

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО СГУПС)

На правах рукописи



Чистяков Александр Сергеевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМИ
ПЕРЕВОЗКАМИ В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНЦИИ ЗА
ПАССАЖИРОПОТОКИ В МЕЖДУГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ**

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок
(технические науки)

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук,
доцент М.Е. Корягин

Новосибирск – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА	12
1.1 Основные элементы рынка пассажирских перевозок	12
1.2 Подходы к оценке качества функционирования транспортной системы	14
1.3 Моделирование генерации спроса на пассажирские перевозки	15
1.4 Моделирование выбора способа передвижения	16
1.5 Моделирование рынка пассажирских перевозок	21
1.6 Перспективы развития городского пассажирского транспорта	24
1.7 Перспективы развития междугородного пассажирского транспорта	26
1.8 Современные особенности поведения пассажиров	28
1.9 Выводы по разделу	29
2 МОДЕЛИ ПАССАЖИРСКИХ ПОТОКОВ	31
2.1 Гравитационная модель генерации пассажиропотоков	31
2.2 Логит-модель выбора пассажирами способа передвижения	36
2.3 Методика расщепления спроса на рынке междугородных пассажирских перевозок	41
2.4 Выводы по разделу	59
3 БАЗА ДАННЫХ РЫНКА МЕЖДУГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК	62
3.1 Анкетирование населения	62
3.2 Формирование базы данных рынка междугородных пассажирских перевозок	65

3.3 Проверка согласованности мнений респондентов	68
3.4 Окончательный этап разработки логит-модели выбора пассажирами способа передвижения	75
3.5 Выводы по разделу.....	81
4 ТЕОРЕТИКО-ИГРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЫНКА МЕЖДУГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК	82
4.1 Порядок разработки модели рынка междугородных пассажирских перевозок	82
4.2 Определение расходов на перевозку по видам пассажирского транспорта	84
4.3 Целевая функция предприятий транспорта	88
4.4 Моделирование рынка междугородных пассажирских перевозок.....	90
4.4.1 Моделирование рынка при условии, что активным участником рынка является только железнодорожный транспорт	90
4.4.2 Моделирование рынка при условии, что активным участником рынка являются только автобусы.....	98
4.4.3 Моделирование рынка при условии, что активными участниками рынка являются железнодорожный транспорт и автобусы	106
4.4.4 Моделирование рынка при условии, что активными участниками рынка являются железнодорожный транспорт, автобусы и автомобили цифровых сервисов подбора пассажиров	114
4.5 Выводы по разделу.....	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	120
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Первоначальный вариант опрос-анкеты	134
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Окончательный вариант опрос-анкеты.....	135

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Свидетельство о государственной регистрации базы данных.....	136
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Акт внедрения результатов диссертационной работы...	137

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Пассажирский транспорт играет важную роль в экономической и социальной структуре городов и регионов. Обеспечение высокого уровня мобильности и транспортной доступности для населения является задачей государственного масштаба. Железнодорожный транспорт выполняет значительный объем пассажирских перевозок на большие и малые расстояния. В зависимости от дальности перемещения пассажира железнодорожному транспорту приходится конкурировать с различным набором альтернативных видов транспортов.

Рынок междугородных пассажирских транспортных услуг в полной мере соответствует критериям рынка покупателя: предложение выше спроса, сильная конкуренция, высокие требования потребителей к услуге перевозки. Пассажир в процессе выбора способа передвижения ориентируется не только на стоимость услуги, но и на время в пути, удобство расписания, комфорт и безопасность транспортного средства. Таким образом, пассажир решает многокритериальную задачу, цель которой максимизировать получаемую пользу от услуги перевозки.

Железнодорожный транспорт по сравнению с другими видами транспорта обладает рядом конкурентных преимуществ, связанных с обеспечением высокого уровня безопасности и комфорта. Однако практика показывает, что не всегда удается реализовать потенциал привлечения пассажиропотока, так как не учитываются рыночные процессы, обусловленные взаимодействием конкурирующих видов транспорта.

С целью ведения эффективной производственной и коммерческой деятельности предприятия транспорта проводят маркетинговые исследования рынка междугородных пассажирских перевозок. Однако для формирования грамотной экономической стратегии предприятиям транспорта необходимо изучать не только потребности пассажиров, но и поведение основных участников рынка: пассажиров, фирм-конкурентов и

государства. Также следует учитывать, что все эти участники непрерывно взаимодействуют между собой в социально-экономической среде.

Моделирование социально-экономических систем является перспективным направлением исследований, с помощью которого можно провести анализ текущего состояния ее элементов, выявить факторы, влияющие на это состояние, рассмотреть параметры элементов и установить характерные зависимости. Анализ состояния системы позволяет не только понять, как поведет себя система под влиянием факторов, но и управлять состоянием в процессе моделирования посредством целенаправленного изменения параметров отдельных элементов.

Степень разработанности темы исследования. Значительный научный и практический вклад в развитие методов и моделей управления транспортными потоками на рынке пассажирских перевозок внесли многие отечественные и зарубежные ученые. Научно-теоретическая база исследований включает труды ученых, в частности:

– в области планирования, прогнозирования и моделирования пассажиропотоков на железнодорожном транспорте – И.В. Белов, П.Я. Гордиенко, Н.А. Гридасов, Г.М. Грошев, Н.Н. Громов, В.В. Доенин, Н.А. Журавлева, В.А. Козырев, В.Н. Костров, А.Г. Котенко, Ф.П. Кочнев, В.А. Кудрявцев, П.В. Куренков, Б.М. Лapidус, Е.А. Макарова, В.Я. Негрей, Ю.О. Пазойский, Н.В. Правдин, С.М. Резер, Н.П. Терешина, А.К. Угрюмов, В.А. Федоров, Borndörfer R., Caprara A., D'Ariano A., Goverde R.M.P., Leutzbach W., Pacht J., Potthoff G.;

– в области организации и управления автомобильными пассажирскими перевозками – С.А. Ваксман, В.А. Гудков, В.В. Зырянов, В.А. Корчагин, Л.Б. Миротин, И.В. Спирин, А.И. Фадеев, Bhat C.R., Koppelman F.S., Li Xiaowei, Litman T., Vuchic V.R.;

– в области управления взаимодействием между различными видами пассажирского транспорта – А.В. Акимов, И.Я. Аксенов, Т.В. Богданова, В.Г. Галабурда, В.В. Донченко, В.Н. Ембулаев, А.А. Зайцев, В.И. Колесов, А.В.

Комаров, М.Е. Корягин, И.В. Кочетов, О.Н. Ларин, О.Ю. А.Ю. Михайлов, Матанцева, Д.А. Николаев, В.А. Персианов, Ф.С. Пехтерев, К.И. Плужников, Н.Б. Попова, Ven-Akiva M., Horowitz J.L., Roman C., Scheiner J., Porter M., Zhang M.

Целью диссертационной работы является совершенствование методов управления железнодорожными пассажирскими перевозками за счет учета конкуренции с автомобильным транспортом в междугородном сообщении.

Для достижения указанной цели потребовалось решить следующие задачи:

1. Обобщить и проанализировать информацию о транспортных потоках и пассажиропотоках на направлениях Новосибирск-Кемерово и Новосибирск-Томск, в том числе с разбивкой по способам передвижения: железнодорожный транспорт, автобусы, автомобили цифровых сервисов подбора пассажиров (ЦСПП).

2. Исследовать математические модели генерации спроса на междугородные пассажирские перевозки и модели выбора пассажирами способа передвижения в условиях конкуренции видов транспорта.

3. Разработать логит-модель выбора пассажирами способа передвижения в междугородном сообщении.

4. Сформировать базу данных пассажиропотоков, параметров видов транспорта и результатов расчета логит-модели выбора способа передвижения.

5. Построить модель принятия решений при управлении железнодорожными пассажирскими перевозками, учитывающую конкурентное взаимодействие участников рынка междугородных транспортных услуг.

Объект исследования. Транспортные потоки на рынке междугородных пассажирских перевозок.

Предмет исследования. Методы и модели управления потоками междугородного пассажирского транспорта в условиях конкуренции.

Область исследования диссертационной работы соответствует следующим пунктам заявленной специальности:

– п.1 – планирование, организация и управление транспортными потоками;

– п.4 – взаимодействие различных видов транспорта, межгосударственное сотрудничество в организации перевозок.

Методология и методы исследования. Методологической основой послужили положения теории транспортных потоков, теории множеств, теории принятия решений, теории игр, методы вероятностно-статистического анализа, метод максимального правдоподобия, методы оптимизации.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработан механизм распределения пассажиров по видам транспорта в междугородном сообщении, показывающий вероятность использования транспортных потоков при изменении их параметров.

2. Разработана методика расщепления спроса (modal split) на рынке междугородных пассажирских перевозок, позволяющая определить доли населения по равнозначному предпочтению видов транспорта. Расщепление производилось на основании данных о ежедневных пассажиропотоках и потоках транспортных средств.

3. Разработаны способы принятия управленческих решений предприятиями транспорта на рынке междугородных пассажирских перевозок, основанные на максимизации прибыли за счет изменения тарифов и интенсивности транспортного потока.

4. Построены механизмы управления взаимодействием видов транспорта в междугородном сообщении, позволяющие определить равновесные стратегии участников рынка при изменении интенсивности транспортных потоков и тарифов.

Теоретическая значимость научного исследования заключается в разработке механизмов управления предприятиями на рынке междугородных пассажирских перевозок, учитывающих участие цифровых сервисов подбора

пассажиров. Предложенный подход позволяет определить равновесную стратегию каждого из участников рынка и построить модель взаимодействия пассажиров и предприятий транспорта на основе некооперативных игр.

Практическая значимость научного исследования. Предлагаемые механизмы управления тарифами и интенсивностями потоков различных видов транспорта позволяют совершенствовать систему принятия решений при определении тарифов и интенсивности потока за счет учета перераспределения пассажиропотоков между конкурирующими видами транспорта в междугородном сообщении.

Реализация и внедрение результатов работы. Результаты диссертационного исследования изложены в научно-исследовательской работе «Математическое моделирование транспортных систем в условиях конкуренции» (регистрационный номер в базе ЕГИСУ НИОКТР АААА-А20-120042990006-9), выполненной в Сибирском государственном университете путей сообщения. Разработанные математические модели и результаты их расчетов представлены ОАО «Федеральная пассажирская компания» в части обоснования тарифов, интенсивности движения и пассажиропотоков при междугородных пассажирских перевозках по направлениям Новосибирск-Кемерово и Новосибирск-Томск. Практическое применение предложенных расчетов подтверждено соответствующим актом о внедрении.

Положения, выносимые на защиту:

1. Механизм распределения пассажиров по способам передвижения в междугородном сообщении на основе предложенной структуры вероятностной логит-модели.

2. Методика расщепления спроса на рынке междугородных пассажирских перевозок, основанная на распределении пассажиров на подмножества по равнозначному предпочтению потоков транспорта.

3. Критерии эффективности и стратегии, являющиеся основой для моделей управления потоками по видам транспорта в междугородном сообщении.

4. Механизмы взаимодействия междугородных видов транспорта на рынке пассажирских перевозок, позволяющие определить такие параметры равновесных стратегий участников рынка как интенсивность транспортного потока и тариф.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность полученных результатов подтверждается корректным использованием реальных исходных данных, математического аппарата, логикой построения исследования, непротиворечивостью полученных результатов выводам других авторов, соответствием результатов моделирования реальным статистическим данным. Основные положения диссертационной работы были представлены на научных конференциях: XI Всероссийской научно-практической конференции «Россия молодая» (КузГТУ, Кемерово, 2019 г.); Международной научно-практической конференции (Транспорт-2019) «Транспорт: наука, образование, производство» (РГУПС, Ростов-на-Дону, 2019 г.); III Национальной научно-практической конференции (ОТИС-2020) «Образование. Транспорт. Инновации. Строительство» (СибАДИ, Омск, 2020 г.); XI Международной научно-технической конференции «Политранспортные системы» (СГУПС, Новосибирск, 2020 г.); V Международной научно-практической конференции «Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах» (СибГИУ, Новокузнецк, 2021 г.); XIII Международной научно-технической конференции (САМИТ-2021) «Современные автомобильные материалы и технологии» (ЮЗГУ, Курск, 2021 г.). В период 2019-2022 гг. результаты диссертационных исследований обсуждались и получили одобрение на заседаниях кафедры «Высшая математика» и профильных кафедр СУГПС.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 9 научных работах, в том числе две статьи опубликованы в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, и одна статья в журнале,

индексируемом в международной базе данных Scopus. Получено свидетельство о регистрации базы данных RU 2020620191.

Основные положения и результаты исследований самостоятельно получены автором. Личный вклад автора в работах [86, 87], опубликованных в соавторстве, заключается в разработке моделей и алгоритмов реализации, проведение моделирования, анализ, интерпретация и обобщение полученных результатов.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы, включающего 114 наименований и четырех приложений. Содержание работы изложено на 119 страницах основного текста. Диссертационная работа включает 28 таблиц и 24 рисунка.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

1.1 Основные элементы рынка пассажирских перевозок

В хозяйстве любой страны приоритетное место занимает пассажирский транспорт. Обеспечение высокого уровня мобильности и транспортной доступности для населения является задачей государственного масштаба [4, 12, 18, 22, 32, 58, 59, 61, 72, 81, 89].

Основными участниками рынка пассажирских перевозок, непрерывно вступающими во взаимодействие, являются пассажиры, предприятия транспорта и государство. При этом рыночные процессы протекают в определенной социально-экономической среде. Социально-экономическая среда характеризуется структурой и доходами населения, а также уровнем развития транспортной инфраструктуры [8, 14].

Главная цель пассажиров на рынке – это удовлетворение своей потребности в перемещении при оптимальном соотношении цены и качества. Качество обслуживания пассажиров, как правило, оценивается с помощью таких показателей, как время в пути, комфорт, безопасность, интенсивность транспортного потока (удобство расписания) [5, 6, 7, 9, 13, 54].

Государство в отношении пассажирских перевозок может ставить следующие задачи: уменьшение общих потерь времени населения на перемещение, уменьшение общих потерь ресурсов, обеспечение финансовой доступности транспортных услуг, обеспечение безубыточности предприятий транспорта. В зависимости от поставленной задачи государство выбирает свою стратегию, то есть набор активных действий по решению задачи. К активным действиям следует отнести принятие решений в отношении развития инфраструктуры и субсидирования перевозок какого-либо вида транспорта. Также государство может принять решение о невмешательстве и стать пассивным участником рынка транспортных услуг. Отдельно следует

выделить стратегию государства по развитию высокоскоростного движения на выбранном направлении.

Предприятия транспорта, кроме реализации процесса перевозки пассажиров, могут ставить своей целью либо максимизацию прибыли, либо увеличение доли присутствия на рынке пассажирских перевозок. Стремление увеличивать эту долю в краткосрочном периоде сопровождается финансовыми потерями, однако в дальнейшем возможен значительный прирост прибыли. К стратегиям предприятий транспорта также относятся принимаемые решения по активной регулировке основных факторов, оказывающих влияние на выбор пассажиром способа передвижения. Качество перевозочного процесса при этом зависит от того, насколько соответствуют подвижной состав и интенсивность его движения по маршруту конкретному пассажиропотоку [23, 24, 30, 35, 40, 48, 64, 69].

В двадцатом веке было положено начало многим направлениям развития теории управления системами, включая транспортные. В 40-х годах отдельно выделилась и стала самостоятельной теория игр. На ее основании в 60-х годах сформировалась и теория активных систем.

Оптимизацию работы пассажирского транспорта следует рассматривать с позиций теории активных систем, так как пассажиры и транспортные компании являются активными агентами, то есть могут предпринимать реальные действия на рынке транспортных услуг. Главной особенностью активной системы является наличие целевой функции агентов. Поэтому теория активных систем находится в основе разработки систем управления пассажирским транспортом. Следует отметить, что в настоящее время практически отсутствуют работы по совместному применению теории активных систем и теории игр в управлении системами, к числу которых относятся транспортные системы стран и регионов [16, 63].

1.2 Подходы к оценке качества функционирования транспортной системы

Для оценки качества обслуживания населения городским пассажирским транспортом долгое время использовался метод, основанный на сравнении нормативного и фактического времени, затраченного потребителями транспортной услуги в пути следования [13]. Однако для оценки качества транспортных услуг междугородных направлений применение такого метода явно не достаточно.

В исследованиях [10, 29, 36, 57, 60, 71] показано, что важнейшим критерием качества обслуживания пассажиров принимаются общие затраты времени на поездку. Данный подход применяется в тех условиях, когда затраты времени могут сильно изменяться в зависимости от разных факторов. Для городского пассажирского транспорта такими факторами выступают загруженность улично-дорожной сети и интенсивность транспортного потока. Для междугородного пассажирского транспорта таким фактором выступает вид транспорта, которым планируется совершить перемещение. При этом необходимо разбивать общие затраты времени на интервалы, в течение которых пассажир добирается до места посадки в пункте отправления и от места высадки в пункте назначения, ожидает транспортное средство и находится непосредственно в пути. При этом следует заметить, что для регулярного междугородного пассажирского транспорта время в пути колеблется несущественно, а время отправления известно точно, что позволяет минимизировать время ожидания.

Строго говоря, время в пути следования между населенными пунктами можно уменьшить за счет развития соответствующей инфраструктуры и обновления транспортных средств. Интервалы времени, в течение которого пассажир добирается до места посадки и от места высадки, зависят от городского пассажирского транспорта и могут быть сокращены за счет обновления парка подвижного состава, а также посредством применения

организационных методов. К организационным методам в данном случае следует отнести, например, выделение полосы для движения автобусов и сокращение числа остановок на маршрутах.

Также принято оценивать затраты времени пассажиров в стоимостном выражении [29]. Однако стоимость пассажиро-часа у каждого человека индивидуальна и зависит от социально-экономического положения индивидуума, а также от обстоятельств, в связи с которыми совершается поездка. Основные методики [3, 9, 51] оценки стоимости пассажиро-часа основаны на определении среднечасовой заработной платы пассажира и его субъективного восприятия ценности личного времени.

В современной рыночной экономике главным интегрированным показателем качества транспортного обслуживания является уровень спроса со стороны пассажиров. Именно уровень спроса наиболее полно отражает в себе сочетание всех критериев качества, к которым следует относить: время в пути, уровень комфорта и безопасности, интенсивность транспортного потока (удобство расписания), удобство посадки и высадки, транспортная доступность мест посадки и высадки, удобство оплаты за проезд, информационная доступность, удобство провоза багажа, риски задержки в пути следования [42]. Математическая постановка задач повышения качества транспортного обслуживания подробно описана в [59].

