов критериев;
- матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных весовых столбцов).

Таблица П6.64

#### Вектор весов критериев

	Вес в долях
С (стоимость)	0,195
V (скорость)	0,462
У (удобство)	0,195
К (комфорт)	0,074
Б (безопасность)	0,074

Таблица П6.65

Матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных ранее весовых столбцов)

	С (стоимость)	V (ско- рость)	У (удоб- ство)	К (комфорт)	Б (безопас- ность)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,106	0,696	0,073	0,332	0,818
Автобус (В)	0,634	0,072	0,283	0,08	0,091
Личный автомо- биль (С)	0,26	0,232	0,644	0,588	0,091

### Определение весов альтернатив

Умножая полученную матрицу на столбец по правилу «строка на столбец» (матрично), получаем веса альтернатив с точки зрения достижения цели:

$$\begin{array}{cccccc}
 & & & & & 0,195 \\
 0,106 & 0,696 & 0,073 & 0,332 & 0,818 & 0,462 & 0,441 \\
 0,634 & 0,072 & 0,283 & 0,08 & 0,091 & \times 0,195 & = 0,225 \\
 0,26 & 0,232 & 0,644 & 0,588 & 0,091 & 0,074 & 0,334 \\
 & & & & & 0,074 & 
 \end{array}$$

Таблица П6.66

Весы альтернатив с точки зрения поставленной цели (туризм выходного дня)

	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,441	44,1
Автобус (В)	0,225	22,5
Личный автомобиль (С)	0,334	33,4

Таким образом, в результате расчетов получили оптимальный вид транспорта для поездок (цель – туризм выходного дня) – высокоскоростной железнодорожный транспорт. Основным преимуществом, играющим решающую роль, является высокая скорость передвижения.

### 6 Составление иерархической композиции приоритетов выбора вида транспорта (внешний пассажиропоток, цель поездки – командировка)

Таблица П6.67

Предпочтения пассажиров при выборе вида транспорта для поездок (цель – командировка).

Категория пассажиров	Критерии выбора транспортного средства				
	Стоимость	Скорость	Удобство пересадки	Комфорт в пути следования	Безопасность
Командировка	0,25	1	0,75	0,75	0,75

Принимаем: 1-важно, 0-неважно.

Основные альтернативы: высокоскоростной железнодорожный транспорт, автобус, самолет.

Таблица П6.68

### Матрица попарных сравнений

	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	1/9	1/7	1/7	1/7
V (скорость)	9	1	3	3	3
У (удобство)	7	1/3	1	1	1
К (комфорт)	7	1/3	1	1	1
Б (безопасность)	7	1/3	1	1	1

Таблица П6.69

## Нахождение суммы элементов каждого столбца

$a_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	$1/9 = 0,111$	$1/7 = 0,143$	$1/7 = 0,143$	$1/7 = 0,143$
V (скорость)	9	1	3	3	3
У (удобство)	7	$1/3 = 0,333$	1	1	1
К (комфорт)	7	$1/3 = 0,333$	1	1	1
Б (безопасность)	7	$1/3 = 0,333$	1	1	1
Сумма	31	2,11	6,143	6,143	6,143

Таблица П6.70

## Подготовка матрицы к нормированию

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	$1/31$	$0,111/2,11$	$0,143/6,143$	$0,143/6,143$	$0,143/6,143$
V (скорость)	$9/31$	$1/2,11$	$3/6,143$	$3/6,143$	$3/6,143$
У (удобство)	$7/31$	$0,333/2,11$	$1/6,143$	$1/6,143$	$1/6,143$
К (комфорт)	$7/31$	$0,333/2,11$	$1/6,143$	$1/6,143$	$1/6,143$
Б (безопасность)	$7/31$	$0,333/2,11$	$1/6,143$	$1/6,143$	$1/6,143$

Таблица П6.71

## Нахождение весового столбца

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)	Ср. знач.
С (стоимость)	0,032	0,053	0,023	0,023	0,023	0,03
V (скорость)	0,29	0,474	0,488	0,488	0,488	0,445
У (удобство)	0,226	0,158	0,163	0,163	0,163	0,175
К (комфорт)	0,226	0,158	0,163	0,163	0,163	0,175
Б (безопасность)	0,226	0,158	0,163	0,163	0,163	0,175

Таблица П6.72

## Промежуточный вывод

	Вес в долях	Вес в процентах
С (стоимость)	0,03	3
V (скорость)	0,445	44,5
У (удобство)	0,175	17,5
К (комфорт)	0,175	17,5
Б (безопасность)	0,175	17,5

Вывод: с точки зрения выбора вида транспорта для поездок (цель – командировка) наиболее весомым является критерий – «скорость» (44,5 %), далее следуют критерии «удобство», «комфорт» и «безопасность» (по 17,5 %). Критерий «стоимость» имеет наименьшую значимость – 3 %.

Т.к. в дальнейшем следовании распределение пассажиропотока происходит между высокоскоростным железнодорожным, автобусным и авиационным транспортом, повторяем те же действия для матриц попарного сравнения по критериям. В итоге получаем столбцы (векторы) весовых коэффициентов объектов сравнения с точки зрения соответствия отдельным критериям. Данные критерии будут одинаковы для всех целей поездки в сегменте внешнего пассажиропотока.

### **Критерий стоимость**

*Таблица П6.73*

Матрица попарных сравнений и сумма элементов каждого столбца

<b>Стоимость</b>	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1	$1/5=0,2$	3
Автобус (В)	5	1	7
Самолет (D)	$1/3 = 0,333$	$1/7 = 0,143$	1
Сумма	6,333	1,343	11

*Таблица П6.73*

Подготовка матрицы к нормированию

<b>Стоимость</b>	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	$1/6,333$	$0,2/1,343$	$3/11$
Автобус (В)	$5/6,333$	$1/1,343$	$7/11$
Самолет (D)	$0,333/6,333$	$0,143/1,343$	$1/11$

Таблица П6.74

## Нахождение весового столбца

Стоимость	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)	Ср. значение
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,158	0,149	0,273	0,193
Автобус (В)	0,789	0,745	0,636	0,724
Самолет (D)	0,053	0,106	0,091	0,083

Таблица П6.75

## Вывод по критерию «стоимость»

Стоимость	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,193	19,3
Автобус (В)	0,724	72,4
Самолет (D)	0,083	8,3

Получили вектор весов объектов по критерию «стоимость».

По критерию «стоимость» наиболее привлекательным является автобус в качестве вида транспорта для поездок (72,4%), далее следует высокоскоростной железнодорожный транспорт (19,3 %), и наименее интересен самолет (8,3 %).

**Критерий скорость**

Таблица П6.76

## Матрица попарных сравнений и сумма элементов каждого столбца

Скорость	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1	7	1/5 = 0,2
Автобус (В)	1/7 = 0,143	1	1/9 = 0,111
Самолет (D)	5	9	1
Сумма	6,143	17	1,311



Таблица П6.77

## Подготовка матрицы к нормированию

Скорость	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1/6,143	7/17	0,2/1,311
Автобус (В)	0,143/6,143	1/17	0,111/1,311
Самолет (D)	5/6,143	9/17	1/1,311

Таблица П6.78

## Нахождение весового столбца

Скорость	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)	Ср. значение
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,163	0,412	0,152	0,242
Автобус (В)	0,023	0,059	0,085	0,056
Самолет (D)	0,814	0,529	0,763	0,702

Таблица П6.79

## Вывод по критерию «скорость»

Скорость	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,242	24,2
Автобус (В)	0,056	5,6
Самолет (D)	0,702	70,2

Получили вектор весов объектов по критерию «скорость». По критерию «скорость» наиболее весомым является выбор самолета в качестве вида транспорта поездки (70,2 %), далее следует высокоскоростной железнодорожный транспорт (24,2 %), и наименее интересен автобус (5,6 %).

**Критерий удобство доставки «от двери до двери»**

Таблица П6.80

Матрица попарных сравнений и сумма элементов каждого столбца

Удобство	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1	$1/5=0,2$	3
Автобус (В)	5	1	3
Самолет (D)	$1/3 = 0,333$	$1/3 = 0,333$	1
Сумма	6,333	1,533	7

Таблица П6.81

Подготовка матрицы к нормированию

Удобство	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	$1/6,333$	$0,2/1,533$	$3/7$
Автобус (В)	$5/6,333$	$1/1,533$	$3/7$
Самолет (D)	$0,333/6,333$	$0,333/1,533$	$1/7$

Таблица П6.82

Нахождение весового столбца

Удобство	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)	Ср. значение
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,158	0,13	0,429	0,239
Автобус (В)	0,789	0,652	0,429	0,623
Самолет (D)	0,053	0,217	0,143	0,138

## Вывод по критерию «удобство»

Удобство	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,239	23,9
Автобус (В)	0,623	62,3
Самолет (D)	0,138	13,8

Получили вектор весов объектов по критерию удобство доставки «от двери до двери».