1.3 Моделирование генерации спроса на пассажирские перевозки

Большое значение для планирования и организации работы транспорта имеют исследования по определению спроса на пассажирские перевозки. Методы прогнозирования пассажиропотоков на заданных направлениях следования условно подразделяются на два вида: статистические и эмпирические. В основе статистических методов лежит анализ данных по перемещению пассажиров за предыдущие периоды [83]. В свою очередь эмпирические методы предполагают увязку количественных характеристик

пассажиропотоков и генерирующих их населенных пунктов с применением различных коэффициентов [20].

Генерация пассажиропотоков имеет большое значение в процессе управления пассажирским транспортом. Наиболее точно определенные объемы зарождения потенциальных пассажиров позволяют рационально использовать инфраструктуру, имеющиеся технические средства и ресурсы в процессе организации пассажирских перевозок на выбранном направлении [88].

Существуют разнообразные методы для определения величины генерации пассажиропотоков. Данные методы можно разделить на следующие классы: гравитационные, энтропийные и статистические [20, 84, 103, 107]. Применение гравитационных методов основано на использовании закона всемирного тяготения. В энтропийных методах за основу взят второй закон термодинамики. Результативность применения статистических методов обусловлена учетом реального пассажиропотока за определенный промежуток времени и социально-экономических условий [39, 53, 79].

1.4 Моделирование выбора способа передвижения

Известно, что моделирование выбора индивидом товаров и услуг является основой для рационального распределения природных благ с целью максимального удовлетворения предпочтений населения. Механизм анализа предпочтений дает возможность наиболее рационального использования природных ресурсов, избегая перерасходов данных ресурсов в направлении товаров и услуг, которые не пользуются спросом у индивидов.

Для предприятий пассажирского транспорта важным фактором рационального использования ресурсов или, в нашем случае, снижения расходов, является уменьшение числа непроданных билетов. Таким образом, каждая фирма на рынке пассажирских перевозок стремится к равенству количества предложенных мест и числа проданных билетов при

максимальном удовлетворении спроса на пассажирские перевозки. Предугадать перспективный объем перевезенных пассажиров означает предугадать спрос на рынке транспортных услуг. Решение задачи прогнозирования пассажирских потоков означает наиболее рационально распределять производственные мощности и вести грамотную ценовую политику в процессе конкуренции на рынке транспортных услуг при условии полного удовлетворения спроса населения на пассажирские перевозки.

Наиболее простые модели выбора способа передвижения основаны на эмпирических моделях. В таких моделях спрос разделяется между видами транспорта по наиболее представительному фактору, как это показано на рисунке 1.1 [65].

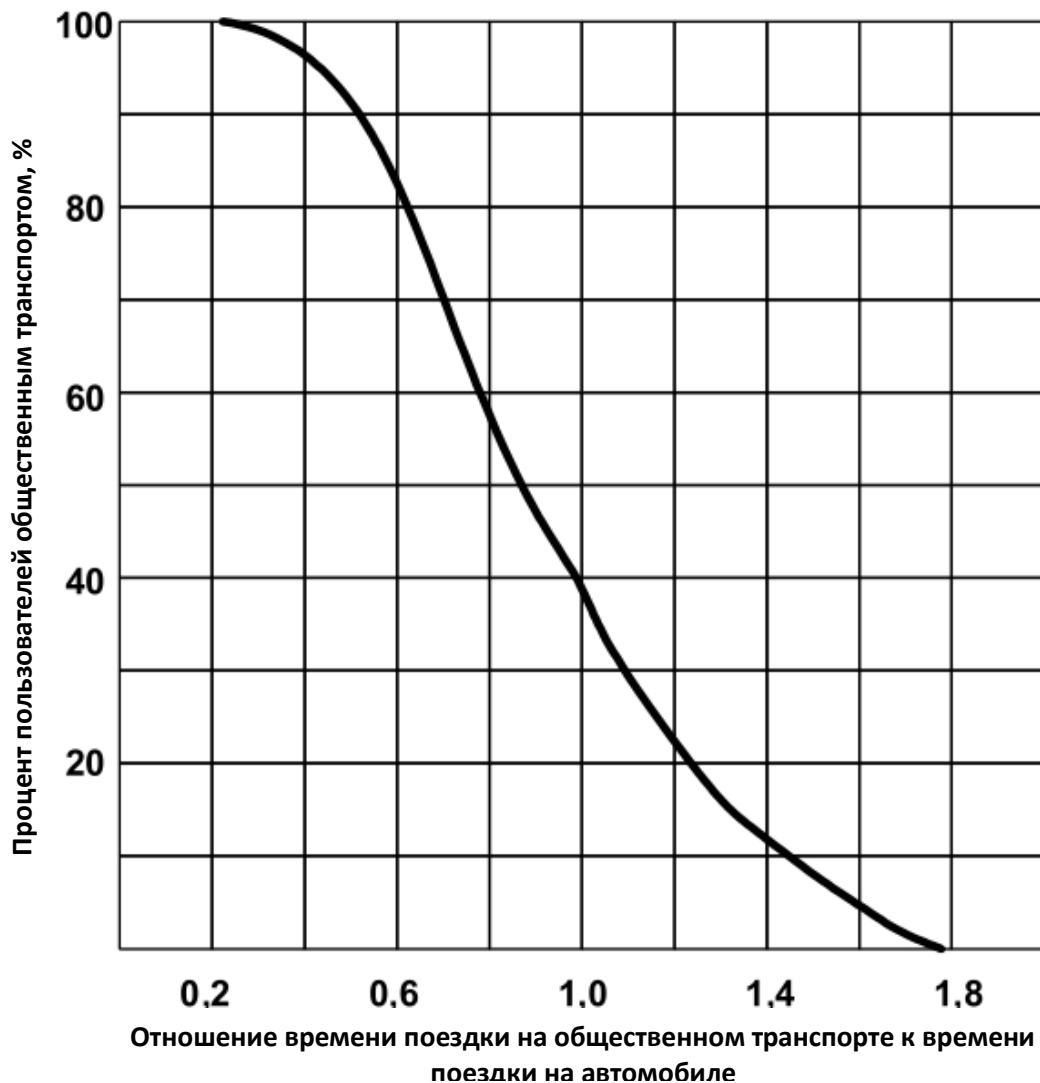


Рисунок 1.1 – График предпочтения пассажиров в зависимости от длительности поездки [26]

По графику определяется вид транспорта, который выберут пассажиры для поездки на основании разницы в длительности поездок личным и общественным транспортом.

За рубежом основным направлением исследований рынка пассажирских перевозок являются подробное изучение и моделирование процесса выбора пассажирами способа передвижения [95, 105]. На выбор пассажирами способа передвижения оказывают влияние факторы, зависящие от параметров социально-экономического положения человека и от параметров видов транспорта. К социально-экономическим параметрам пассажира принято относить пол, возраст, род деятельности, уровень доходов, количество членов семьи, количество автомобилей в собственности семьи. К параметрам видов транспорта относят время в пути, стоимость проезда, уровень комфорта и безопасности, интенсивность потока (удобство расписания) и т.д.

Существуют детерминированные модели выбора. Принято выделять четыре типа таких моделей [26]:

1) Аддитивные модели, описываемые формулой:

$$Y = \sum_{i=1}^N k_i \cdot x_i \quad (1.1)$$

где x_i – параметр модели;

k_i – поправочный коэффициент параметра модели;

N – количество параметров в рассматриваемой модели;

Y – значение функции.

2) Мультипликативные модели, описываемые формулой:

$$Y = \prod_{i=1}^N k_i \cdot x_i . \quad (1.2)$$

3) Кратные модели, описываемые формулой:

$$Y = \frac{x_i}{x_j} . \quad (1.3)$$

где x_j – параметр модели.

4) Смешанные модели, которые представляют собой комбинацию формул вышеописанных типов.

Однако, если принять, что детерминированная модель выбора составлена корректно, то в соответствии с ней все индивиды с идентичными характеристиками в одних и тех же условиях должны совершать одинаковый выбор. На практике даже один и тот же человек, попадая в одну и ту же ситуацию, может совершать разный выбор.

Помимо этого следует учесть тот факт, что детерминированная модель выбора не может быть составлена идеально, то есть существуют ограничения в информации. Вследствие неполноты данных могут возникать «аномалии» в поведении людей, которые модель не может объяснить или спрогнозировать. Хотя для самого индивида его поведение будет вполне рациональным. Также возможна ситуация наличия неполноты информации, которой располагает индивид, следствием чего является его отклонение в принятии решения от наиболее рационального выбора. По причине невозможности точного описания поведения всех индивидов в процессе выбора при заданных условиях, следует принять вероятностную природу выбора.

Большую сложность при моделировании рынка пассажирских перевозок представляет получение объективной информации о факторах, оказывающих влияние на поведение пассажиров, а также расчет параметров модели. Вследствие чего для моделирования процесса выбора пассажиром способа передвижения принято использовать вероятностный метод на основе логит-функции [31, 96, 97]. Подчеркнем, что вероятностный метод позволяет пренебречь рядом факторов, по которым затруднено получение объективной информации, без существенного искажения результатов.

Пусть между двумя населенными пунктами существует N доступных пассажиру способов передвижения. Тогда вероятность выбора j -м

пассажем i -го вида транспорта P_{ij} в логит-модели определяется по следующей формуле:

$$P_{ij} = \frac{e^{u_{ij}}}{\sum_{i=1}^N e^{u_{ij}}}, \quad (1.4)$$

где u_{ij} – функция полезности (детерминированный компонент) j -го пассажира при выборе i -го способа передвижения.

Прежде чем рассмотреть, как возникает спрос на определенный вид транспорта для передвижения, следует отметить, что спрос – это желание и возможность покупателя (пассажира) купить товар или услугу по различным ценам в данном месте и данное время. Таким образом, индивидуум совершает выбор только среди объективно доступных видов транспорта, то есть пассажир не может выбрать, например, воздушный способ передвижения между населенными пунктами, если авиатранспорт на данном направлении не функционирует.

В соответствии с общепринятой теорией потребительского поведения и ординалистской теорией полезности, индивидуум отдает свое предпочтение таким товарам или услугам, которые приносят ему наибольшую общую полезность. Следует отметить, что общая полезность не может быть объективно и количественно точно определена, поэтому является субъективной величиной, зависящей от восприятия каждого человека в отдельности.

Придавая количественные значения товарам или услугам, подлежащим выбору, важно учитывать, что данные значения несут в себе информацию только о предпочтении. Иными словами, именно количественные значения позволяют ранжировать товары или услуги по степени предпочтения в определенном порядке (ординалистски). Следует принять, что данные значения не предоставляют информации о количественном соотношении предпочтений товаров или услуг между собой, то есть невозможно точно

оценить, во сколько раз один товар имеет большую полезность, чем альтернативный товар.

1.5 Моделирование рынка пассажирских перевозок

Важным направлением исследования пассажирских перевозок является моделирование рыночного взаимодействия разных видов транспорта, пассажиров и государства. Это позволяет понять сущность происходящих на рынке конкурентных процессов и определить влияющие на них внешние и внутренние факторы. Работа [105] описывает теоретико-игровую модель рынка городского пассажирского транспорта. В свою очередь в исследовании [47] представлен анализ внутриотраслевой конкуренции на региональном рынке пригородных пассажирских перевозок с целью выработки оптимальной стратегии развития.

Сравнительно новым методом исследований городских и междугородных передвижений пассажиров является анализ данных операторов мобильной связи [113]. В данной работе гипотеза о типе модели, описывающей принадлежность абонента к определенному слою населения, проверяется на основе прокси-факторов в виде дерева решений и проводится стратификация абонентов. Предложена методика формирования матриц пассажиропотоков с применением регрессионного анализа.

По прогнозам количество междугородных поездок будет только расти, поэтому все большее значение будет приобретать качество связи междугородного и городского видов транспорта. В работе [93] проведено исследование влияния параметров интермодальных пассажирских перевозок на спрос. Стандартными параметрами модели приняты стоимость проезда, время в пути, а также время, затрачиваемое на то, чтобы воспользоваться транспортом и покинуть его, социально-экономические переменные. Дополнительными параметрами явились наличие услуги автоматической передачи багажа с одного вида транспорта на другой, наличие страхования

билетов, время перехода или ожидания при пересадке с одного вида транспорта на другой.

В исследовании [101] проведен анализ потенциальной конкуренции скоростного поезда и воздушного транспорта между Мадридом и Барселоной. Авторами была разработана модель расщепления спроса с использованием смешанной базы данных выявленных и заявленных предпочтений. Определена разная готовность населения платить за улучшение качества обслуживания. Результаты работы поставили под сомнение эффективность внедрения высокоскоростных железных дорог на рынках междугородного транспорта с приоритетным выбором населением авиасообщения.

Основной целью исследования [109] является анализ конкуренции на рынке междугородных пассажирских перевозок в развивающейся стране. Авторы рассмотрели конкурентное взаимодействие между высокоскоростной железной дорогой и автобусным сообщением на направлении Бангалор-Майсур. Предварительно было проведено масштабное анкетирование для определения заявленных и выявленных предпочтений. Также было обнаружено, что люди приблизительно одинаково ценят личное время как в транспортном средстве, так и вне его, когда добираются до места посадки. Поэтому было предложено развивать фидерные пассажирские перевозки до мест посадки на высокоскоростной поезд.

Конкуренция междугородных видов транспорта на направлении Милан-Рим проанализирована в работе [108]. Данное направление перевозок, как отмечают авторы, уникально тем, что при большом пассажиропотоке отмечается низкий уровень конкуренции внутри видов транспорта. С 1995 по 2008 годы услуги по авиаперевозкам предоставляло две компании. В 2008 году произошло слияние компаний, и рынок авиаперевозок стал монопольным. Железнодорожный транспорт также был представлен одной компанией. Авторы показали, как будет перераспределяться пассажиропоток

в зависимости от изменения тарифов, а также при появлении среди действующих видов транспорта новых компаний-конкурентов.

Важно заметить, что следствием усиления конкуренции является увеличение затрат на охрану окружающей среды. В работе [100] отмечена сложность моделирования междугородного пассажирского транспорта, которая обусловлена взаимосвязанностью поведения основных участников рынка. Авторами предложены две двухуровневые модели междугородных пассажирских перевозок. Для усиления экономического роста правительство Тайваня первоначально делало ставку на развитие автомобильного вида транспорта. По мере роста благосостояния населения увеличивалось и число автомобилей. Виды общественного транспорта были вынуждены либо увеличить цены на билеты, либо снизить интенсивность отправок. Такие меры послужили очередным толчком к развитию автомобильного транспорта. Парадокс Доунса-Томсона проявил себя в полной мере [114]. В результате сложилась ситуация, когда автомобильный транспорт перестал приносить необходимую пользу из-за высокой загруженности автомобильных трасс, а общественный транспорт стал менее предпочтительным из-за высокой стоимости проезда и неудобства расписания. Авторы показали, что решение заключается в развитии общественных видов пассажирского транспорта, наиболее перспективным среди которых является высокоскоростной железнодорожный транспорт.

Оптимизация рынка междугородных пассажирских перевозок положительно сказывается на экологии. В работе [112] установлено, что междугородный пассажирский транспорт Китая может сэкономить 2515,5 млн. тонн условного топлива и привести к совокупному сокращению выбросов углекислого газа в атмосферу на 8447,4 млн. тонн в период с 2015 по 2050 годы.

Экологический аспект междугородных пассажирских перевозок подробно рассмотрен в работе [106]. Авторы обращают внимание на необоснованность широкого распространения суждения о строительстве

высокоскоростных железнодорожных линий как части решения проблемы изменения климата. Основными преимуществами высокоскоростной железной дороги, как известно, являются: экономия времени и высокая пропускная способность, а не сокращение выбросов парниковых газов. Инвестиции для прокладки новой высокоскоростной железнодорожной линии следует рассматривать только в том случае, если объем пассажиропотока достаточно высок. В противном случае выбросы газов в атмосферу при строительстве могут превысить ожидаемое снижение экологического ущерба на несколько десятилетий вперед. Поэтому авторы предложили модернизировать существующие железнодорожные линии для повышения скорости движения поездов до требуемого уровня.

1.6 Перспективы развития городского пассажирского транспорта

В сфере организации и планирования работы городского пассажирского транспорта (ГПТ) основным трендом является ограничение использования личного автомобильного транспорта. Для целого ряда городских транспортных систем (ГТС) такой подход применяется в целях снижения загруженности дорог, а также для уменьшения выбросов продуктов сгорания в атмосферу. Еще в двадцатом веке ученые посредством моделирования пришли к выводу о невозможности создания городской инфраструктуры, позволяющей абсолютно каждому человеку пользоваться личным автомобилем. В большой степени это обусловлено отсутствием достаточного количества свободных площадей в пределах городской агломерации [34, 66, 68, 106].

Структурная модель смещения спроса на использование личного автотранспорта в поездках населения представлена на рисунке 1.2.

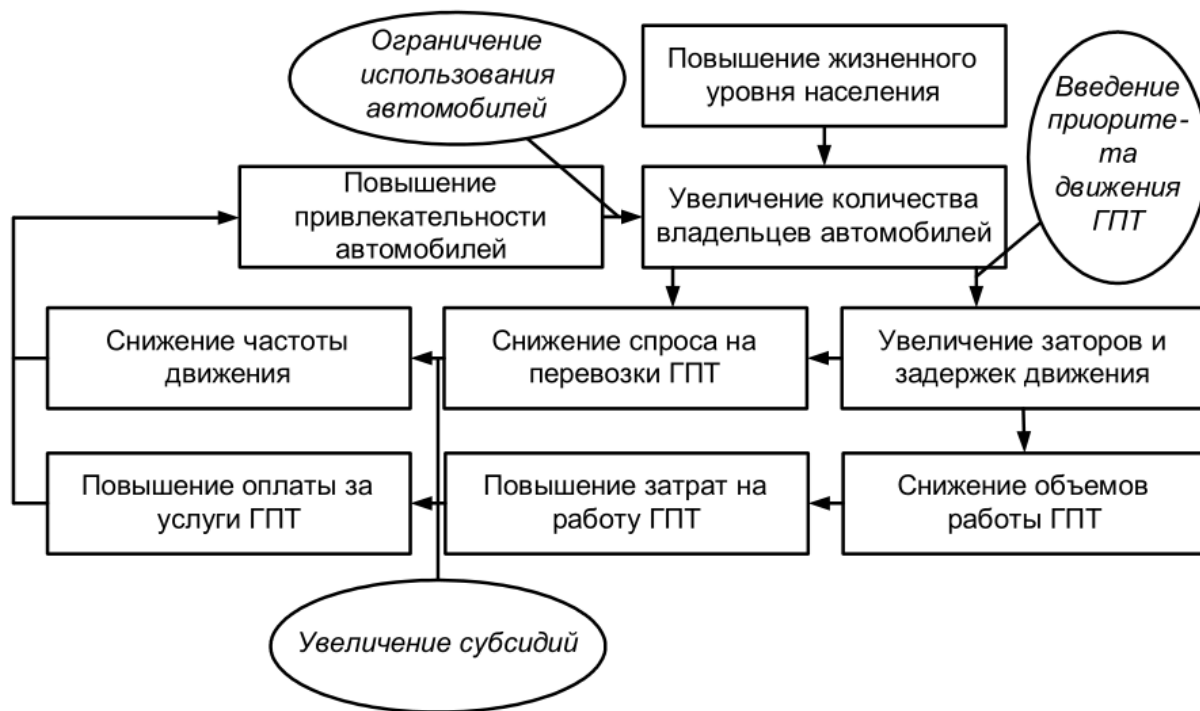


Рисунок 1.2 – Структурная модель увеличения использования доли личного автотранспорта в поездках населения [26]

На схеме в овальных текстовых блоках перечислены основные мероприятия, направленные на замедление роста или снижение использования личных автомобилей в пределах города [44, 50, 77].