По критерию удобство доставки «от двери до двери» наиболее весомым является выбор автобуса в качестве вида транспорта (62,3 %), далее следует выбор высокоскоростного железнодорожного транспорта (23,9 %), и наименее интересен самолет (13,8 %).

**Критерий комфорт в пути следования**

Таблица П6.84

Матрица попарных сравнений и сумма элементов каждого столбца

Комфорт	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1	7	1/3=0,333
Автобус (В)	1/7=0,143	1	1/9=0,111
Самолет (D)	3	9	1
Сумма	4,143	17	1,444

Таблица П6.85

## Подготовка матрицы к нормированию

Комфорт	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1/4,143	7/17	0,333/1,444
Автобус (В)	0,143/4,143	1/17	0,111/1,444
Самолет (D)	3/4,143	9/17	1/1,444

Таблица П6.86

## Нахождение весового столбца

Комфорт	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)	Ср. значение
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,241	0,412	0,231	0,294
Автобус (В)	0,035	0,059	0,077	0,057
Самолет (D)	0,724	0,529	0,693	0,649

Таблица П6.87

## Вывод по критерию «комфорт»

Комфорт	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,294	29,4
Автобус (В)	0,057	5,7
Самолет (D)	0,649	64,9

Получили вектор весов объектов по критерию «комфорт в пути следования».

По критерию «комфорт в пути следования» наиболее весомым является выбор самолета для поездок (64,9 %), далее следует высокоскоростной железнодорожный транспорт (29,4 %), и наименее интересен автобус (5,7 %).

**Критерий безопасность**

Таблица П6.88

## Матрица попарных сравнений и сумма элементов каждого столбца

Безопасность	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1	9	3
Автобус (В)	$1/9 = 0,111$	1	$1/7 = 0,143$
Самолет (D)	$1/3 = 0,333$	7	1
Сумма	1,444	17	4,143

## Подготовка матрицы к нормированию

<b>Безопасность</b>	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	1/1,444	9/17	3/4,143
Автобус (В)	0,111/1,444	1/17	0,143/4,143
Самолет (D)	0,333/1,444	7/17	1/4,143

Таблица П6.90

## Нахождение весового столбца

<b>Безопасность</b>	Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	Автобус (В)	Самолет (D)	Ср. значение
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,693	0,529	0,724	0,648
Автобус (В)	0,077	0,059	0,035	0,057
Самолет (D)	0,231	0,412	0,241	0,295

Таблица П6.91

## Вывод по критерию «безопасность»

<b>Безопасность</b>	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,648	64,8
Автобус (В)	0,057	5,7
Самолет (D)	0,295	29,5

Получили вектор весов объектов по критерию «безопасность».

По критерию «безопасность» наиболее весомым является выбор высокоскоростного железнодорожного транспорта в качестве вида транспорта для поездок (64,8 %), далее – самолет (29,5 %) и наименее интересен автобус (5,7 %).

**Определение весов альтернатив**

В результате расчетов сформированы:

- вектор весов критериев;

- матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных весовых столбцов).

Таблица П6.92

Вектор весов критериев	
	Вес в долях
С (стоимость)	0,03
V (скорость)	0,445
У (удобство)	0,175
К (комфорт)	0,175
Б (безопасность)	0,175

Таблица П6.93

Матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных весовых столбцов)

	С (стоимость)	V (ско- рость)	У (удоб- ство)	К (комфорт)	Б (безопас- ность)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,193	0,242	0,239	0,294	0,648
Автобус (В)	0,724	0,056	0,623	0,057	0,057
Самолет (D)	0,083	0,702	0,138	0,649	0,295

### Определение весов альтернатив

Умножая полученную матрицу на столбец по правилу «строка на столбец» (матрично), получаем веса альтернатив с точки зрения достижения цели:

$$\begin{array}{cccccc}
 & & & & & 0,03 \\
 0,193 & 0,242 & 0,239 & 0,294 & 0,648 & 0,445 & 0,32 \\
 0,724 & 0,056 & 0,623 & 0,057 & 0,057 & \times & 0,175 & = & 0,176 \\
 0,083 & 0,702 & 0,138 & 0,649 & 0,295 & & 0,175 & & 0,504 \\
 & & & & & & 0,175 & & 
 \end{array}$$

В результате получаем веса альтернатив с точки зрения достижения поставленной цели.