Важным направлением развития городских пассажирских транспортных систем является использование железнодорожной инфраструктуры, расположенной в черте города. Использование существующих железнодорожных линий позволяет перераспределить пассажиропоток, что существенно разгружает улично-дорожную сеть города. При этом данная мера предоставляет возможность избежать существенных расходов на строительство новой транспортной инфраструктуры [11, 41, 78].

Для уменьшения выбросов газов в атмосферу и для увеличения провозной способности системы городского пассажирского транспорта развиваются экологически более чистые виды транспорта: метрополитен, трамваи троллейбусы и электробусы. Помимо этого, для увеличения эффективности функционирования транспортной системы применяются

такие меры, как выделение полос на дорогах для движения автобусов [38, 43]. В целях снижения и упорядочивания использования личного автомобильного транспорта используются зоны платной парковки [46, 82].

1.7 Перспективы развития междугородного пассажирского транспорта

Развитие междугородного пассажирского транспорта необходимо для своевременного перемещения трудовых ресурсов и расширения коммуникации населения в регионах страны. Междугородное сообщение преимущественно осуществляют следующие виды транспорта: автомобильный, железнодорожный и воздушный. Автомобильный транспорт подразделяется на автобусы междугородного сообщения, маршрутные такси в пределах городских агломераций, персональный легковой автомобильный транспорт, междугородные такси, а также автомобильный транспорт, нанимаемый посредством цифровых сервисов подбора пассажиров, например сервиса BlaBlaCar. В 75 регионах страны железнодорожный транспорт представлен как пассажирскими поездами дальнего следования, так и пригородными электропоездами. Воздушный транспорт может быть разделен по типу авиарейсов: регулярные (по расписанию) и чартерные. В ряде регионов страны в теплое время года в конкуренцию за пассажиропоток включается внутренний водный транспорт [27, 70, 75, 85].

В условиях наличия конкурентной среды возрастают и требования пассажиров к перевозочному процессу. В основном предприятия транспорта стремятся нарастить свой пассажиропоток за счет уменьшения стоимости проезда. Зачастую снижение цены достигается путем увеличения населенности салонов транспортных средств. Данная мера приводит к снижению эксплуатируемого парка подвижного состава, сокращению обслуживающего персонала и, как следствие, уменьшению общих расходов предприятий транспорта. Такой подход считается наиболее эффективным способом оптимизации и привлечения пассажиропотока. Однако сокращение

эксплуатируемого парка транспортных средств может привести к увеличению интервалов отправок выбранного вида транспорта и, как следствие, увеличению времени ожидания пассажиров, что оказывает отрицательное влияние на потенциальный пассажиропоток [47].

Большое значение для планирования и организации работы предприятий транспорта имеют исследования по прогнозированию пассажирских потоков и определению спроса на рынке [52]. В работе [28] обоснована зависимость перспективного пассажиропотока автотранспортных предприятий от формирования оптимальной маршрутной сети, разработана методика определения наиболее эффективных рекламных средств, позволяющих максимизировать прибыль от реализации пассажирских перевозок.

Одним из способов совершенствования работы автотранспортных предприятий является создание единой системы эксплуатации междугородной маршрутной сети, включающей распределение транспортной работы между перевозчиками [90]. Повышение конкурентоспособности автотранспорта происходит за счет оптимизации количества автобусов на всех маршрутах, рационального закрепления маршрутов за перевозчиками и создания единой системы управления.

Основная идея исследования [19] заключается в оптимизации парка подвижного состава отдельных автотранспортных предприятий с целью снижения стоимости проезда для населения как наиболее эффективного способа привлечения пассажиропотока.

При проведении наиболее полного анализа рынка пассажирских перевозок важно принимать во внимание поведение конкурирующих видов транспорта. Комплексный подход к изучению рынка показан в работе [73]. Для разрешения проблемы тарифообразования железнодорожного транспорта автором разработана модель рынка пригородных пассажирских перевозок, включающая всех участников процесса: пассажиров,

транспортные компании и государство. Рассмотрены основные факторы, в значительной мере формирующие спрос на транспортные услуги.

1.8 Современные особенности поведения пассажиров

Постиндустриальное общество характеризуется высоким уровнем развития вычислительных мощностей и широким распространением различных компьютеров и гаджетов среди населения. Вкупе с развитием широкополосного интернета и мобильной связи это оказывает влияние на все привычные сферы жизни и деятельности человека [2, 25, 56].

Большое влияние на поведение пассажиров и, как следствие, на транспортные потоки оказывает «интернет вещей» [1, 17, 33]. В настоящее время человек может определить координаты интересующего его транспортного средства и минимизировать свое время ожидания, не покидая дом или иное место расположения. Следовательно, выбор транспортного средства больше не сводится только к интуитивному определению общих затрат времени на поездку.

При помощи телефона и приложений человек получает возможность в любом удобном месте покупать и сдавать билеты на транспорт, арендовать жилые помещения и офисы, выбирать и заказывать питание, а также оплачивать иные доступные услуги. Другими словами, полноценно и качественно планировать свою поездку.

В результате развития способов обмена данными появились сервисы и приложения поиска попутчиков для совместных поездок. Таким образом, в настоящее время получили распространение коллективные формы эксплуатации личных транспортных средств [99, 104, 110].

Необходимо отметить, что для предприятий пассажирского транспорта также открываются новые возможности в сфере сбора информации о передвижениях пассажиров, что следует учитывать при планировании производственных мощностей. Мониторинг передвижения пассажиров

преимущественно осуществляется компаниями-операторами сотовой связи [5, 55, 94].

1.9 Выводы по разделу

Рынок междугородных пассажирских перевозок является сложной системой, в которой непрерывно взаимодействуют пассажиры, предприятия транспорта и государство. При этом рыночные процессы протекают в определенной социально-экономической среде.

Главная цель пассажиров на рынке – это удовлетворение своей потребности в перемещении при оптимальном соотношении цены и качества. Качество обслуживания пассажиров можно оценить с помощью таких показателей, как время в пути, комфорт, безопасность, интенсивность транспортного потока (удобство расписания). В современной рыночной экономике главным интегрированным показателем качества транспортного обслуживания является уровень спроса со стороны пассажиров. Именно уровень спроса наиболее полно отражает в себе сочетание всех упомянутых критериев качества.

Большое значение для планирования и организации работы транспорта имеют исследования по определению спроса на пассажирские перевозки. Точно определенные объемы зарождения пассажиров позволяют рационально использовать инфраструктуру, имеющиеся технические средства и ресурсы в процессе организации пассажирских перевозок на выбранном направлении.

В условиях конкурентной среды возрастают и требования пассажиров к перевозочному процессу. При проведении наиболее полного анализа рынка пассажирских перевозок важно принимать во внимание поведение конкурирующих видов транспорта при проведении наиболее полного анализа рынка пассажирских перевозок. Поэтому перспективным направлением исследования и планирования пассажирских перевозок является

моделирование рыночного взаимодействия различных видов транспорта, пассажиров и государства. Данный подход позволяет понять сущность происходящих на рынке конкурентных процессов и определить влияющие на них внешние и внутренние факторы.

Моделирование выбора индивидом товаров и услуг является основой для рационального распределения природных благ с целью максимального удовлетворения предпочтений населения. Механизм анализа предпочтений дает возможность наиболее рационального использования всех видов ресурсов, избегая перерасходов данных ресурсов в направлении товаров и услуг, которые не пользуются спросом у человечества.

Современный этап развития общества характеризуется высоким уровнем развития вычислительных мощностей и широким распространением различных компьютеров и гаджетов среди населения. В настоящее время существуют сервисы и приложения поиска попутчиков для совместных поездок. Таким образом, получили распространение коллективные формы эксплуатации личных транспортных средств.

2 МОДЕЛИ ПАССАЖИРСКИХ ПОТОКОВ

2.1 Гравитационная модель генерации пассажиропотоков

В диссертационной работе проведено исследование пассажиропотоков на направлении Красноярск-Ачинск, в рамках которого произведена проверка соответствия значений фактических размеров пассажиропотоков значениям, полученным при построении гравитационной модели передвижения пассажиров.

Перемещение пассажиров между Красноярском и Ачинском осуществляется посредством автомобильного и железнодорожного видов транспорта. Автомобильный транспорт подразделяется на автобусы междугородного сообщения, маршрутные такси пригородного сообщения в пределах Красноярской агломерации и персональный легковой автомобильный транспорт.

Железнодорожный транспорт на данном направлении представлен поездами дальнего следования и пригородным железнодорожным транспортом (электропоездами). Поезда дальнего следования совершают остановку только в городах Красноярск и Ачинск. Пригородные поезда останавливаются на каждой станции и остановочной платформе по ходу своего движения. Всего по маршруту Красноярск-Ачинск электропоезда совершают 49 остановок. Железнодорожная станция Чернореченская является станцией оборота пригородных поездов. Подавляющее большинство пригородных поездов следует до станции Чернореченская, где производится пересадка пассажиров на другие пригородные поезда для дальнейшего следования до станции назначения. Существенно меньшая часть электропоездов проследует станцию Чернореченскую без оборота, то есть без пересадки пассажиров.

На рисунке 2.1 представлены маршруты движения автомобильного (зеленый цвет) и железнодорожного (серый цвет) видов транспорта.

Автомобильный транспорт осуществляет свое передвижение по участку федеральной автомобильной дороги Р255 «Сибирь». Длина автомобильного маршрута составляет 179 км. Железнодорожный транспорт перемещается вдоль участка Транссибирской железнодорожной магистрали. Расстояние между Красноярском и Ачинском по железной дороге равняется 185 км.



Рисунок 2.1 – Маршруты движения автомобильного и железнодорожного транспорта

Прогноз генерации пассажирского потока между двумя населенными пунктами может быть осуществлен при помощи гравитационной модели. Существует базовая функция гравитационной модели пассажирских перевозок [21]:

$$\text{ПП}_{ij} = A \cdot \frac{Q_i \cdot Q_j}{R_{ij}^2}, \quad (2.1)$$

где ПП_{ij} – пассажиропоток между i -м и j -м населенным пунктом;

A – числовой коэффициент функции;

Q_i, Q_j – количество человек, проживающих в i -м и j -м населенных пунктах;

R_{ij} – расстояние между i -м и j -м населенными пунктами.

Базовая функция гравитационной модели пассажирских перевозок может быть преобразована в зависимости от используемых исходных данных и степени схожести с другими математическими функциями. В данном исследовании при моделировании прогнозных значений пассажиропотока была использована функция вида:

$$\text{ПП}_{ij} = A \cdot Q_i \cdot Q_j \cdot e^{B \cdot R_{ij}}, \quad (2.2)$$

где A , B – числовые коэффициенты функции.

Для построения гравитационной модели пассажирских перевозок использовались демографические сведения следующих населенных пунктов: Красноярск, Минино, Козулька, Новочернореченский (станция Чернореченская), Тарутино, Ачинск.

На основании данных автовокзала Красноярска за 2019 год по количеству перевезенных пассажиров автобусами междугородного сообщения на направлении Красноярск-Ачинск и соответствующих прогнозных значений пассажиропотоков между населенными пунктами, полученных с помощью гравитационной модели, была построена диаграмма рассеяния отношений и расстояний (рисунок 2.2). По вертикальной оси графика отложены отношения пассажиропотоков ПП_{ij} к произведению числа жителей населенных пунктов, между которыми осуществляется передвижение. По горизонтальной оси отложены расстояния между соответствующими парами населенных пунктов. На графике сплошными линиями представлены две линии тренда для высокого (более 1 пасс./сут) и низкого (менее 1 пасс./сут) пассажиропотока. На диаграмме можно наблюдать, что гравитационная модель с большой точностью описывает высокий пассажиропоток. Однако полученные с помощью гравитационной модели значения отношений существенно отличаются от фактических значений при низком пассажиропотоке.

В процессе анализа данных было выявлено 6 пар населенных пунктов (они не представлены на диаграмме), для которых прогнозные значения пассажиропотоков оказались значительно ниже фактических. Характерной особенностью данных пар населенных пунктов является их сравнительно близкое расположение (до 25 км). Один из населенных пунктов в таких парах является крупным городом, а второй – сельским поселением. Таким образом, можно заключить, что выявленная аномалия объясняется тем, что люди

совершают маятниковые перемещения, то есть ездят на работу и с работы. Для более точной идентификации цели поездок следует проводить анкетирование населения.

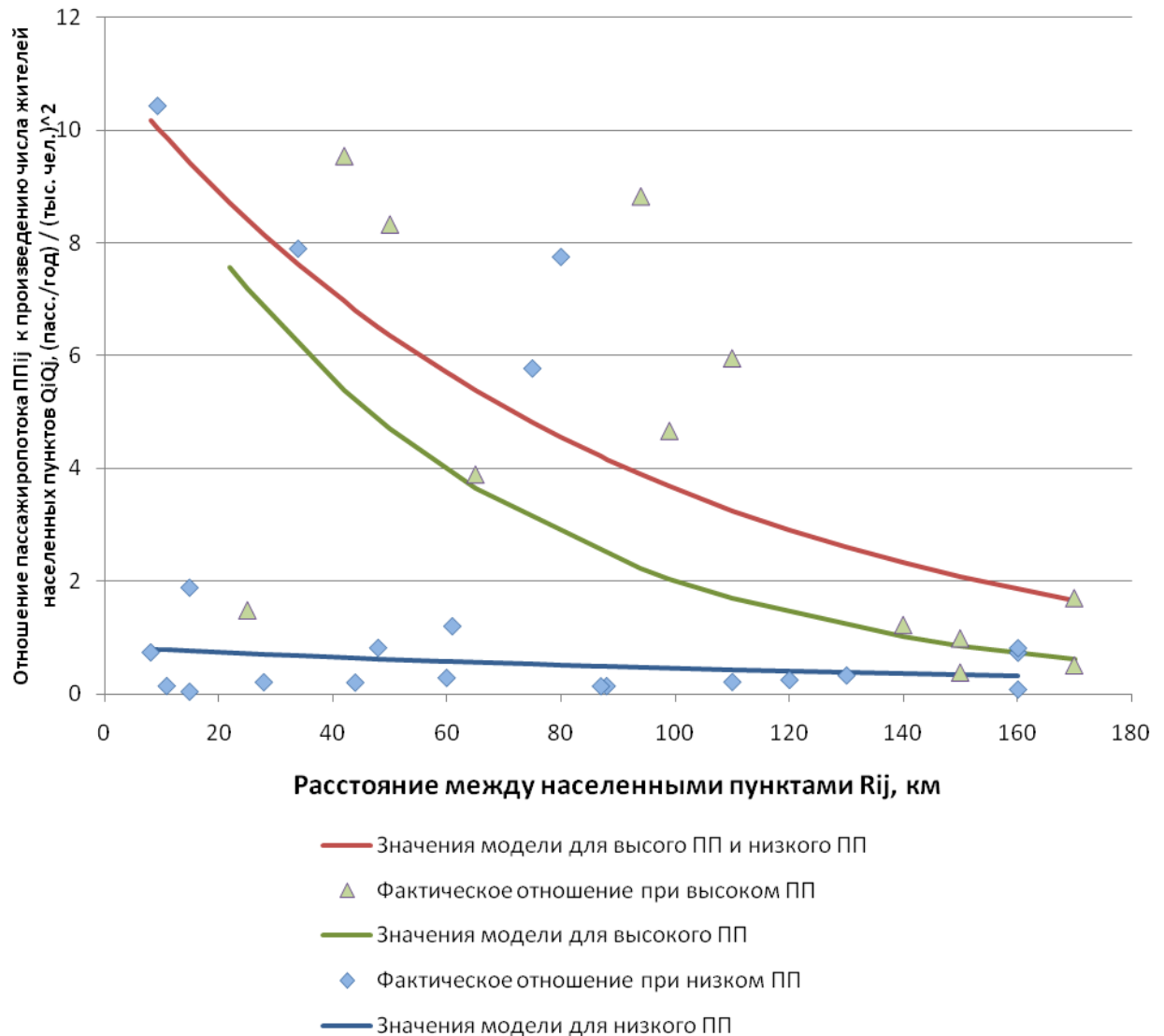


Рисунок 2.2 – Диаграмма рассеяния отношений и расстояний для автобусного междугородного сообщения

На основании данных АО «КрасПригород» за 2019 год по количеству перевезенных электропоездами пассажиров на направлении Красноярск-Ачинск и соответствующих прогнозных значений пассажиропотоков между населенными пунктами, полученных с помощью гравитационной модели, также была построена диаграмма рассеяния отношений и расстояний

(рисунок 2.3). Данная диаграмма для пригородного железнодорожного транспорта по своей структуре аналогична диаграмме для автобусного междугородного сообщения.

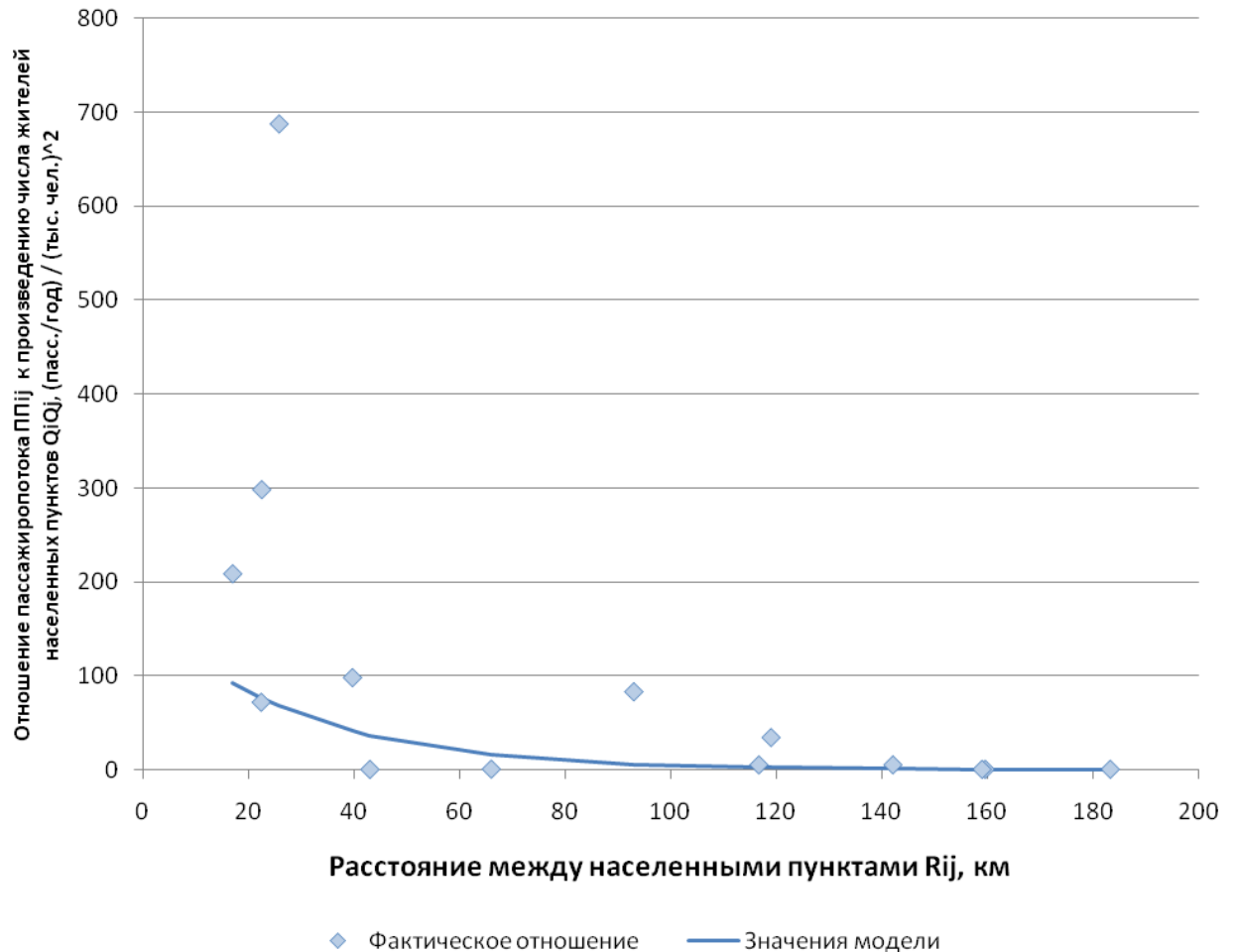


Рисунок 2.3 – Диаграмма рассеяния отношений и расстояний для пригородного железнодорожного транспорта

Следует заметить, что при построении модели из исходных данных исключены пассажиропотоки до садоводческих товариществ, ввиду отсутствия возможности определить число постоянных жителей данных населенных пунктов.

При попытке формирования гравитационной модели с учетом небольших населенных пунктов населением до 700 человек оказалось, что фактические значения пассажиропотоков существенно превосходят соответствующие прогнозные значения. Поэтому из исходных данных были

исключены пассажиропотоки до небольших населенных пунктов. Вероятнее всего данная аномалия также объясняется доминированием передвижений местных жителей до работы, а также наличием приусадебных участков городского населения на территории и вблизи небольших населенных пунктов. Для выяснения обстоятельств, определяющих поведение пассажиров, следует проводить анкетирование населения.

В рамках проводимого исследования была установлена возможность решения обратной задачи: определение числа жителей населенных пунктов или садоводческих товариществ на основании существующего пассажиропотока на участке.

2.2 Логит-модель выбора пассажирами способа передвижения

Для исследования величины перераспределения спроса по видам транспорта в зависимости от предпочтений пассажиров была построена логит-модель выбора пассажирами способа передвижения.

Пусть между двумя населенными пунктами существует N доступных пассажиру способов передвижения. Тогда вероятность выбора j -м пассажиром i -го вида транспорта P_{ij} в логит-модели определяется по следующей формуле:

$$P_{ij} = \frac{e^{u_{ij}}}{\sum_{i=1}^N e^{u_{ij}}}, \quad (2.3)$$

где u_{ij} – функция полезности (детерминированный компонент) j -го пассажира при выборе i -го способа передвижения.

Прежде, чем рассмотреть, как возникает спрос на определенный вид транспорта, следует упомянуть, что спрос – это желание и возможность покупателя (пассажира) купить товар или услугу по различным ценам в данном месте и данное время. Таким образом, индивидуум совершает выбор

только среди объективно доступных видов транспорта, то есть пассажир не может выбрать воздушный способ передвижения между населенными пунктами, если авиатранспорт на данном направлении не функционирует.

Логит-модель обладает необходимыми свойствами, которые позволяют применять ее в процессе исследования рассматриваемого явления [105]:

1. Вероятность выбора конкретной альтернативы основывается на детерминированных компонентах (функциях полезности) всех доступных альтернатив. Выбранная альтернатива – это вариант с наибольшей общей полезностью, который зависит от относительных значений общих полезностей альтернатив. Следовательно, он зависит от детерминированных компонентов полезностей всех доступных в процессе выбора альтернатив.

2. Вероятность выбора альтернативы растет, когда детерминированный компонент ее полезности (функция полезности) увеличивается. Также вероятность выбора альтернативы снижается, когда детерминированный компонент полезности любой другой альтернативы растет. Это свойство следует из того факта, что увеличение детерминированного компонента полезности альтернативы повышает вероятность того, что данная альтернатива имеет наибольшую полезность. В свою очередь увеличение детерминированного компонента полезности другой альтернативы снижает вероятность того, что первая альтернатива имеет наибольшую полезность среди доступных альтернатив.

3. Модель может учитывать любое количество возможных альтернатив. Поэтому ее можно применять независимо от количества задействованных альтернатив и использовать для прогнозирования последствий изменения количества альтернатив. Например, оценить величину спроса после возможного запуска авиационного сообщения или скоростного железнодорожного транспорта на заданном направлении.

4. Модель достаточно проста для понимания и использования на практике.

Для создания логит-модели выбора пассажирами способа передвижения в междугородном сообщении использовалась следующая функция полезности:

$$u_{ij} = a_{i1} + a_{i2} \cdot \frac{Y_j}{F_j} + a_{i3} \cdot A_j + b_1 \cdot T_i + b_2 \cdot \ln(\mu_i) + b_3 \cdot \frac{C_i}{Y_j} + b_4 \cdot S_i + b_5 \cdot K_i, \quad (2.4)$$

где a_{i1} – альтернативно-специфическая константа i -го способа передвижения;

a_{i2} – коэффициент альтернативно-специфической компоненты, учитывающего средний доход одного члена семьи j -го пассажира;

a_{i3} – коэффициент альтернативно-специфической компоненты, учитывающей число автомобилей в собственности семьи j -го пассажира;

b_1 – коэффициент времени в пути i -го способа передвижения;

b_2 – коэффициент интенсивности отправок i -го способа передвижения;

b_3 – коэффициент относительной стоимости передвижения j -го пассажира при помощи i -го способа передвижения;

b_4 – коэффициент безопасности i -го способа передвижения;

b_5 – коэффициент комфорта i -го способа передвижения;

Y_j – средний общий доход семьи j -го пассажира, тыс. рублей/месяц;

F_j – число членов семьи j -го пассажира, человек;

A_j – число автомобилей в собственности семьи j -го пассажира, шт.;

T_i – время в пути i -го способа передвижения, ч.;

μ_i – интенсивность отправок i -го способа передвижения, рейс/сут.;

C_i – стоимость билета i -го способа передвижения, руб.;

S_i – преобразованный оценочный коэффициент восприятия пассажирами безопасности i -го способа передвижения;

K_i – преобразованный оценочный коэффициент восприятия пассажирами комфорта i -го способа передвижения.

Альтернативно-специфическая константа равна нулю для базового способа передвижения. Базовым может являться любой способ передвижения из представленного набора. В данном исследовании базовым способом передвижения был принят железнодорожный транспорт. Альтернативно-специфическая константа выбранного способа передвижения показывает среднюю величину, которую факторы, не включенные в детерминированный компонент функции полезности, вносят в разницу между полезностями данного и базового способов передвижения. Иными словами, альтернативно-специфическая константа обеспечивает удобный способ учета средних эффектов всех параметров способов передвижения, влияющих на выбор и не представленных в модели отдельной переменной.

Альтернативно-специфическая компонента – это член функции полезности, зависящий от способа передвижения. Данная компонента принимается равной нулю для базового способа передвижения таким же образом, как и альтернативно-специфическая константа. Использование альтернативно-специфических компонент позволяет учесть различия между способами передвижения относительно выбранных атрибутов пассажира.

Натуральный логарифм в компоненте, связанной с интенсивностью отправления видов транспорта, необходим для того, чтобы учесть относительную полезность от увеличения или снижения интенсивности отправок, так как при малом количестве рейсов в сутки увеличение отправок на единицу имеет больший удельный вес, чем при большом количестве рейсов выбранного способа передвижения.

Необходимость преобразовывать оценочные коэффициенты восприятия пассажирами безопасности и комфорта способов передвижения обусловлена их субъективной нелинейной зависимостью. То есть, пассажир, оценивая уровень безопасности или комфорта по десятибалльной шкале, субъективно закладывает меньшую разницу восприятия между 9 и 10

баллами, чем между 6 и 7 баллами. Таким образом, изменение оценки безопасности или комфорта в середине шкалы имеет больший вклад в общее восприятие безопасности или комфорта.

В процессе исследования было рассмотрено перемещение пассажиров на направлении Новосибирск-Кемерово. Для осуществления поездки в данном направлении пассажир может выбирать между четырьмя способами передвижения: железнодорожный транспорт, автобусы, автомобили ЦСПП и личный автотранспорт.

Следовательно, логит-модель будет основываться на четырех функциях полезности следующего вида:

$$u_{1j} = b_1 \cdot T_1 + b_2 \cdot \ln(\mu_1) + b_3 \cdot \frac{C_1}{Y_j} + b_4 \cdot S_1 + b_5 \cdot K_1, \quad (2.5)$$

$$u_{2j} = a_{21} + a_{22} \cdot \frac{Y_j}{F_j} + a_{23} \cdot A_j + b_1 \cdot T_2 + b_2 \cdot \ln(\mu_2) + b_3 \cdot \frac{C_2}{Y_j} + b_4 \cdot S_2 + b_5 \cdot K_2, \quad (2.6)$$

$$u_{3j} = a_{31} + a_{32} \cdot \frac{Y_j}{F_j} + a_{33} \cdot A_j + b_1 \cdot T_3 + b_2 \cdot \ln(\mu_3) + b_3 \cdot \frac{C_3}{Y_j} + b_4 \cdot S_3 + b_5 \cdot K_3, \quad (2.7)$$

$$u_{4j} = a_{41} + a_{42} \cdot \frac{Y_j}{F_j} + a_{43} \cdot A_j + b_1 \cdot T_4 + b_2 \cdot \ln(\mu_4) + b_3 \cdot \frac{C_4}{Y_j} + b_4 \cdot S_4 + b_5 \cdot K_4, \quad (2.8)$$

где u_{1j} , u_{2j} , u_{3j} , u_{4j} – функции полезности j -го пассажира для железнодорожного транспорта, автобусов, автомобили ЦСПП и личного автотранспорта соответственно. Остальные параметры понятны из предыдущих пояснений.

Для получения количественных значений параметров логит-модели необходимо проводить анкетирование населения. Поэтому окончание формирования логит-модели выбора пассажирами способа передвижения представлено в третьей главе данной работы.

2.3 Методика расщепления спроса на рынке междугородных пассажирских перевозок

Региональные пассажирские перевозки осуществляют следующие виды транспорта: авиационный, железнодорожный, автобусный и автомобильный. Железнодорожный транспорт подразделяется на поезда дальнего следования и электропоезда. Автомобильный транспорт может быть как собственным, так и нанятым при помощи ЦСПП, из которых самый крупный и популярный сервис BlaBlaCar. Следует отметить, что не все из перечисленных видов транспорта занимаются пассажирскими перевозками на конкретных направлениях. Основным фактором, влияющим на участие вида транспорта в перевозочной деятельности, является наличие соответствующей транспортной инфраструктуры. Однако даже при наличии необходимой инфраструктуры на выбранном направлении определенный вид пассажирского транспорта может осуществлять минимальное число рейсов или не функционировать вовсе.

Большинство исследований междугородных пассажиропотоков проведено на базе густонаселенных стран Европы, Китая, Индии и прибрежных агломераций США [101, 109]. В странах Европы и прибрежных агломерациях США средняя плотность населения превышает 100 чел./км². В Китае этот показатель приблизительно равен 147 чел./км², а в Индии доходит до 422 чел./км². В данной работе рассматриваются пассажиропотоки между городами юго-западной части Сибирского региона (рисунок 2.4), площадь которого приблизительно равна 900 тыс. км², а проживающее население – 10,6 млн. чел. Средняя плотность населения составляет 12 чел./км². В таблице 2.1 представлено распределение городов по численности населения в каждом субъекте Российской Федерации юго-западной части Сибирского региона.



Рисунок 2.4 – Карта Сибирского федерального округа (1 – Томская область, 2 – Омская область, 3 – Новосибирская область, 4 – Кемеровская область, 5 – Алтайский край).

Таблица 2.1 – Распределение городов по численности населения

Субъект РФ	Города населением от 10 тыс. до 50 тыс. человек	Города населением от 50 тыс. до 100 тыс. человек	Города населением от 100 тыс. до 500 тыс. человек	Города населением более 500 тыс. человек
1. Томская область	3	0	1	1
2. Омская область	10	0	0	1
3. Новосибирская область	18	1	1	1
4. Кемеровская область	10	6	1	2
5. Алтайский край	19	1	2	1
Итого:	60	8	5	6

По рассматриваемому региону рассредоточено большое число маленьких городов. Инфраструктура между ними и соседними городами развита плохо. Железная дорога через данные населенные пункты преимущественно не проходит. Также может отсутствовать и асфальтированная автодорога. Города с численностью населения более 500 тыс. человек являются региональными центрами субъектов федерации. Исключение составляет Кемеровская область, в которой есть второй по численности населения город Новокузнецк. Крупные города находятся друг от друга на значительном расстоянии. В каждом из них располагается аэропорт и проведена железная дорога. Данные города связаны между собой автомобильными дорогами федерального значения.

Таким образом, в юго-западной части Сибирского региона существует большое число междугородных направлений, различающихся по длине маршрутов, мощности пассажиропотока и набору видов пассажирского транспорта. Наиболее подходящими для сравнительного анализа являются направления Новосибирск-Томск и Новосибирск-Кемерово (рисунок 2.5).

Новосибирск является центром Сибирского федерального округа, а Томск и Кемерово – областными центрами субъектов Российской Федерации. Новосибирск занимает третье место среди городов России по численности населения, которая оценивается на уровне 1,6 млн. человек. Томск и Кемерово значительно уступают Новосибирску по этому показателю. Количество людей, проживающих в Томске и Кемерово, примерно одинаково и оценивается на уровне 540 тыс. человек.

Между Новосибирском и Томском дальность поездки по автомобильной трассе Р-255 «Байкал» составляет 267 км, а по железной дороге – 308 км. От Новосибирска до Кемерово можно добраться двумя автомобильными трассами: Р-384 и Р-255 «Байкал». Расстояния поездок по ним соответственно равны 270 км и 265 км. Дистанция по железной дороге между Новосибирском и Кемерово составляет 292 км. Необходимо отметить, что во всех трех городах расположены аэропорты международного значения.

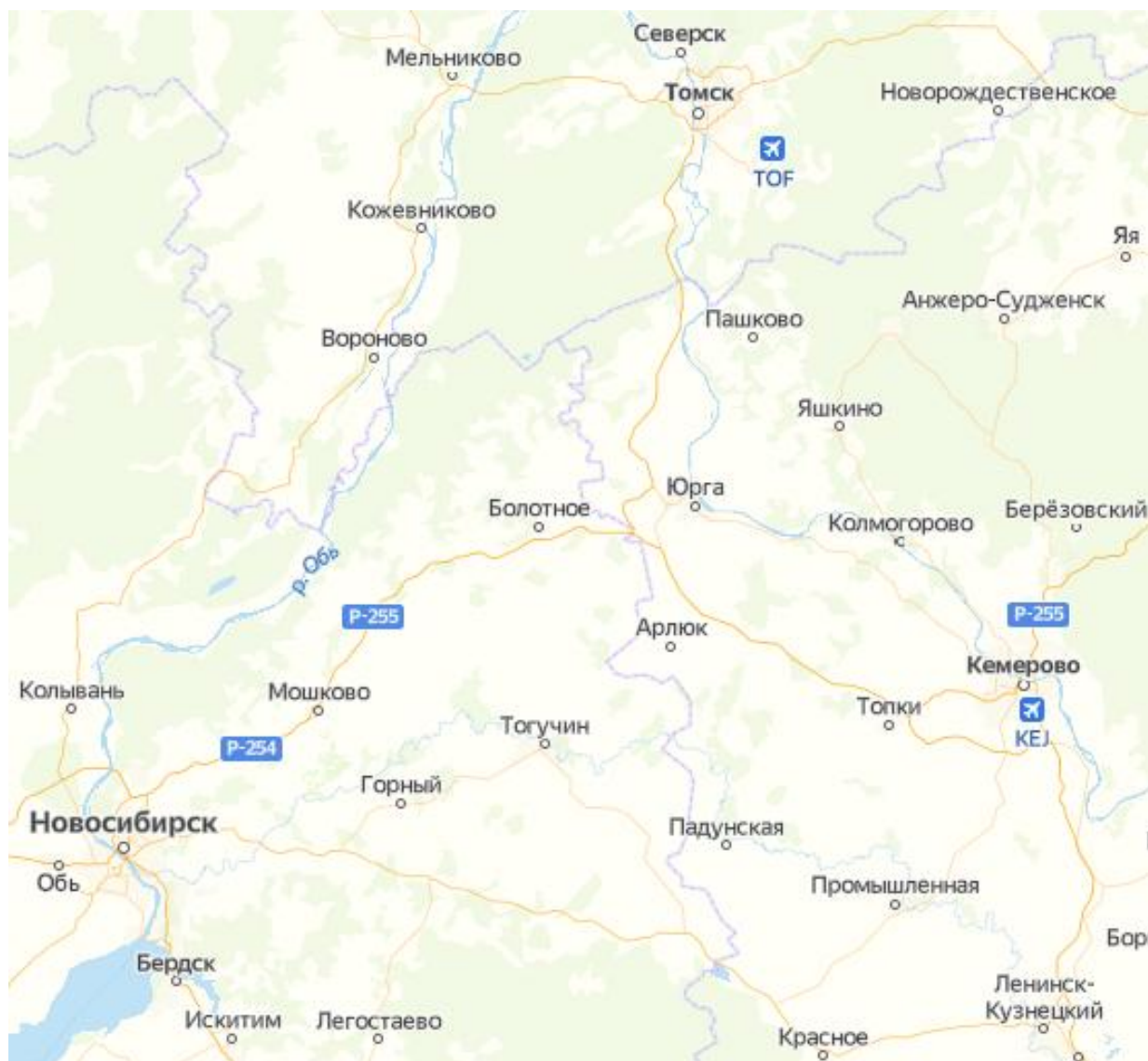


Рисунок 2.5 – Картосхема региона

На направлении Новосибирск-Кемерово пассажирскими перевозками занимаются следующие виды транспорта: авиационный, железнодорожный, автобусный и автомобильный. В свою очередь на направлении Новосибирск-Томск перевозочную деятельность осуществляют те же виды транспорта, кроме авиационного. Данный факт объясняется снижением государственной поддержки региональных авиаперевозок. В январе 2021 года из перечня субсидируемых направлений авиатранспорта было исключено направление Новосибирск-Томск. В таблицах 2.2 и 2.3 представлены основные параметры пассажирских перевозок для каждого вида транспорта на соответствующих направлениях, наблюдаемые в течение марта 2021 года.