Весы альтернатив с точки зрения поставленной цели (командировка)

	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,32	32
Автобус (В)	0,176	17,6
Самолет (D)	0,504	50,4

Таким образом, в результате расчетов получили оптимальный вид транспорта для поездок в командировку – самолет.

### 7 Составление иерархической композиции приоритетов выбора вида транспорта (внешний пассажиропоток, цель поездки – бизнес)

Таблица П6.95

Предпочтения пассажиров при выборе вида транспорта для поездок (цель – бизнес)

Категория пассажиров	Критерии выбора транспортного средства				
	Стоимость	Скорость	Удобство пересадки	Комфорт в пути следования	Безопасность
Бизнес	0,5	1	1	1	0,75

Принимаем: 1-важно, 0-неважно.

Основные альтернативы: высокоскоростной железнодорожный транспорт, автобус, самолет.

Таблица П6.96

Матрица попарных сравнений

	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	1/7	1/7	1/7	1/3
V (скорость)	7	1	1	1	3
У (удобство)	7	1	1	1	3
К (комфорт)	7	1	1	1	3
Б (безопасность)	3	1/3	1/3	1/3	1

Таблица П6.97

## Нахождение суммы элементов каждого столбца

$a_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	$1/7 = 0,143$	$1/7 = 0,143$	$1/7 = 0,143$	$1/3 = 0,333$
V (скорость)	7	1	1	1	3
У (удобство)	7	1	1	1	3
К (комфорт)	7	1	1	1	3
Б (безопасность)	3	$1/3 = 0,333$	$1/3 = 0,333$	$1/3 = 0,333$	1
Сумма	25	3,476	3,476	3,476	10,333

Таблица П6.98

## Подготовка матрицы к нормированию

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	$1/25$	$0,143/3,476$	$0,143/3,476$	$0,143/3,476$	$0,333/10,333$
V (скорость)	$7/25$	$1/3,476$	$1/3,476$	$1/3,476$	$3/10,333$
У (удобство)	$7/25$	$1/3,476$	$1/3,476$	$1/3,476$	$3/10,333$
К (комфорт)	$7/25$	$1/3,476$	$1/3,476$	$1/3,476$	$3/10,333$
Б (безопасность)	$3/25$	$0,333/3,476$	$0,333/3,476$	$0,333/3,476$	$1/10,333$

Таблица П6.99

## Нахождение весового столбца

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)	Ср. знач.
С (стоимость)	0,04	0,041	0,041	0,041	0,032	0,038
V (скорость)	0,28	0,288	0,288	0,288	0,29	0,287
У (удобство)	0,28	0,288	0,288	0,288	0,29	0,287
К (комфорт)	0,28	0,288	0,288	0,288	0,29	0,287
Б (безопасность)	0,12	0,096	0,096	0,096	0,097	0,101

Полученный столбец задает «веса» критериев с точки зрения поставленной цели.



Таблица П6.100

Промежуточный вывод		
	Вес в долях	Вес в процентах
С (стоимость)	0,038	3,8
V (скорость)	0,287	28,7
У (удобство)	0,287	28,7
К (комфорт)	0,287	28,7
Б (безопасность)	0,101	10,1

Вывод: с точки зрения выбора вида транспорта для поездок (цель - бизнес) наиболее весомыми являются критерии – «скорость», «удобство», «комфорт» (по 28,7 %), далее следует критерий «безопасность» (10,1 %). Критерий «стоимость» имеет наименьшую значимость – 3,8 %.

### Определение весов альтернатив

В результате расчетов сформированы:

- вектор весов критериев;
- матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных ранее весовых столбцов).

Таблица П6.101

Вектор весов критериев	
	Вес в долях
С (стоимость)	0,038
V (скорость)	0,287
У (удобство)	0,287
К (комфорт)	0,287
Б (безопасность)	0,101

Таблица П6.102

Матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных ранее весовых столбцов)

	С (стоимость)	V (ско- рость)	У (удоб- ство)	К (комфорт)	Б (безопас- ность)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,193	0,242	0,239	0,294	0,648
Автобус (В)	0,724	0,056	0,623	0,057	0,057
Самолет (D)	0,083	0,702	0,138	0,649	0,295

## Определение весов альтернатив

Умножая полученную матрицу на столбец по правилу «строка на столбец» (матрично), получаем веса альтернатив с точки зрения достижения цели:

$$\begin{array}{cccccc}
 & & & & & 0,038 \\
 0,193 & 0,242 & 0,239 & 0,294 & 0,648 & 0,287 & 0,295 \\
 0,724 & 0,056 & 0,623 & 0,057 & 0,057 & \times & 0,287 & = & 0,245 \\
 0,083 & 0,702 & 0,138 & 0,649 & 0,295 & & 0,287 & & 0,46 \\
 & & & & & & 0,101 & & 
 \end{array}$$

В результате получаем веса альтернатив с точки зрения достижения поставленной цели.