Таблица 2.2 – Параметры пассажирских перевозок на направлении Новосибирск-Томск

Вид транспорта	Авиационный	Железнодорожный	Автобусный	Личный автомобиль	Автомобили ЦСПП
Расстояние, км	223	308	267	267	267
Маршрут Новосибирск-Томск					
Время в пути	-	от 4 ч. 44 мин. до 7 ч 18 мин	4 ч. 10 мин.	3 ч. 50 мин.	3 ч. 50 мин.
Средняя интенсивность отправок, рейс/сут.	-	1,3	17	-	23
Стоимость проезда, руб	-	от 466 до 1179	770	-	550
Маршрут Томск-Новосибирск					
Время в пути	-	от 4 ч. 26 мин. до 6 ч 39 мин	4 ч. 10 мин.	3 ч. 50 мин.	3 ч. 50 мин.
Средняя интенсивность отправок, рейс/сут.	-	1,5	17	-	29
Стоимость проезда, руб	-	от 466 до 1207	790	-	540

Таблица 2.3 – Параметры пассажирских перевозок на направлении Новосибирск-Кемерово

Вид транспорта	Авиационный	Железнодорожный	Автобусный	Личный автомобиль	Автомобили ЦСПП
Расстояние, км	221	292	265	265	265
Маршрут Новосибирск-Кемерово					
Время в пути	0 ч. 55 мин.	от 4 ч. 02 мин. до 4 ч. 54 мин.	4 ч. 30 мин.	3 ч. 55 мин.	3 ч. 55 мин.
Средняя интенсивность отправок, рейс/сут.	0,5	1	15	-	22
Стоимость проезда, руб	1950	от 923 до 1103	860	-	570
Маршрут Кемерово-Новосибирск					
Время в пути	0 ч. 55 мин.	от 4 ч. 07 мин. до 4 ч. 50 мин.	4 ч. 30 мин.	3 ч. 55 мин.	3 ч. 55 мин.
Средняя интенсивность отправок, рейс/сут.	0,5	1	15	-	19
Стоимость проезда, руб	1950	от 923 до 1103	940	-	560

При сравнении показателей по видам транспорта следует учитывать, что использование авиатранспорта для перемещения сопряжено с дополнительными затратами денежных средств и времени на преодоление расстояний до аэропорта по отправлению и обратно в город по прибытии, так как аэропорты находятся на значительном удалении от городов. Новосибирский международный аэропорт «Толмачево» (OVB) территориально располагается в небольшом городе Обь. Расстояние от центра Новосибирска до аэропорта «Толмачево» составляет 21 км. Длина пути от центра Кемерово до международного аэропорта Кемерово имени А.А. Леонова (KEJ) равна 12 км. В свою очередь международный аэропорт Томска «Богашево» (ТОФ) удален от центра города на 25 км. Помимо того дополнительные затраты времени обусловлены тем, что авиакомпании рекомендуют прибывать в аэропорт заблаговременно. Возможны и появления задержек отправления авиарейсов из-за неблагоприятных погодных условий. Данные факторы косвенно увеличивают фактическое время в пути и стоимость проезда авиатранспортом для пассажиров.

Низкая интенсивность авиарейсов и неудобное расписание относятся к факторам, снижающим спрос населения на региональные пассажирские авиаперевозки. Относительно высокая стоимость авиабилетов также отрицательно влияет на спрос со стороны пассажиров. Также существенный вклад в снижение пассажиропотока вносит аэрофобия, как явление, присущее некоторой части населения. Пассажиры не соглашаются бороться с собственным страхом для того, чтобы выиграть 2-3 часа личного времени. По статистике примерно 10-25% населения признается в боязни перелетов [62, 92]. На основании вышеизложенного можно заключить, что региональное авиасообщение преимущественно используется пассажирами либо как часть маршрута более длительного перелета по России, либо в международном сообщении. Поэтому авиакомпании устраивают стыковочные рейсы для уменьшения времени ожидания пассажиров в аэропорту.

Автомобильный транспорт может отправляться из любой точки в городе и прибывать также в любую точку. Однако существуют сложности с полной оценкой стоимости поездки, так как происходит износ деталей машины. Также самостоятельная поездка на личном автомобиле может снизить ожидаемый уровень комфорта, поскольку водителю необходимо внимательно следить за ситуацией на дороге. Дополнительные сложности для движения на трассе создают автомобильные фуры: водителю легкового автомобиля постоянно требуется совершать маневры по их обгону, либо двигаться позади со скоростью грузового автотранспорта. В результате по прибытии водителю рекомендуется потратить время на отдых после поездки. В таком случае может оказаться более удобным воспользоваться автомобилями ЦСПП. Однако существует вероятность попасть к неблагонадежному водителю, что увеличивает риски несвоевременного отправления и прибытия, а также может существенно снизить восприятие комфорта и безопасности поездки [111]. В дополнение ко всему отсутствуют какие-либо гарантии технической исправности автомобиля.

Больше всего на рынке междугородных пассажирских перевозок конкурируют автобусный и железнодорожный транспорт. Это обусловлено тем, что данные виды транспорта предоставляют услуги перевозки примерно на одинаковом уровне. В том числе к этому относится географическая близость пунктов отправления. В Кемерово и Томске автовокзал и железнодорожный вокзал располагаются в шаговой доступности друг от друга. Из Новосибирска в Томск автобусы отправляются от железнодорожного вокзала и от автовокзала. А из Новосибирска в Кемерово автобусы отправляются с четырех рассредоточенных по городу пунктов отправления, что уменьшает время, затрачиваемое пассажирами на то, чтобы добраться до места отправления.

На основании данных, представленных в таблицах 2.2 и 2.3, можно видеть, что время в пути и стоимость проезда автобусным и железнодорожным транспортом примерно одинаковы. Существенная разница

заключается в комфорте поездки, а также в требованиях к провозу багажа. Железнодорожный транспорт предоставляет достаточно широкий выбор уровня комфорта: кресло, плацкарт и купе. Также в вагонах поездов расположены биотуалеты. В свою очередь, автобусные компании не обладают таким сервисом. Автобусы делают регламентированную остановку в пути следования на 20 минут для личных нужд пассажиров. Помимо того, в поезде пассажиру разрешается бесплатно провозить с собой достаточно крупный багаж. При поездке в автобусе за провоз багажа необходимо доплачивать.

Необходимо обратить внимание и на разницу в стоимости проезда пассажиров на автобусе по рассматриваемым маршрутам, протяженность которых отличается между собой всего на 2 км. Тарифная политика железнодорожного транспорта оказывает существенное влияние на цену билетов автобусных компаний. Так, средняя стоимость проезда из Новосибирска до Кемерово составляет 860 руб., а из Новосибирска до Томска – 770 руб. Данное явление в теории игр называется равновесием Бертрана, когда компания, предложившая наименьшую цену на рынке за одинаковый товар, удовлетворяет спрос преимущественной доли покупателей [102]. Между Томском и Новосибирском железнодорожный транспорт предлагает более низкую цену, чем автобусный, поэтому автотранспортные предприятия также вынуждены снижать стоимость проезда.

В работе [108] отмечено, что при выборе способа передвижения наибольшее значение для пассажиров имеют такие параметры, как время в пути и интенсивность отправок. Если время в пути следования одинаково, то пассажиры обращают свое внимание только на интенсивность отправок. Однако, следует отметить субъективное восприятие времени пассажирами. Пассажиры, выбирающие меньшее время пребывания в пути следования, субъективно оценивают свое личное время дороже, чем пассажиры, выбирающие более долгие способы передвижения.

В краткосрочном периоде без существенных инвестиций у компаний, как правило, отсутствует возможность улучшить такие параметры перевозки, как время в пути, комфорт и безопасность. Помимо того, государство осуществляет надзор за тарифной политикой предприятий транспорта. В таких условиях добиться прироста величины пассажиропотока можно только за счет увеличения числа рейсов, то есть формирования более удобного расписания. Поэтому была разработана модель рынка междугородных пассажирских перевозок, в которой единственным изменяющимся параметром является интенсивность отправок [87].

Предположим, что между двумя городами в регионе A и B перевозками пассажиров занимается K видов транспорта. Допустим, что существуют такие группы пассажиров, для которых субъективно совершенно равнозначно использование определенного числа (от 1 до K) видов транспорта для перемещения между городами A и B . Например, некоторая группа населения одинаково оценивает для себя такие параметры, как стоимость билета, время в пути, комфорт и безопасность автобусного и железнодорожного видов транспорта на заданном направлении, считая приемлемым совершить поездку обоими видами транспорта. Может существовать и другая группа населения, которая предпочитает передвигаться только посредством личного автомобиля, совершенно не рассматривая иные виды транспорта.

Количество людей каждой группы зависит от ряда таких факторов, как погодные условия, день недели, праздник, время года, форс-мажорные обстоятельства и др. Однако предполагается, что доля каждой группы населения от общей численности пассажиров варьируется вокруг определенного значения. Размер каждой группы населения по равнозначному предпочтению видов транспорта можно установить путем проведения опросов пассажиров.

Количество возможных групп населения N , принимающих для себя равнозначными от 1 до K видов транспорта, соответственно равно:

$$N = (2^K - 1). \quad (2.9)$$

Единственным критерием выбора для n -й группы населения между равнозначно предпочтительными видами транспорта является удобство расписания (интенсивность отправлений).

Пусть a_{nk} – булевый коэффициент, соответствующий предпочтению n -й группы населения k -го вида транспорта (где 0 – не предпочитает, 1 – предпочитает).

Пусть μ_k – интенсивность отправления k -го вида транспорта.

Тогда вероятность выбора n -й группы населения k -го вида транспорта определяется по формуле:

$$P_{nk} = \frac{a_{nk} \cdot \mu_k}{\sum_{k=1}^K a_{nk} \cdot \mu_k}. \quad (2.10)$$

Пусть λ_n – общее число пассажиров n -й группы населения.

Тогда усредненное общее число пассажиров k -го вида транспорта λ_k за определенный промежуток времени определяется по формуле:

$$\lambda_k = \sum_{n=1}^N \frac{\lambda_n \cdot a_{nk} \cdot \mu_k}{\sum_{k=1}^K a_{nk} \cdot \mu_k}. \quad (2.11)$$

Таким образом, можно определить число пассажиров каждого вида транспорта в зависимости от интенсивности их отправлений.

Полагая за основу стратегию максимизации прибыли предприятий и сравнивая предельную выручку с предельными расходами на организацию рейса, можно установить оптимальную интенсивность отправлений для выбранного вида транспорта.

Обозначим общие расходы предприятия за определенный период времени как TC , а общие доходы как TR . Общие расходы делятся на постоянные затраты FC и переменные затраты VC . Переменные затраты

делятся на переменные затраты, зависящие от числа рейсов, VC_R и переменные затраты, зависящие от числа пассажиров, VC_P .

$$TC = FC + VC, \quad (2.12)$$

$$VC = VC_R + VC_P, \quad (2.13)$$

$$TC = FC + VC_R + VC_P. \quad (2.14)$$

Тогда прибыль Pr будет определяться по формулам:

$$Pr = TR - TC, \quad (2.15)$$

$$Pr = TR - (FC + VC_R + VC_P). \quad (2.16)$$

Общие доходы k -го вида транспорта TR_k можно найти по формулам:

$$TR_k = P_k \cdot \lambda_k, \quad (2.17)$$

$$TR_k = P_k \cdot \frac{\sum_{n=1}^N \lambda_n \cdot a_{nk} \cdot \mu_k}{\sum_{k=1}^K a_{nk} \cdot \mu_k}, \quad (2.18)$$

где P_k – усредненная стоимость проезда k -го вида транспорта.

Переменные затраты k -го вида транспорта на одного пассажира VC_{Pk} определяются по формулам:

$$VC_{Pk} = V_{Pk} \cdot \lambda_k, \quad (2.19)$$

$$VC_{Pk} = V_{Pk} \cdot \frac{\sum_{n=1}^N \lambda_n \cdot a_{nk} \cdot \mu_k}{\sum_{k=1}^K a_{nk} \cdot \mu_k}, \quad (2.20)$$

где V_{Pk} – удельные затраты k -го вида транспорта на одного пассажира.

Переменные затраты k -го вида транспорта на один рейс VC_{Rk} определяются по формуле:

$$VC_{Rk} = V_{Rk} \cdot \mu_k, \quad (2.21)$$

где V_{Rk} – удельные затраты k -го вида транспорта на один рейс.

Прибыль k -го вида транспорта Pr_k определяется по формуле:

$$Pr_k = (P_k - V_{Pk}) \cdot \sum_{n=1}^N \frac{\lambda_n \cdot a_{nk} \cdot \mu_k}{\sum_{k=1}^K a_{nk} \cdot \mu_k} - V_{Rk} \cdot \mu_k - FC_k, \quad (2.22)$$

где FC_k – постоянные затраты k -го вида транспорта.

Ввиду значительной сложности первоначального определения групп населения по равнозначному предпочтению видов транспорта становится полезным решение обратной задачи. На основе предложенной модели рынка междугородных пассажирских перевозок была разработана методика по определению размеров групп населения от общего числа пассажиров при помощи учета существующих пассажиропотоков и интенсивности отправления различных видов транспорта. Вычисленные таким образом соотношения групп населения представляют интерес для маркетинговых исследований предприятий транспорта, и могут быть положены в основу дальнейшего моделирования пассажиропотоков на рынке пассажирских перевозок для организации, планирования и совершенствования управления.

Приведем пример решения обратной задачи для направления Новосибирск-Томск. Предположим, что пассажиры для совершения поездки могут выбирать между автобусами, поездами и автомобилями ЦСПП. Из рассматриваемой нами исходной группы населения исключены люди, использующие для перемещения между городами личный автотранспорт. Это объясняется вложенной логит-моделью [95], в соответствии с которой самостоятельное управление транспортным средством относится к другой группе способов передвижения.

Данные по интенсивности отправок и количеству пассажиров каждого вида транспорта за март 2021 года представлены в таблице 2.4. Последующими выборочными обследованиями характера пассажиропотока указанного направления выявлена аналогичная структура перевозок. Поскольку не представляется возможным определить точное количество пассажиров, воспользовавшихся автомобилями ЦСПП, то среднее число пассажиров принимается равным двум.

Таблица 2.4 – Интенсивность отправления и пассажиропоток по видам транспорта

Число месяца	Кол-во рейсов поездов, шт.	Кол-во пассажиров поездов, чел.	Кол-во рейсов автобусов, шт.	Кол-во пассажиров автобусов, чел.	Кол-во рейсов автомобилей ЦСПП, шт.	Предполагаемое кол-во пассажиров автомобилей ЦСПП, чел.
1	0	0	18	236	21	42
2	2	91	17	122	33	66
3	0	0	16	186	29	58
4	1	66	17	164	31	62
5	1	20	18	282	18	36
6	2	224	18	365	23	46
7	1	19	18	282	20	40
8	2	150	18	468	5	10
9	1	20	15	258	14	28
10	2	104	18	222	28	56
11	0	0	19	193	35	70
12	2	126	19	322	43	86
13	1	28	17	215	32	64
14	2	112	20	368	35	70
15	1	10	20	247	34	68
16	2	84	16	175	41	82
17	1	13	14	123	37	74
18	1	96	16	220	34	68
19	1	25	17	207	28	56
20	2	133	16	201	19	38
21	1	19	17	362	35	70
22	2	188	16	280	12	24
23	1	26	16	261	14	28
24	2	140	17	200	23	46
25	0	0	17	192	14	28
26	2	197	18	270	15	30
27	1	19	17	260	8	16
28	2	194	18	337	8	16
29	1	28	18	268	8	16
30	2	141	18	196	16	32
31	1	45	19	240	10	20
Итого:	40	2318	538	7722	723	2169

На основании данных таблицы 2.4 можно видеть, что в отдельные дни поезда не отправлялись. Но это не значит, что в этот день пассажиры делали выбор между двумя способами передвижения. Предпочитающие железнодорожный транспорт пассажиры купили билеты либо заранее, либо

провели сутки в ожидании отправления поезда. Для возможности механического решения задачи необходимо произвести преобразования строк в таблице, переместив половину рейсов и пассажиров железнодорожного транспорта со следующих суток на предыдущие сутки.

Формально задача заключалась в том, чтобы подобрать такие значения P_{nk} , чтобы суммарный квадрат отклонения ежедневных пассажиропотоков по видам транспорта был наименьшим [37]. При этом в процессе подбора значений P_{nk} необходимо соблюдать ряд условий: вероятность P_{nk} строго положительна, а сумма всех P_{nk} равна единице. В результате расчетов мы получаем вероятности P_{nk} , которые сведены в итоговую таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Распределение населения по группам равнозначного предпочтения видов транспорта на направлениях Новосибирск-Томск и Томск-Новосибирск

Группы населения по равнозначному предпочтению видов транспорта (П – поезда, А – автобусы, ВВ – автомобили ЦСПП)	Доля от общего количества пассажиров направления	
	Новосибирск-Томск	Томск-Новосибирск
П	0,16	0,26
А	0	0,26
ВВ	0	0
П-А	0,60	0,25
А-ВВ	0	0,11
П-ВВ	0	0
П-А-ВВ	0,24	0,12

На основании полученных результатов для направления Новосибирск-Томск можно сделать вывод, что не существует таких групп населения, которые предпочитают пользоваться в процессе своего передвижения только автобусами, только автомобилями ЦСПП, автобусами и автомобилями ЦСПП, поездами и автомобилями ЦСПП. Таким образом 16% пассажиров предпочитают железнодорожный транспорт другим видам транспорта. В процессе выбора автобусы и поезда равнозначно воспринимают 60% пассажиров. Оставшиеся 24% пассажиров настолько желают совершить

поездку, что не имеют приоритетов при выборе между видами транспорта. Иными словами, каждый пассажир рассматривает для себя возможность путешествия железнодорожным транспортом. Немного меньше число пассажиров, желающих совершить поездку на автобусе. В свою очередь группа пассажиров, которая готова использовать автомобилями ЦСПП, является наименьшей по численности.

Для направления Томск-Новосибирск характерно меньшее предпочтение населением передвижения на железнодорожном транспорте, автобусами и автомобилями ЦСПП в отдельности. Данное наблюдение объясняется тем, что пассажиры более предпочтительно подходят к выбору способа передвижения, то есть существуют группы населения, которые точно не воспользуются поездами или автобусами. Графически предпочтения пассажиров представлены в виде диаграммы Венна [49] на рисунке 2.6.

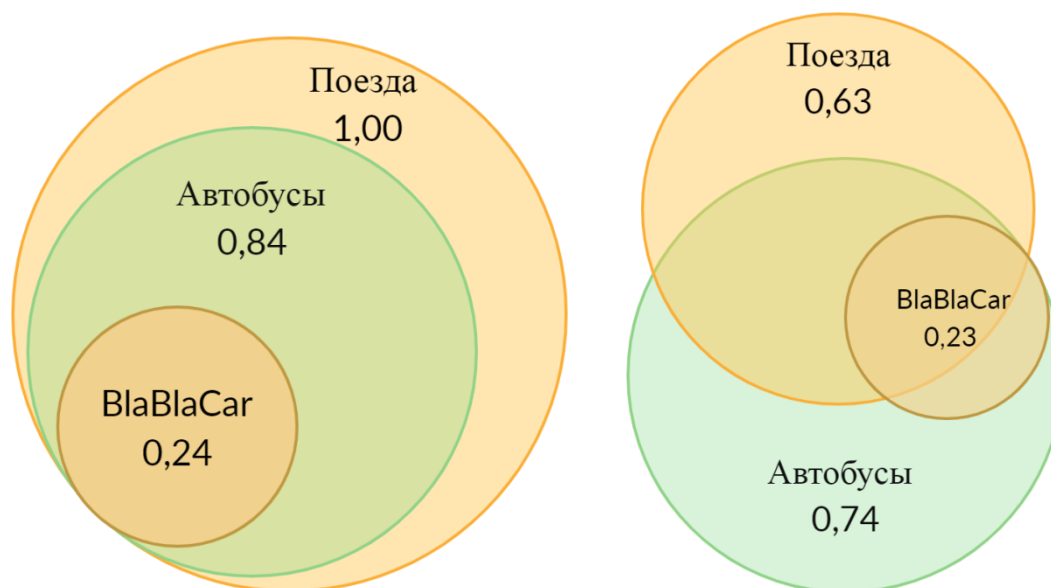


Рисунок 2.6 – Диаграмма равнозначности предпочтений пассажиров на направлениях Новосибирск-Томск (слева) и Томск-Новосибирск (справа)

Следует обратить внимание на высокое предпочтение населением железнодорожного транспорта. Однако количество перемещающихся на поездах пассажиров достаточно мало. Данный факт указывает на высокие потенциальные возможности привлечения пассажиропотока с других видов

транспорта. На рисунке 2.7 представлена диаграмма рассеяния числа пассажиров от фактического количества поездов в сутки на направлении Новосибирск-Томск. На диаграмме построена линия тренда, показывающая динамику пассажиропотока по мере увеличения количества рейсов. Следует отметить, что прирост числа пассажиров не будет линейным. Существенное увеличение пассажиропотока будет наблюдаться только при изменении небольшого количества рейсов. Справедливо и обратное утверждение: при высокой интенсивности отправок каждый новый рейс будет обеспечивать меньший прирост пассажиропотока.

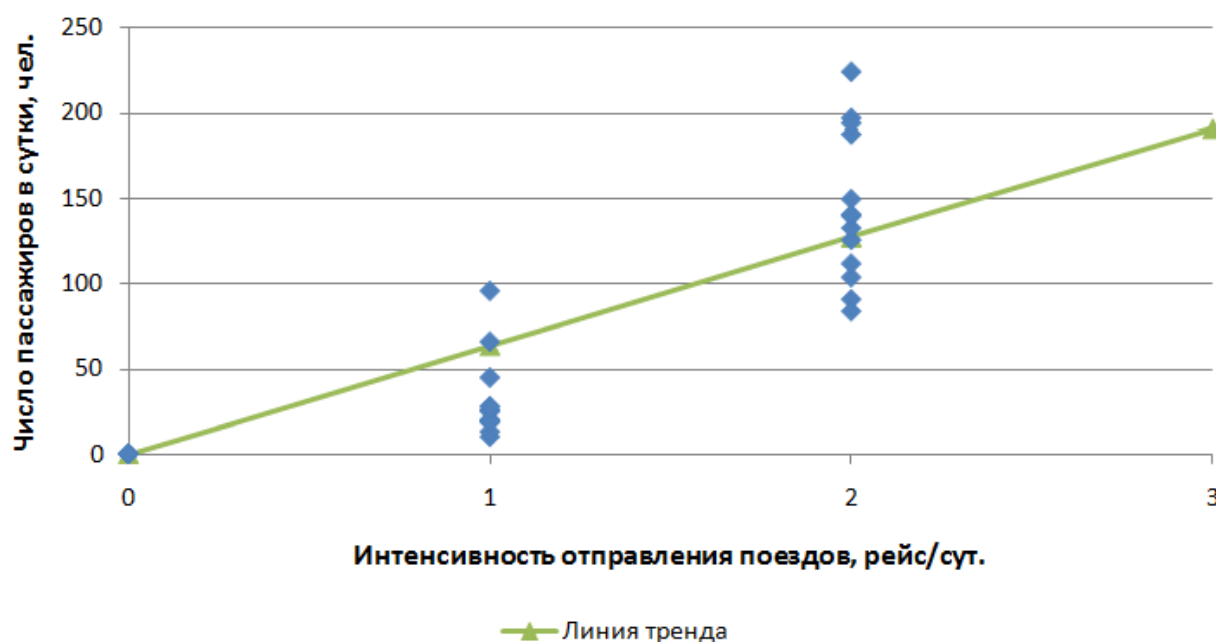


Рисунок 2.7 – Диаграмма рассеяния количества пассажиров от числа поездов

Воспользуемся описанной выше моделью перераспределения пассажиропотоков между равнозначными по предпочтению видами транспорта по прямому варианту. На основании данных, полученных из предыдущего этапа моделирования, построим диаграмму пассажиропотока железнодорожного транспорта в зависимости от изменения интенсивности отправляемых поездов на направлении Новосибирск-Томск (рисунок 2.8). Данная диаграмма отражает нелинейный характер перераспределения пассажиропотоков между видами транспорта. Однако перераспределяемый

пассажиропоток не является полным, так как модель не учитывает прирост пассажиров за счет отказа населения от вождения личного автотранспорта при совершении поездки.

Необходимо упомянуть о дотационном субсидировании железнодорожного транспорта. Общие расходы на отправление одного поезда из Новосибирска в Томск составляют примерно 300 тыс. руб. Для безубыточной работы при стоимости билета на уровне 600 руб. необходимо отправлять в среднем 500 пассажиров каждым рейсом. На основании представленной информации можно сделать вывод, что при низком пассажиропотоке предельные расходы на каждого пассажира всегда будут больше предельных доходов, что делает невозможным получение прибыли. Таким образом, ввиду постоянной убыточности у железнодорожного транспорта рыночные механизмы увеличения интенсивности отправок не очевидны.



Рисунок 2.8 – Диаграмма пассажиропотока железнодорожного транспорта

Между Новосибирском и Кемерово перевозкой пассажиров занимается четыре вида транспорта, поэтому количество групп населения по равнозначному предпочтению видов транспорта будет равно 15. Определим

доли населения по равнозначному предпочтению видов транспорта для направлений Новосибирск-Кемерово и Кемерово-Новосибирск. Результаты представлены в таблице 2.6. Диаграмма Венна для указанных направлений не будет показательной ввиду сложности ее построения.

Таблица 2.6 – Распределение населения по группам равнозначного предпочтения видов транспорта на направлениях Новосибирск-Кемерово и Кемерово-Новосибирск

Группы населения по равнозначному предпочтению видов транспорта (П – поезда, А – автобусы, ВВ – автомобили ЦСПП, С - самолеты)	Доля от общего количества пассажиров направления	
	Новосибирск-Кемерово	Кемерово-Новосибирск
П	0,10	0
А	0,16	0,39
ВВ	0	0
С	0,02	0,04
П-А	0,15	0
П-ВВ	0	0
П-С	0,02	0,07
А-ВВ	0,06	0,01
А-С	0,16	0,23
ВВ-С	0	0
П-А-ВВ	0,06	0,02
П-А-С	0,15	0,08
П-ВВ-С	0	0
А-ВВ-С	0,06	0,08
П-А-ВВ-С	0,06	0,08

Пользуясь данными таблицы 2.6, определим суммарные доли населения по общему предпочтению видов транспорта на выбранных направлениях (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Предпочтения населения по видам транспорта

Направления	Доли от общего количества пассажиров по общему предпочтению видов транспорта			
	П	А	ВВ	С
Новосибирск-Томск	1,00	0,84	0,24	-
Томск-Новосибирск	0,63	0,74	0,23	-
Новосибирск-Кемерово	0,54	0,86	0,24	0,47
Кемерово-Новосибирск	0,25	0,89	0,19	0,58

На основании представленных данных можно заключить, что население с высокой предпочтительностью относится к авиатранспорту, несмотря на высокую стоимость билетов на перелет. Данный тезис подтверждается периодическим отсутствием свободных мест на рейсах. Автобусы и автомобили ЦСПП обладают практически постоянной предпочтительностью на каждом направлении, что связано с высокой интенсивностью отправления рейсов. В свою очередь предпочтительность железнодорожного транспорта распределена неравномерно, что указывает на неудобство расписания для населения, а также напрямую связано с целями совершения поездок. Из Кемерово в Новосибирск люди преимущественно перемещаются по работе либо на учебу, им необходимо прибывать в пункт назначения строго в определенное время без опозданий, поэтому для них очень важно расписание движения транспортных средств. В свою очередь из Новосибирска в Кемерово люди совершают обратные рейсы, и точность расписания становится менее важным параметром, люди готовы уехать первым рейсом наиболее предпочтительного вида транспорта.

Следует отметить, что математическая модель расщепления спроса на рынке междугородных пассажирских перевозок является одним из способов исследования рынка транспортных услуг. Важную роль при проведении данных исследований играют точность исходных данных и вычислительные мощности программного комплекса. Определенные предложенным методом группы населения по равнозначному предпочтению могут быть соотнесены с данными, полученными на основе анкетирования, и использованы для дальнейших исследований пассажиропотоков.

2.4 Выводы по разделу

Разработана гравитационная модель генерации пассажиропотоков на направлении Красноярск-Ачинск. Построены диаграммы рассеяния отношений и расстояний для автобусного междугородного сообщения и

пригородного железнодорожного транспорта. Посредством гравитационной модели получены прогнозные значения генерации пассажирских потоков.

В процессе применения гравитационной модели выявлены слабые места: низкий фактический пассажиропоток между населенными пунктами, существенное превосходство фактического пассажиропотока как передвижения местных жителей до работы, отсутствие данных по количеству постоянных жителей садоводческих товариществ. Установлена возможность решения обратной задачи: определение числа жителей населенных пунктов или садоводческих товариществ на основании существующего пассажиропотока на участке.

Для исследования величины перераспределения спроса по видам транспорта в зависимости от предпочтений пассажиров была построена логит-модель выбора пассажирами способа передвижения. Подробно представлены принципы формирования логит-модели выбора пассажирами способа передвижения.

В подтверждение оптимальности используемых научно-методических приемов и подходов проведен краткий анализ распределения населения, проживающего на территории юго-западной части Сибирского региона с позиций потенциальной подвижности и заинтересованности в перемещениях. Представлена подробная характеристика транспортной инфраструктуры и видов транспорта, осуществляющих пассажирские перевозки на направлениях Новосибирск-Кемерово и Новосибирск-Томск. Даны объяснения выявленным закономерностям и аномалиям при исследовании способов передвижения.

Разработана математическая модель расщепления спроса на рынке междугородных пассажирских перевозок. Предложено решение обратной задачи по определению размеров групп населения от общего числа пассажиров при помощи существующих пассажиропотоков и интенсивностей отправления видов транспорта. Произведены расчеты и определены группы населения по предпочтениям использования видов

транспорта от общего числа пассажиров на направлениях Новосибирск-Томск и Новосибирск-Кемерово в прямом и обратном сообщении. Построены диаграммы Венна для направления Новосибирск-Томск.

На основании полученных величин групп населения от общего числа пассажиров по предпочтению видов транспорта проведено моделирование перераспределения пассажиропотоков для направления Новосибирск-Томск.

Представлены расчеты суммарных расходов и доходов на организацию одного поезда на направлении Новосибирск-Томск. Доказано, что при низком пассажиропотоке предельные расходы на каждого пассажира всегда будут больше предельных доходов, что делает невозможным получение прибыли. Таким образом, ввиду постоянной убыточности у железнодорожного транспорта рыночные механизмы увеличения интенсивности отправок не очевидны.

Определены и представлены суммарные доли населения по общему предпочтению видов транспорта на направлениях Новосибирск-Томск и Новосибирск-Кемерово в прямом и обратном сообщении. Проведен анализ предпочтений пассажирами видов транспорта на рассматриваемых направлениях.

3 БАЗА ДАННЫХ РЫНКА МЕЖДУГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

3.1 Анкетирование населения

Для окончательного формирования логит-модели выбора пассажирами способа передвижения необходимо определить количественные значения ее параметров. Необходимые данные о пассажирах и их предпочтениях были получены методом анкетирования. Опрос проводился среди пассажиров, которые совершают поездки на направлении Новосибирск-Кемерово. В работе [105] рекомендуется размер выборки 1000-3000 человек. В свою очередь в исследовании [98] рекомендуемый минимальный размер выборки для опроса составляет $1/70$ от годового пассажиропотока. В соответствии с [74] годовой пассажиропоток на направлении Новосибирск-Кемерово составляет 954 704 человека, из них 0,5 % совершают поездки на железнодорожном транспорте. Таким образом, рекомендуемое минимальное количество опрошенных респондентов должно составлять 13639 человек.

В ходе исследования анкетирование проводилось в два этапа. На первом этапе был составлен пробный вариант опрос-анкеты, представленный в приложении А, и проведено тестовое анкетирование респондентов. По итогам обработки полученной информации было разработано программное обеспечение и база данных в MS Access на языке VBA. Подробное описание базы данных представлено в разделе 3.2. На втором этапе был составлен окончательный вариант опрос-анкеты, представленный в приложении Б. Часть вопросов была исключена либо заменена иными вопросами, которые представляют больший интерес для исследования и необходимы для более корректного построения логит-модели выбора пассажирами способа передвижения.

Опрос респондентов при помощи пробного варианта анкеты проводился среди студентов первого курса Сибирского государственного

университета путей сообщения. Перед началом анкетирования был проведен краткий инструктаж по заполнению. Респондентам предлагалось анонимно занести в анкету личные данные и данные о двух последних совершенных ими поездках в прямом и обратном сообщении. На заполнение было отведено 10 минут, по истечении которых анкеты были собраны. Количество привлеченных респондентов составило 51 человек.

Пробный вариант опрос-анкеты состоит из двух частей. Первая часть включает 7 вопросов, касающихся личных данных респондента и его социально-экономического положения в обществе. Респонденту предлагается указать свой возраст, пол, род деятельности, число членов семьи, средний доход на одного члена семьи, наличие и число автомобилей в семье. Вторая часть поделена на 2 блока, каждый из которых состоит из 8 вопросов, связанных с последними совершенными междугородными поездками в прямом и обратном сообщении. От респондента требуется в каждом блоке написать город отправления, город назначения, приблизительное время отправления, длительность поездки, стоимость поездки. Из нескольких вариантов предлагалось выбрать способ передвижения. В случае отсутствия среди перечисленных вариантов нужного способа передвижения респондент мог написать свой способ передвижения. Цель поездки вписывалась на усмотрение респондента и являлась девятым вопросом, отнесенным к первому и второму блоку одновременно.

Данные анкет были занесены в таблицу MS Excel и подвергнуты обработке на корректность заполнения. При некорректном ответе хотя бы на один из вопросов участие данной анкеты в последующих расчетах полностью исключалось. По результатам первичной обработки осталось 33 анкеты, что составило 64,7% от опрошенных респондентов. Далее все данные опрос-анкеты посредством специально написанного программного кода в VBA были перенесены из файла Excel в заранее разработанную для хранения информации базу данных Access.

Посредством окончательного варианта анкеты был проведен опрос среди студентов первого и второго курсов университета. Первоначально были выявлены студенты, которые приехали учиться в Новосибирск из другого города. Указанный атрибут респондентов гарантировал наличие регулярных междугородных поездок. Далее отобранным студентам раздавалась опрос-анкета. Респондентам предлагалось анонимно занести в анкету личные данные и оценить параметры предложенных способов передвижения. На заполнение анкеты отводилось 10 минут, по истечении которых анкеты были собраны. Количество привлеченных респондентов составило 286 человек.

Окончательный вариант опрос-анкеты состоит из 10 вопросов, разделенных на две части. Первая часть включает 5 вопросов, касающихся личных данных респондента и экономического положения его семьи. Респонденту предлагалось указать свой возраст, пол, число членов семьи, средний совокупный месячный доход семьи и количество автомобилей, находящихся в собственности семьи. Вторая часть состоит из 5 вопросов, касающихся качественной и количественной характеристики способов передвижения. Направление передвижения образуется после того, как респондент вписывает город, из которого он приехал учиться в Новосибирск. Респонденту было предложено указать примерное число поездок в год на выбранном направлении каждым способом передвижения. В анкете обозначено 6 наиболее распространенных при региональном междугородном перемещении видов транспорта: поезд, автобус, электропоезд, автомобили ЦСПП, такси и собственный автомобиль. Помимо этого, респонденту предлагалось оценить каждый из представленных способов передвижения по степени своего суммарного предпочтения, дать оценку уровней безопасности и комфорта, а также параметров перевозки по степени важности в процессе выбора. Оценивание производилось по десятибалльной шкале.