Таблица П6.103

### Веса альтернатив с точки зрения поставленной цели (бизнес)

	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,295	29,5
Автобус (В)	0,245	24,5
Самолет (D)	0,46	46

Таким образом, в результате расчетов получили оптимальный вид транспорта для поездок (цель - бизнес) – самолет.

## 8 Составление иерархической композиции приоритетов выбора вида транспорта (внешний пассажиропоток, цель поездки – туризм)

Таблица П6.104

### Предпочтения пассажиров при выборе вида транспорта для поездок (цель – туризм)

Категория пассажиров	Критерии выбора транспортного средства				
	Стоимость	Скорость	Удобство пересадки	Комфорт в пути следования	Безопасность
Туризм	1	0,75	0,75	0,5	0,75

Принимаем: 1-важно, 0-неважно.

Основные альтернативы: высокоскоростной железнодорожный транспорт, автобус, самолет.

Таблица П6.105

## Матрица попарных сравнений

	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	3	3	5	3
V (скорость)	1/3	1	1	3	1
У (удобство)	1/3	1	1	3	1
К (комфорт)	1/5	1/3	1/3	1	1/3
Б (безопасность)	1/3	1	1	3	1

Таблица П6.106

## Нахождение суммы элементов каждого столбца

$a_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	3	3	5	3
V (скорость)	1/3 = 0,333	1	1	3	1
У (удобство)	1/3 = 0,333	1	1	3	1
К (комфорт)	1/5 = 0,2	1/3 = 0,333	1/3 = 0,333	1	1/3 = 0,333
Б (безопасность)	1/3 = 0,333	1	1	3	1
Сумма	2,199	6,333	6,333	15	6,333

Таблица П6.107

## Подготовка матрицы к нормированию

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1/2,199	3/6,333	3/6,333	5/15	3/6,333
V (скорость)	0,333/2,199	1/6,333	1/6,333	3/15	1/6,333
У (удобство)	0,333/2,199	1/6,333	1/6,333	3/15	1/6,333
К (комфорт)	0,2/2,199	0,333/6,333	0,333/6,333	1/15	0,333/6,333
Б (безопасность)	0,333/2,199	1/6,333	1/6,333	3/15	1/6,333

Таблица П6.108

## Нахождение весового столбца

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)	Ср. знач.
С (стоимость)	0,455	0,474	0,474	0,333	0,474	0,442
V (скорость)	0,151	0,158	0,158	0,2	0,158	0,165
У (удобство)	0,151	0,158	0,158	0,2	0,158	0,165
К (комфорт)	0,091	0,053	0,053	0,067	0,053	0,063
Б (безопасность)	0,151	0,158	0,158	0,2	0,158	0,165

Полученный столбец задает «веса» критериев с точки зрения поставленной цели.

Таблица П6.109

## Промежуточный вывод

	Вес в долях	Вес в процентах
С (стоимость)	0,442	44,2
V (скорость)	0,165	16,5
У (удобство)	0,165	16,5
К (комфорт)	0,063	6,3
Б (безопасность)	0,165	16,5

Вывод: с точки зрения выбора вида транспорта для поездок (цель - туризм) наиболее весомым является критерий «стоимость» (44,2 %), далее следуют критерии «скорость», «удобство», «безопасность» (по 16,5 %). Критерий «комфорт» имеет наименьшую значимость – 6,3 %.

**Определение весов альтернатив**

В результате расчетов сформированы:

- вектор весов критериев;
- матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных ранее весовых столбцов).

Таблица П6.110

## Вектор весов критериев

	Вес в долях
С (стоимость)	0,442
V (скорость)	0,165
У (удобство)	0,165
К (комфорт)	0,063
Б (безопасность)	0,165

Таблица П6.111

Матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных ранее весовых столбцов)

	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,193	0,242	0,239	0,294	0,648
Автобус (В)	0,724	0,056	0,623	0,057	0,057
Самолет (D)	0,083	0,702	0,138	0,649	0,295

## Определение весов альтернатив

Умножая полученную матрицу на столбец по правилу «строка на столбец» (матрично), получаем веса альтернатив с точки зрения достижения цели:

$$\begin{array}{cccccc}
 & & & & & 0,442 \\
 0,193 & 0,242 & 0,239 & 0,294 & 0,648 & 0,165 & 0,29 \\
 0,724 & 0,056 & 0,623 & 0,057 & 0,057 & \times & 0,165 & = & 0,445 \\
 0,083 & 0,702 & 0,138 & 0,649 & 0,295 & & 0,063 & & 0,265 \\
 & & & & & & 0,165 & & 
 \end{array}$$

В результате получаем веса альтернатив с точки зрения достижения поставленной цели.