Данные анкет были занесены в таблицу MS Excel и подвергнуты обработке на корректность заполнения в зависимости от используемых

данных. По результатам первичной обработки полностью корректно заполненными оказались 173 анкеты, что составило 60,5% от опрошенных респондентов. Однако следует заметить, что ошибками в разных частях анкеты можно пренебречь, если остальные данные внесены адекватно, и неверные данные не будут использованы при последующем анализе и моделировании.

3.2 Формирование базы данных рынка междугородных пассажирских перевозок

Для хранения собранных посредством опрос-анкеты данных и остальной необходимой информации для моделирования рынка междугородных пассажирских перевозок была разработана база данных Microsoft Access [15, 79, 86].

Хранящуюся в базе данных информацию можно разделить на три типа: исходную, справочную и расчетную [45]. К исходной информации относятся все занесенные данные опрос-анкеты, варианты социально-экономических условий, а также цели и стратегии основных игроков на рынке. Справочной информацией являются данные о способах передвижения в междугородном сообщении, то есть объективные, независимые от респондентов и необходимые для последующих вычислений данные. Расчетная информация – это результат работы компьютерной программы на основе исходных и справочных данных. ER-диаграмма показывает сущности и типы связей между ними. ER-диаграмма базы данных представлена на рисунке 3.1.

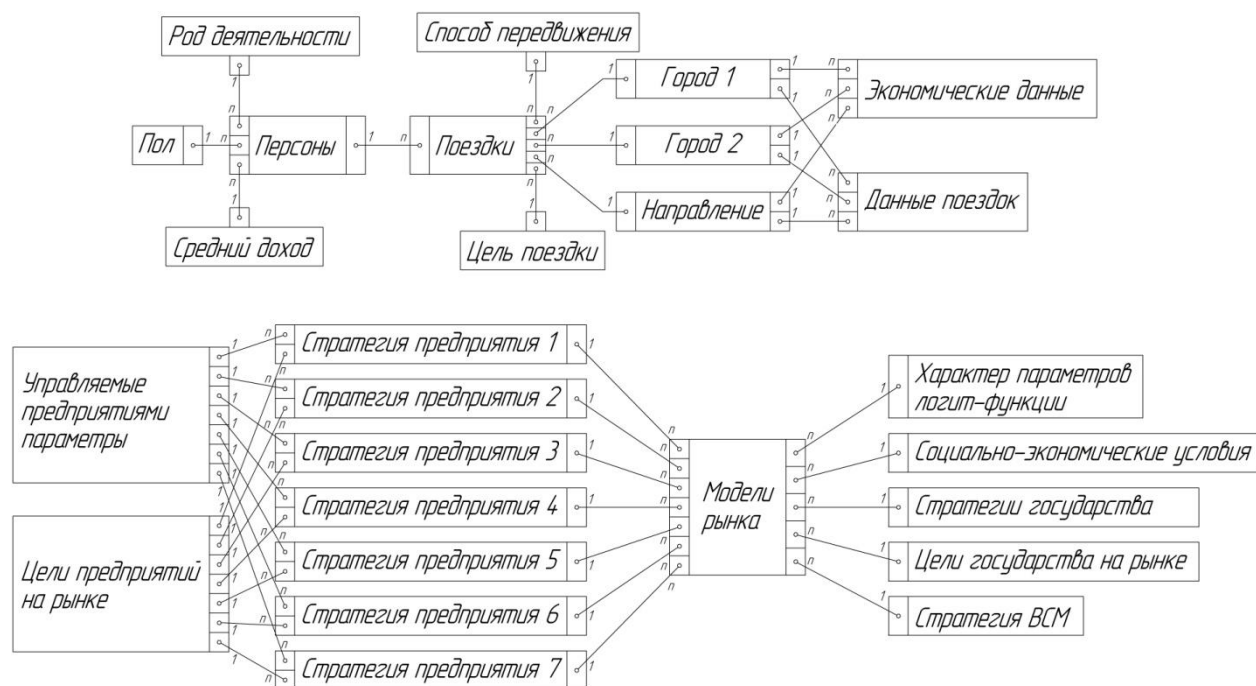


Рисунок 3.1 – ER-диаграмма базы данных

Исходная и справочная информация категорировалась на сущности и атрибуты в соответствии с требованиями третьей нормальной формы отношений в реляционной базе данных. Для сущностей выделялись отдельные одноименные таблицы. Ключевым полем каждой таблицы являлся порядковый номер сущности. Перечень сущностей и атрибутов представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Сущности и атрибуты базы данных

№ п/п	Сущность	Атрибут
1	2	3
1	Город	ID города, город
2	Данные поездок	ID данных поездок, город назначения, способ передвижения, расстояние, длительность, цена, интенсивность
3	Направление	ID направления, направление
4	Персоны	ID персоны, номер, возраст, пол, род деятельности, число членов семьи, средний доход, число автомобилей
5	Поездки	ID города, номер, направление, город отправления, город назначения, способ передвижения, время отправления, длительность поездки, стоимость поездки, уровень комфорта, уровень безопасности, цель поездки
6	Пол	ID пола, пол
7	Род деятельности	ID рода деятельности, род деятельности
8	Способ передвижения	ID способа передвижения, способ передвижения

Окончание таблицы 3.1

1	2	3
9	Средний доход	ID среднего дохода, средний доход
10	Цель поездки	ID цели поездки, цель поездки
11	Экономические данные	ID экономических данных, город назначения, способ передвижения, общие расходы транспорта, доля постоянных расходов, доля переменных расходов, пассажиропоток, число пассажирских мест
12	Виды стратегий предприятий	ID вида стратегии предприятия, название стратегии, интенсивность, тариф, комфорт
13	Модели	ID модели, характер параметров логит-функции, вариант социально-экономических условий, стратегия государства, цель государства, стратегия ВСМ, стратегия поезд, стратегия электропоезд, стратегия автобус, стратегия автомобилей ЦСПП, стратегия собственный автомобиль, стратегия попутчик, стратегия такси (межгород)
14	Социально-экономические условия	ID социально-экономических условий, название условия, период, общее число поездок в обе стороны, стоимость пассажиро-часа, инфляция, стоимость 1 литра бензина АИ-95, стоимость 1 киловатт-часа для промышленности
15	Стратегии государства	ID стратегии государства, название стратегии, инфраструктура, дотации
16	Стратегии предприятий	ID стратегии предприятия, шифр стратегии, название стратегии, цель
17	Стратегия ВСМ	ID стратегии ВСМ, название стратегии, логическое соответствие
18	Характер параметров логит-функции	ID характера параметров логит-функции, характер параметров, логическое соответствие
19	Цели государства на рынке	ID цели государства на рынке, цель
20	Цели предприятий на рынке	ID цели предприятия на рынке, цель
21	Результаты расчетов	ID результата расчета, способ передвижения, значения параметров логит-функции

Таблица «Персоны» предназначена для хранения информации о социально-экономическом положении респондентов. Данные о совершенных поездках содержатся в таблице «Поездки», а характеристики каждого способа передвижения на заданном направлении хранятся в таблице «Данные поездок». Общие расходы транспорта, доли постоянных и переменных расходов, общий пассажиропоток, общее число пассажирских мест на выбранном направлении следования размещены в таблице «Экономические данные». К атрибутам социально-экономических условий относятся общее

число поездок на выбранном направлении следования в обе стороны, стоимость пассажира-часа, показатель инфляции, стоимость 1 литра бензина АИ-95, стоимость 1 киловатт-часа электроэнергии для промышленного производства. Виды стратегий предприятий транспорта формируются на основе решения по активному воздействию на основные факторы, влияющие на вероятность выбора пассажиром способа передвижения: интенсивность отправок транспорта, стоимость проезда, уровень комфорта. Стратегии предприятий являются сочетанием решения по изменению основных факторов и целью предприятия на рынке транспортных услуг. Таблицы «Город», «Направление», «Пол», «Род деятельности», «Способ передвижения», «Средний доход», «Цель поездки», «Цели государства на рынке», «Цели предприятий на рынке» содержат по два атрибута: порядковый номер одноименной сущности и ее значение.

3.3 Проверка согласованности мнений респондентов

Для проверки согласованности мнений респондентов был произведен расчет коэффициента конкордации Кендалла [76]. Коэффициент конкордации можно определить по следующей формуле:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum_{i=1}^m T_i}, \quad (3.1)$$

$$T_i = \sum_{l=1}^L (t_l^3 - t_l), \quad (3.2)$$

где S – сумма квадратов величин отклонений суммарных рангов по каждому оцениваемому параметру от среднеарифметического значения сумм рангов;

m – количество опрошенных экспертов (респондентов);

n – количество параметров, подлежащих ранжированию;

T_i – член формулы, учитывающий повторения значений рангов;

L – количество связок (видов повторяющихся рангов) в оценках i -го эксперта (респондента);

t_l – количество элементов (рангов) в l -й связке i -го эксперта (респондента).

Ниже представлен пример расчета коэффициента конкордации Кендалла при проверке согласованности мнений респондентов по вопросу безопасности видов транспорта на направлении Новосибирск-Кемерово.

В окончательном варианте опрос-анкеты респондентам было предложено оценить уровень безопасности способов передвижения по десятибалльной шкале. Оценки респондентов, совершавших поездки на направлении Новосибирск-Кемерово, представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Оценки уровня безопасности по видам транспорта

Порядковый номер респондента	Вид транспорта					
	Поезд	Автобус	Электропоезд	Автомобили ЦСПП	Такси	Личный автомобиль
1	10	8	7	8	8	10
2	10	6	10	5	3	10
3	9	7	9	4	3	8
4	10	7	8	1	5	10
5	10	4	10	1	1	9
6	10	10	10	4	4	10
7	9	2	8	1	1	6
8	9	8	8	3	5	10
9	10	9	10	2	5	10
10	10	5	2	10	2	4
11	10	10	10	10	10	10

Для корректного расчета коэффициента конкордации необходимо произвести ранжирование оценок респондентов. Ранжирование производилось по следующим правилам: один балл – первый ранг, десять баллов – шестой ранг. Следует отметить, что при обратном порядке рангов значение коэффициента конкордации не изменится. Ранги уровней безопасности способов передвижения по каждому респонденту приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Ранги безопасности по видам транспорта

Порядковый номер респондента	Вид транспорта					
	Поезд	Автобус	Электропоезд	Автомобили ЦСПП	Такси	Личный автомобиль
1	5,5	3	1	3	3	5,5
2	5	3	5	2	1	5
3	5,5	3	5,5	2	1	4
4	5,5	3	4	1	2	5,5
5	5,5	3	5,5	1,5	1,5	4
6	4,5	4,5	4,5	1,5	1,5	4,5
7	6	3	5	1,5	1,5	4
8	5	3,5	3,5	1	2	6
9	5	3	5	1	2	5
10	5,5	4	1,5	5,5	1,5	3
11	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

Проверкой правильности заполнения матрицы рангов служит постоянство значений суммы рангов по каждому респонденту. Сумма рангов каждого респондента равна 21.

Далее определим суммы рангов по способам передвижения R_{oi} , которые представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Сумма рангов безопасности по видам транспорта

	Вид транспорта					
	Поезд	Автобус	Электропоезд	Автомобили ЦСПП	Такси	Личный автомобиль
Сумма рангов	56,5	36,5	44	23,5	20,5	50

Затем необходимо рассчитать среднее арифметическое значение сумм рангов по способам передвижения R_{cp} и величины отклонения соответствующих сумм от вычисленного среднего значения ΔR_{oi} . Среднее арифметическое значение сумм рангов R_{cp} определяется по формуле:

$$R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m R_{oi}}{m}, \quad (3.3)$$

$$R_{cp} = \frac{56,5 + 36,5 + 44 + 23,5 + 20,5 + 50}{6} = 38,5.$$

Величины отклонения сумм рангов от их среднеарифметического значения ΔR_{oi} можно найти по формуле:

$$\Delta R_{oi} = R_{cp} - R_{oi} , \quad (3.4)$$

В таблице 3.5 представлены величины отклонения сумм рангов от среднего значения R_{cp} по способам передвижения.

Таблица 3.5 – Величины отклонения сумм рангов от их среднеарифметического значения по видам транспорта

	Вид транспорта					
	Поезд	Автобус	Электропоезд	Автомобили ЦСПП	Такси	Личный автомобиль
Величины отклонений	-18	2	-5,5	15	18	-11,5

На следующем этапе вычислений необходимо получить сумму S квадратов отклонений сумм рангов от их среднего значения по способам передвижения. В таблице 3.6 представлены квадраты соответствующих величин отклонений.

Таблица 3.6 – Квадраты величин отклонения сумм рангов от их среднеарифметического значения по видам транспорта

	Вид транспорта					
	Поезд	Автобус	Электропоезд	Автомобили ЦСПП	Такси	Личный автомобиль
Квадраты отклонений	324	4	30,25	225	324	132,25

Сумма S квадратов отклонений сумм рангов от их среднего значения по способам передвижения равна 1039,5.

Далее показано, как учитывается повторение рангов в оценке респондентов. При рассмотрении рангов первого респондента в таблице 3.3 можно заметить, что ранг 1,5 повторяется два раза, и ранг 4 повторяется три раза. Тогда параметр T_i для первого респондента должен быть определен по формуле:

$$T_1 = (2^3 - 2) + (3^3 - 3) = 30.$$

Элемент формулы T_i определяется для каждого респондента. Сумма значений T_i равна 402.

Тогда коэффициент конкордации Кендалла по вопросу безопасности видов транспорта на направлении Новосибирск-Кемерово будет равен:

$$W = \frac{12 \cdot 1039,5}{11^2 \cdot (6^3 - 6) - 11 \cdot 402} = 0,594.$$

В таблице 3.7 представлены результаты расчетов суммарных рангов и коэффициентов конкордации по вопросам безопасности, комфорта и общему предпочтению видов транспорта для всех опрошенных респондентов в целом и в отдельности, то есть для респондентов, совершающих поездки на направлении Новосибирск-Кемерово.

Таблица 3.7 – Суммарные ранги и коэффициенты конкордации по вопросам безопасности, комфорта и общему предпочтению видов транспорта

Параметр, подлежащий оценке	Суммарные ранги по видам транспорта						Коэффициент конкордации
	Поезд	Автобус	Электропоезд	Автомобили ЦСП	Такси	Личный автомобиль	
Данные респондентов, передвигающихся на направлении Новосибирск-Кемерово							
Безопасность	56,5	36,5	44	23,5	20,5	50	0,594
Комфорт	41,5	29,5	29	39,5	34	57,5	0,299
Общее предпочтение видов транспорта	36,5	40	40	37	19,5	58	0,394
Данные всех опрошенных респондентов							
Безопасность	862	489	810,5	368	354,5	749	0,583
Комфорт	690,5	364	503,5	591	547	937	0,399
Общее предпочтение видов транспорта	686,5	512,5	610,5	565	358	900,5	0,346

В таблице 3.8 представлены результаты расчетов суммарных рангов и коэффициентов конкордации по вопросу важности параметров способов передвижении для всех опрошенных респондентов в целом и в отдельности

для респондентов, совершающих поездки на направлении Новосибирск-Кемерово.

Таблица 3.8 – Суммарные ранги и коэффициенты конкордации по вопросу важности параметров способов передвижения

Суммарные ранги параметров способов передвижения					Коэффициент конкордации
Стоимость проезда	Время в пути	Удобство расписания	Комфорт	Безопасность	
Данные респондентов, передвигающихся на направлении Новосибирск-Кемерово					
32	29	31,5	30,5	42	0,130
Данные всех опрошенных респондентов					
555	531,5	469,5	479	560	0,033

Общепринятой является следующая шкала для качественной оценки результатов расчета коэффициента конкордации Кендалла:

$W < 0,4$ – мнения экспертов (респондентов) плохо согласованы;

$W > 0,7$ – мнения экспертов (респондентов) хорошо согласованы;

Однако следует заметить, что важна не только качественная оценка, но и возможность интерпретации полученного значения коэффициента конкордации. Рассмотрим таблицу 3.7. Респонденты, совершающие поездки на направлении Новосибирск-Кемерово, считают поезда и личный автотранспорт наиболее безопасными способами передвижения. В более широкой выборке респондентов первые позиции по вопросу безопасности занимают поезда и электропоезда. В свою очередь междугородное такси и автомобили ЦСПП являются наименее безопасными видами транспорта. Такое отношение к этим способам передвижения наблюдается как среди всех опрошенных респондентов, так и среди респондентов, передвигающихся на направлении Новосибирск-Кемерово. То есть такси и автомобили ЦСПП находятся на одинаково низком уровне безопасности. Все вышеуказанные факты несогласованности и приблизительно равной оценки проявляются в снижении значения коэффициента конкордации.

При анализе мнений респондентов по вопросу комфорта видов транспорта подтверждено, что наиболее комфортным способом

передвижения считается личный автотранспорт. В свою очередь, автобусный транспорт респонденты поставили на последнее место по уровню комфорта. Таким образом, можно сделать вывод о векторе прилагаемых усилий по привлечению пассажиропотока для автотранспортных предприятий.

В целом опрошенные респонденты больше предпочитают передвигаться личным автотранспортом, что объясняется высокими уровнями безопасности и комфорта. На втором месте по общему предпочтению видов транспорта находятся поезда. Уровень комфорта в поездах пока недостаточно высок, чтобы конкурировать с личным автотранспортом. Автобусы, электропоезда и автомобили ЦСПП воспринимаются респондентами примерно равнозначно. Иными словами респонденты выберут один из указанных видов транспорта в зависимости от сложившихся обстоятельств, главным из которых является невозможность совершить поездку на личном автотранспорте или на поезде.

Следует заметить, что при выборе способа передвижения между городами в последнюю очередь респонденты обратятся к такси. Данное наблюдение подтверждается практически полным отсутствием сервиса междугородного такси как способа передвижения. В настоящее время таксисты предлагают свои услуги в основном на вокзалах и автовокзалах, то есть в местах высокой концентрации пассажиров. Рекламные действия таксистов направлены на прибывающий пассажиропоток. Главным преимуществом такси является максимально удобное расписание по отправлению, то есть поездки совершаются по мере возникновения спроса. Можно сделать вывод, что междугородным такси пользуются только те пассажиры, которые спешат оказаться в пункте назначения настолько оперативно, что готовы заплатить соответствующую цену и пожертвовать своей безопасностью.

При анализе данных таблицы 3.8 выявлена практически полная несогласованность мнений по вопросу важности параметров способов передвижения. Данный факт означает, что в обществе существует множество

равновеликих групп, при этом для каждой группы населения найдется такая группа, мнение которой полностью противоположно.