Таблица П6.112

Веса альтернатив с точки зрения поставленной цели (туризм)

	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,29	29
Автобус (В)	0,445	44,5
Самолет (D)	0,265	26,5

Таким образом, в результате расчетов получили оптимальный вид транспорта для поездок (цель - туризм) – автобус.

## 9 Составление иерархической композиции приоритетов выбора вида транспорта (внешний пассажиропоток, цель поездки – родственники)

Таблица П6.113

Предпочтения пассажиров при выборе вида транспорта для поездок (цель – родственники)

Категория пассажиров	Критерии выбора транспортного средства				
	Стоимость	Скорость	Удобство пересадки	Комфорт в пути следования	Безопасность
Родственники	1	0,75	0,75	0,5	0,5

Принимаем: 1-важно, 0-неважно.

Основные альтернативы: высокоскоростной железнодорожный транспорт, автобус, самолет.

Таблица П6.114

## Матрица попарных сравнений

	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	3	3	7	7
V (скорость)	1/3	1	1	3	3
У (удобство)	1/3	1	1	3	3
К (комфорт)	1/7	1/3	1/3	1	1
Б (безопасность)	1/7	1/3	1/3	1	1

Таблица П6.115

## Нахождение суммы элементов каждого столбца

$a_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	1	3	3	7	7
V (скорость)	$1/3 = 0,333$	1	1	3	3
У (удобство)	$1/3 = 0,333$	1	1	3	3
К (комфорт)	$1/7 = 0,143$	$1/3 = 0,333$	$1/3 = 0,333$	1	1
Б (безопасность)	$1/7 = 0,143$	$1/3 = 0,333$	$1/3 = 0,333$	1	1
Сумма	1,952	5,666	5,666	15	15

Таблица П6.116

## Подготовка матрицы к нормированию

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)
С (стоимость)	$1/1,952$	$3/5,666$	$3/5,666$	$7/15$	$7/15$
V (скорость)	$0,333/1,952$	$1/5,666$	$1/5,666$	$3/15$	$3/15$
У (удобство)	$0,333/1,952$	$1/5,666$	$1/5,666$	$3/15$	$3/15$
К (комфорт)	$0,143/1,952$	$0,333/5,666$	$0,333/5,666$	$1/15$	$1/15$
Б (безопасность)	$0,143/1,952$	$0,333/5,666$	$0,333/5,666$	$1/15$	$1/15$

Таблица П6.117

## Нахождение весового столбца

$A_{ij}$	С (стоимость)	V (скорость)	У (удобство)	К (комфорт)	Б (безопасность)	Ср. знач.
С (стоимость)	0,512	0,529	0,529	0,467	0,467	0,5
V (скорость)	0,171	0,176	0,176	0,2	0,2	0,185
У (удобство)	0,171	0,176	0,176	0,2	0,2	0,185
К (комфорт)	0,073	0,059	0,059	0,067	0,067	0,065
Б (безопасность)	0,073	0,059	0,059	0,067	0,067	0,065

## Промежуточный вывод

	Вес в долях	Вес в процентах
С (стоимость)	0,5	50
V (скорость)	0,185	18,5
У (удобство)	0,185	18,5
К (комфорт)	0,065	6,5
Б (безопасность)	0,065	6,5

Вывод: с точки зрения выбора вида транспорта для поездок (цель - родственники) наиболее весомым является критерий – «стоимость» (50 %), далее следуют критерии «скорость» и «удобство» (по 18,5 %). Критерии «комфорт» и «безопасность» имеют наименьшую значимость – по 6,5 %.

**Определение весов альтернатив**

В результате расчетов сформированы:

- вектор весов критериев;
- матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных весовых столбцов).

Таблица П6.119

## Вектор весов критериев

	Вес в долях
С (стоимость)	0,5
V (скорость)	0,185
У (удобство)	0,185
К (комфорт)	0,065
Б (безопасность)	0,065

Таблица П6.120

Матрица весов альтернатив по каждому критерию (состоящая из полученных ранее весовых столбцов)

	С (стоимость)	V (ско- рость)	У (удоб- ство)	К (комфорт)	Б (безопас- ность)
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,193	0,242	0,239	0,294	0,648
Автобус (В)	0,724	0,056	0,623	0,057	0,057
Самолет (D)	0,083	0,702	0,138	0,649	0,295

**Определение весов альтернатив**

Умножая полученную матрицу на столбец по правилу «строка на столбец» (матрично), получаем веса альтернатив с точки зрения достижения цели:

$$\begin{array}{cccccc}
 & & & & & 0,5 \\
 0,193 & 0,242 & 0,239 & 0,294 & 0,648 & 0,185 & 0,247 \\
 0,724 & 0,056 & 0,623 & 0,057 & 0,057 & \times & 0,185 & = & 0,495 \\
 0,083 & 0,702 & 0,138 & 0,649 & 0,295 & & 0,065 & & 0,258 \\
 & & & & & & 0,065 & & 
 \end{array}$$

В результате получаем веса альтернатив с точки зрения достижения поставленной цели.

*Таблица П6.121*

Веса альтернатив с точки зрения поставленной цели (родственники)

	Вес в долях	Вес в процентах
Высокоскоростной железнодорожный транспорт (А)	0,247	27,7
Автобус (В)	0,495	49,5
Самолет (D)	0,258	25,8

Таким образом, в результате расчетов получили оптимальный вид транспорта для поездок (цель - родственники) – автобус.





АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**«ФЕДЕРАЛЬНАЯ ПАССАЖИРСКАЯ  
 КОМПАНИЯ»**  
 (АО «ФПК»)

**СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФИЛИАЛ**

Привокзальная пл. 1/2, г. Ростов-на-Дону, 344001  
 Тел./факс: (863) 238-22-44

«11» января 2022 № 64  
 На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**Заключение**  
**о полезности результатов диссертационной работы**  
**на соискание ученой степени кандидата технических наук**  
**Егоровой Ирины Николаевны**

Рассмотрев результаты научного исследования И.Н. Егоровой, пришли к заключению, что отдельные разделы диссертации имеют практическую полезность для производственной деятельности Северо-Кавказского филиала АО «ФПК» в части:

- формирования многофакторной модели оценки взаимодействия социально-экономических, объемных и качественных показателей железнодорожных пассажирских перевозок;
- применения методики выбора и оценки параметров эффективности региональных пассажирских перевозок на основе корреляционно-регрессионного анализа.

Рассматриваемая проблема определения факторов, влияющих на объем пассажирских перевозок, имеет практическое значение для обеспечения основной производственной сферы деятельности филиалов АО «ФПК» и направлена на достижение конкурентоспособного уровня качества транспортных услуг.

Главный инженер Северо-Кавказского  
 филиала АО «ФПК»



Алиев А.О.



**ФИЛИАЛ ОАО «РЖД»  
ДИРЕКЦИЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛОВ  
СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ  
РЕГИОНАЛЬНАЯ ДИРЕКЦИЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛОВ**

Привокзальная пл. 1/2,  
г. Ростов-на-Дону, 344001,  
Тел.: (863) 238-38-44, Факс: (863) 238-22-50

«13» июня 2023 г. № 3883/РДЖВ С-Кав

**Заключение  
о полезности результатов диссертационной работы  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
Егоровой Ирины Николаевны**

Настоящее заключение свидетельствует о том, что результаты научных исследований Егоровой И.Н. имеют практическую значимость для совершенствования производственной деятельности и развития Северо-Кавказской региональной дирекции железнодорожных вокзалов.

Егоровой И.Н. разработаны методы формирования транспортно-пересадочных узлов в мультимодальной логистической транспортной системе пассажирских перевозок. Одним из направлений совершенствования транспортного обслуживания населения, предложенным автором, является создание крупных транспортно-пересадочных узлов (хабов) на базе железнодорожных вокзалов.

Разработанная Егоровой И.Н. многофакторная модель определения числа и расположения транспортно-пересадочных узлов в регионе позволяет определить степень влияния каждого из рассматриваемых факторов на результирующий параметр, в данном случае оптимальное число транспортных хабов в регионе.

Применение разработанных предложений диссертационного исследования позволит повысить эффективность функционирования Северо-Кавказской региональной дирекции железнодорожных вокзалов и определить варианты ее перспективного развития.

Главный инженер  
Северо-Кавказской региональной  
дирекции железнодорожных вокзалов



И.С.Гуленко





ФИЛИАЛ ОАО «РЖД»  
**ЦЕНТРАЛЬНАЯ ДИРЕКЦИЯ  
 УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ  
 СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ДИРЕКЦИЯ  
 УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ**

Привокзальная пл. 1/2,  
 г. Ростов-на-Дону, 344001  
 Тел.: (863) 259-59-30, факс: (863) 259-40-37  
 E-mail: d-skzd@mail.ru

« 13 » 06 2023 г. № 17.04/20

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
 Начальник Северо-Кавказской дирекции  
 управления движением – структурного  
 подразделения Центральной дирекции  
 управления движением – филиала ОАО  
 «РЖД»



Говоруха С.А.

2023 г.

### АКТ

#### о внедрении результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук Егоровой Ирины Николаевны

Для совершенствования оперативной работы на полигоне Северо-Кавказской железной дороги приняты к использованию результаты научных исследований И.Н. Егоровой, представленные в виде практических рекомендаций, позволяющих:

1 – применять принципы логистического управления пассажиропотоками в условиях неравномерности пассажирских перевозок.

2 – обеспечивать повышение мобильности населения на основе развития инфраструктуры железнодорожного пассажирского комплекса с учетом региональных аспектов;

2 – определять варианты развития транспортной инфраструктуры Южного региона на основе технологий высокоскоростного движения, хабовой модели обслуживания пассажиров.

Результаты научных исследований имеют практическую значимость для повышения эффективности управления пассажирскими перевозками в региональной транспортной системе.

Начальник технического отдела  
 Северо-Кавказской дирекции  
 управления движением – структурного  
 подразделения Центральной дирекции  
 управления движением – филиала  
 ОАО «РЖД»

Левченко К.Г.



**РОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**(ФГБОУ ВО РГУПС)**

пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, г. Ростов-на-Дону, 344038  
 Тел. (863) 245-06-13, Факс (863) 255-32-83, 245-06-13, E-mail: up\_del@dep.rgups.ru  
 ОКПО 01116006, ОГРН 1026103709499, ИНН/КПП 6165009334/616501001



Утверждаю  
 Первый проректор,  
 к.ф.н., доцент

М.А. Кравченко  
 2023 г.

о внедрении результатов диссертационного исследования Егоровой Ирины Николаевны  
 в учебный процесс ФГБОУ ВО РГУПС

Мы, нижеподписавшиеся, декан факультета «Управление процессами перевозок», к.т.н., доцент Колобов И.А., начальник отдела докторантуры и аспирантуры, к.т.н., доцент Костюков А.В. составили настоящий акт о том, что результаты диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата технических наук Егоровой Ирины Николаевны используются в учебном процессе по специальности 23.05.04 – «Эксплуатация железных дорог», слушателей программ повышения квалификации и аспирантов направлений подготовки 2.9.9 – «Логистические транспортные системы», 2.9.1 – «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте», при разработке учебно-методических комплексов, научно-исследовательской работе, курсовом и дипломном проектировании.

Основные положения и выводы диссертационного исследования были апробированы в рамках студенческих научно-практических конференций, семинаров кафедр «Управление эксплуатационной работой», ФГБОУ ВО РГУПС и нашли свое отражение в следующих опубликованных работах:

1. Технология работы и эксплуатация вокзальных комплексов : учеб.-метод. пособие для практ. занятий, выполнения курс., расчет.-граф. и самостоят. работы / И. Н. Егорова ; ФГБОУ ВО РГУПС. - Ростов н/Д : [б. и.], 2017. - 68 с.
2. Основы проектирования инфраструктуры пассажирского комплекса : учеб.-метод. пособие для практ. занятий, выполнения расчет.-граф. и самостоят. работы / И. Н. Егорова ; ФГБОУ ВО РГУПС. - Ростов н/Д : [б. и.], 2017. - 33 с.
3. Технология и организация высокоскоростного движения : учеб.-метод. пособие к практ. занятиям, выполнению курсовой, контрол. и самостоят. работ / И. Н. Егорова ; ФГБОУ ВО РГУПС. - Ростов н/Д : [б. и.], 2017. - 29 с.

Декан факультета «УПП»  
 ФГБОУ ВО РГУПС,  
 к.т.н., доцент

И.А. Колобов

Начальник отдела «Д и А»  
 ФГБОУ ВО РГУПС,  
 к.т.н., доцент

А.В. Костюков