3.4 Окончательный этап разработки логит-модели выбора пассажирами способа передвижения

Необходимые для построения логит-модели социально-экономические данные респондентов, совершающих поездки на направлении Новосибирск-Кемерово, представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Социально экономические данные респондентов, совершающих поездки на направлении Новосибирск-Кемерово.

Порядковый номер респондента	Среднемесячный доход семьи, тыс. рублей	Число членов семьи, чел.	Число автомобилей в собственности семьи, шт.
1	137,5	4	1
2	87,5	2	0
3	62,5	3	1
4	62,5	4	1
5	37,5	4	3
6	37,5	5	1
7	137,5	5	1
8	62,5	4	1
9	87,5	3	1
10	37,5	2	1
11	62,5	4	1

Отметим, что посредством анкетирования было выявлено 11 человек, которые совершили 216 поездок по направлению Новосибирск-Кемерово в течение года. В таблице 3.10 представлены исходные анкетные данные о перемещениях респондентов по видам транспорта. По данным таблицы 3.10 видно, что в диссертационном исследовании принималось во внимание 11 категорий населения. Поскольку логит-модель разрабатывалась для управления междугородными пассажирскими перевозками посредством изменения параметров способов передвижения предприятиями транспорта, то социально-экономические данные пассажиров имеют второстепенное значение.

Таблица 3.10 – Перемещения респондентов на направлении Новосибирск-Кемерово по видам транспорта

Порядковый номер респондента	Выявленное при помощи анкетирования количество передвижений респондентов в год по видам транспорта			
	Поезд	Автобус	Автомобили ЦСПП	Личный автомобиль
1	0	1	5	3
2	0	10	0	0
3	3	6	0	2
4	3	10	0	20
5	0	8	1	5
6	0	12	8	1
7	7	1	0	4
8	0	36	0	2
9	0	22	0	0
10	0	0	30	0
11	0	1	15	0
Всего:	13	107	59	37

Для построения логит-модели в сущности не имеет значения точное число перемещений каждым видом транспорта, важно только соотношение перемещений между собой, так как при помощи логит-модели определяется вероятность выбора пассажиром способа передвижения.

Необходимые для построения логит-модели параметры видов транспорта, обеспечивающих перемещение пассажиров на направлении Новосибирск-Кемерово, представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Параметры способов передвижения на направлении Новосибирск-Кемерово

Виды транспорта	Время в пути, ч.	Интенсивность отправок, рейс/сут.	Стоимость проезда, руб.
Поезд	4,47	1	1013
Автобус	4,50	15	900
Автомобили ЦСПП	3,92	20,5	570
Личный автомобиль	3,92	1440	1600

Интенсивность отправок в сутки и стоимости проезда для железнодорожного транспорта, автобусов и автомобилей ЦСПП занесены в таблицу на основании данных за март 2021 года.

Интенсивность отправлений личного автотранспорта в течение суток принималась ежеминутной, что обусловлено возможностью собственника автотранспортного средства отправиться в любое удобное время. Стоимость проезда личного автотранспорта принималась равной общим расходам на совершение автомобилем одной поездки $R_{\text{авт}}$.

Преобразованный оценочный коэффициент восприятия пассажирами безопасности i -го способа передвижения вычислялся по формуле:

$$S_i = \frac{1}{1 + e^{-(IS_i - \bar{G})}}, \quad (3.5)$$

где IS_i – исходный средний оценочный коэффициент восприятия пассажирами безопасности i -го способа передвижения, определенный на основании анкетирования;

\bar{G} – среднее значение шкалы, по которой производится оценка восприятия пассажирами безопасности i -го способа передвижения.

Преобразованный оценочный коэффициент восприятия пассажирами комфорта i -го способа передвижения вычислялся по формуле:

$$K_i = \frac{1}{1 + e^{-(IK_i - \bar{D})}}, \quad (3.6)$$

где IK_i – исходный средний оценочный коэффициент восприятия пассажирами комфорта i -го способа передвижения, определенный на основании анкетирования;

\bar{D} – среднее значение шкалы, по которой производится оценка восприятия пассажирами комфорта i -го способа передвижения.

Поскольку шкала для оценки безопасности и комфорта видов транспорта респондентами была выбрана десятибалльной, то среднее значение шкалы равно 5,5. В таблице 3.12 представлены результаты расчетов преобразованных оценочных коэффициентов безопасности и комфорта по видам транспорта.

Таблица 3.12 – Исходные средние и преобразованные оценочные коэффициенты восприятия пассажирами безопасности и комфорта

Виды транспорта	Исходный средний оценочный коэффициент восприятия пассажирами	Среднее значение шкалы	Преобразованный оценочный коэффициент восприятия пассажирами
безопасности			
Поезд	9,633	5,5	0,984
Автобус	6,400		0,711
Автомобили ЦСПП	4,933		0,362
Личный автомобиль	7,600		0,891
комфорта			
Поезд	7,567	5,5	0,888
Автобус	3,733		0,146
Автомобили ЦСПП	5,667		0,542
Личный автомобиль	9,267		0,977

Для количественного определения альтернативно-специфических констант и компонент, а также коэффициентов логит-модели применялся метод максимального правдоподобия, сущность которого заключается в том, что произведение P_0 всех вероятностей P_{ij} стремится к своему максимальному значению:

$$P_0 = \prod_{j=1}^M \prod_{i=1}^N P_{ij} \rightarrow \max, \quad (3.7)$$

где M – количество рассматриваемых пассажиров ($M = 11$).

С целью определения максимального значения P_0 применялся метод покоординатного спуска. Покоординатный спуск осуществлялся при помощи компьютерной программы, написанной на языке VBA и работающей в среде MS Excel. Сокращенная блок-схема данной программы представлена на рисунке 3.2.

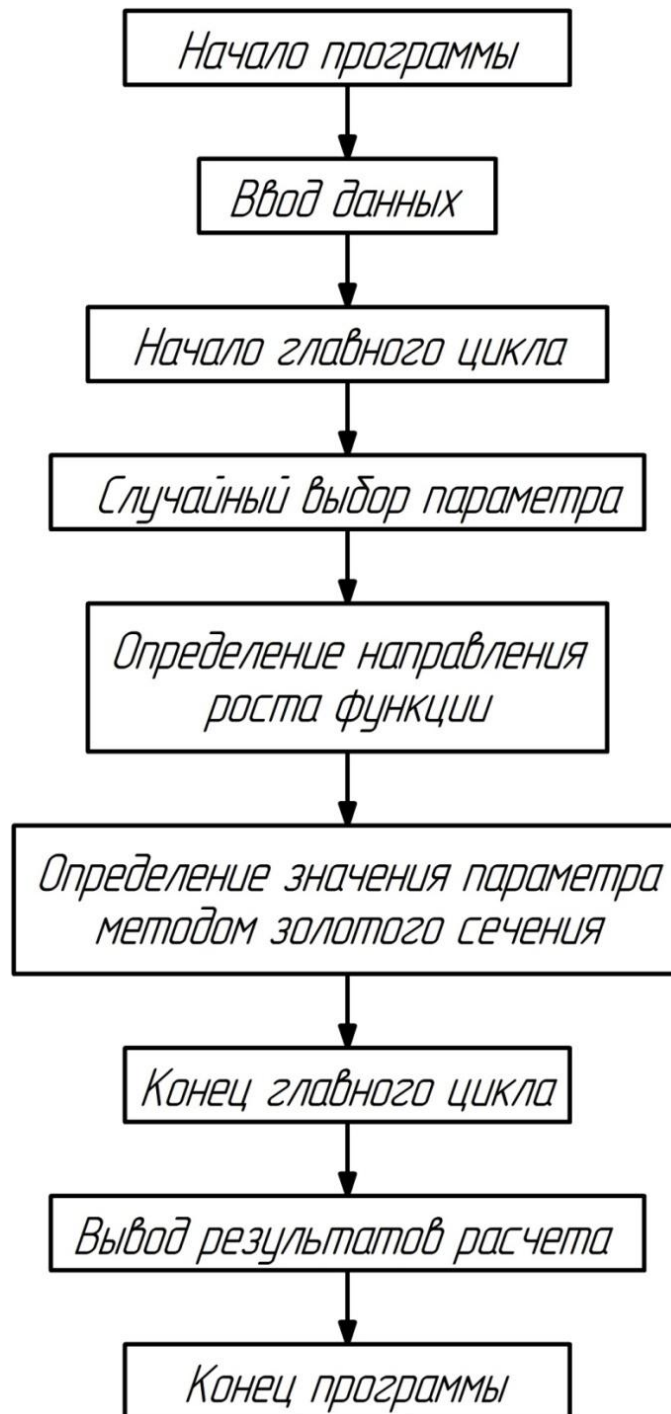


Рисунок 3.2– Сокращенная блок-схема программы для расчета значений альтернативно-специфических констант и компонент, коэффициентов логит-модели

В таблице 3.13 представлены результаты расчетов значений альтернативно-специфических констант и компонент, коэффициентов логит-модели.

Таблица 3.13 – Результаты расчетов значений альтернативно-специфических констант и компонент, коэффициентов логит-модели

Обозначение альтернативно-специфических констант и компонент, коэффициентов логит-модели	Рассчитанные значения альтернативно-специфических констант и компонент, коэффициентов логит-модели
a_1 для автобусов	1,09339
a_1 для автомобилей ЦСПП	-3,76671
a_1 для личных автомобилей	5,62597
a_2 для автобусов	-0,00628
a_2 для автомобилей ЦСПП	0,06588
a_2 для личных автомобилей	-0,33320
a_3 для автобусов	-0,33117
a_3 для автомобилей ЦСПП	-0,96062
a_3 для личных автомобилей	1,87343
b_1	-0,67155
b_2	0,79178
b_3	-0,80491
b_4	6,95638
b_5	1,14850

Суммарная вероятность выбора пассажирами i -го способа передвижения P_i определялась по формуле:

$$P_i = \sum_{j=1}^M P_{ij} . \quad (3.8)$$

Результаты расчетов P_i представлены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Вероятности выбора пассажирами i -го способа передвижения

Вид транспорта	Вероятность выбора
Поезд	0,07084
Автобус	0,69973
Автомобили ЦСПП	0,12861
Личный автомобиль	0,10082
Сумма вероятностей:	1

3.5 Выводы по разделу

В разделе описаны порядок сбора исходной информации при помощи опрос-анкет и способы ее последующей обработки. Анкетирование проводилось в два этапа. На первом этапе был составлен пробный вариант опрос-анкеты, и проведено тестовое анкетирование респондентов. На втором этапе был составлен окончательный вариант опрос-анкеты. Часть вопросов была исключена либо заменена другими вопросами, которые представляли больший интерес для исследования и были необходимы для более корректного построения логит-модели выбора пассажирами способа передвижения.

Результаты опросов, полученных на основании использования окончательного варианта анкеты, были занесены в таблицу MS Excel и подвергнуты обработке на корректность заполнения. По результатам обработки полностью корректно заполненными оказались 173 анкеты, что составило 60,5% от опрошенных респондентов.

Для хранения собранных посредством опрос-анкеты данных и остальной необходимой для моделирования рынка междугородных пассажирских перевозок информации была разработана база данных Microsoft Access. Хранящуюся в базе данных информацию можно разделить на три типа: исходная, справочная и расчетная. Разработана и представлена ER-диаграмма базы данных.

На основании собранных данных определены количественные значения параметров логит-модели. Таким образом, была выполнена разработка логит-модели выбора пассажирами способа передвижения.

4 ТЕОРЕТИКО-ИГРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЫНКА МЕЖДУГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

4.1 Порядок разработки модели рынка междугородных пассажирских перевозок

Участники рынка пассажирских перевозок непрерывно вступают во взаимодействие. Теоретико-игровой подход к формированию модели рынка предполагает описание возможных стратегий его основных участников (игроков). Процесс разработки модели рынка междугородных пассажирских перевозок можно включить несколько этапов, показанных на рисунке 4.1. В диссертационном исследовании модель рынка основывается на логит-модели выбора пассажирами способа передвижения.

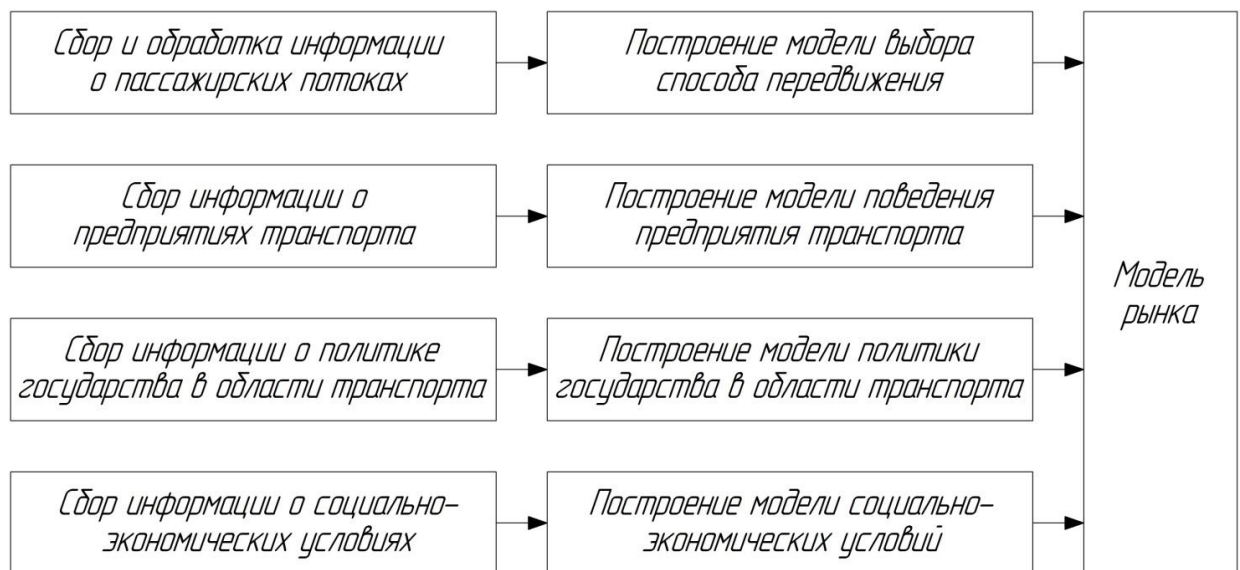


Рисунок 4.1 – Этапы разработки модели рынка междугородных пассажирских перевозок

Важной составляющей моделирования рынка пассажирских транспортных услуг является описание целей и стратегий основных игроков: предприятий транспорта и государства. Предприятия транспорта могут ставить своей целью либо максимизацию прибыли, либо увеличение доли на рынке пассажирских перевозок. Стремление увеличивать долю в

краткосрочном периоде сопровождается финансовыми потерями, однако в дальнейшем возможен значительный прирост прибыли. К стратегиям предприятий транспорта относятся принимаемые решения по активной регулировке основных факторов, оказывающих влияние на выбор пассажирами способа передвижения. Например, автобусный транспорт может выбрать стратегию, которая предполагает гибкое изменение расписания и стоимости проезда, а железнодорожный транспорт может занять пассивную позицию, то есть отказаться от каких-либо изменений или активных действий на рынке пассажирских перевозок.

Государство в отношении пассажирских перевозок может ставить следующие цели: уменьшение общих потерь времени населения на перемещение, уменьшение общих потерь всех видов ресурсов, обеспечение финансовой доступности транспортных услуг, обеспечение безубыточности предприятий транспорта. В зависимости от поставленной цели государство выбирает свою стратегию, то есть набор активных действий по достижению цели. К активным действиям следует отнести принятие решений в отношении развития инфраструктуры и субсидирования перевозок какого-либо вида транспорта. Также государство может занять позицию невмешательства и стать пассивным участником рынка транспортных услуг. Отдельно следует выделить стратегию государства по развитию высокоскоростного движения на выбранном направлении.

В процессе моделирования рынка пассажирских перевозок должны быть учтены и социально-экономические условия, так как они являются средой, в которой происходит взаимодействие игроков. Например, в случае экономического кризиса граждане более экономно расходуют свои денежные средства, что приводит к перераспределению пассажирского потока в сторону более дешевого и менее комфортного вида транспорта, что в свою очередь влияет на выбор целей и стратегий предприятиями транспорта. Государство в условиях кризиса проводит секвестр бюджета. Такая политика

может привести к снижению или полной отмене субсидирования какого-либо вида транспорта.

4.2 Определение расходов на перевозку по видам пассажирского транспорта

В диссертационной работе предлагается определять общие расходы на совершение пассажирским поездом одной поездки R_{Π} на основании платы за пользование инфраструктурой Π_{Π} за одно отправление пассажирского поезда. Доля расходов на оплату пользования инфраструктурой составляет приблизительно 30% от общих расходов железнодорожного транспорта при перевозке пассажиров. Таким образом, общие расходы на совершение одного рейса можно рассчитать по формуле:

$$R_{\Pi} = \frac{\Pi_{\Pi}}{0,3} \cdot I_{\Pi}, \quad (4.1)$$

где I_{Π} – индекс-дефлятор для преобразования цен 2010 года в цены 2020 года ($I_{\Pi} = 1,843$).

Плата за пользование инфраструктурой в настоящее время рассчитывается в соответствии с приказом Федеральной службы по тарифам №156-т/1 по следующей формуле:

$$\Pi_{\Pi} = I_1 + N_{\Pi} \cdot (I_2 + I_3), \quad (4.2)$$

где I_1 , I_2 , I_3 – тарифные схемы, определяемые на основании таблицы приложения 25 приказа №156-т/1;

N_{Π} – число вагонов в пассажирском поезде.

Произведем необходимые расчеты для определения общих расходов на совершение поездом одного рейса на направлении Новосибирск-Кемерово. Число вагонов в поезде примем равным 6.

$$\Pi_{\Pi} = 34665,8 + 6 \cdot (394 + 834,1) = 42034,4 \text{ руб./поезд,}$$

$$R_{\text{п}} = \frac{42034,4}{0,3} \cdot 1,843 = 258231,33 \text{ руб./поезд.}$$

Общие расходы на совершение автобусом одной поездки R_a предлагается определять на основании расходов пассажирского автотранспортного предприятия на заработную плату водителя Z_b . Доля фонда заработной платы водителей составляет приблизительно 30% от общих расходов пассажирского автотранспортного предприятия. Таким образом, общие расходы на совершение одной поездки можно рассчитать по формуле:

$$R_a = \frac{Z_b}{0,3}. \quad (4.3)$$

Зарботную плату водителей автобусов на междугородных маршрутах после уплаты подоходного налога следует принять равной 50 тыс. руб. Налог на доходы физических лиц составляет 13%. Отчисления на социальные нужды определяются в процентах от годового фонда заработной платы работников. Тарифы отчислений в обязательные государственные внебюджетные фонды составляют: 22% – взносы в пенсионный фонд; 5,1% – взносы в фонд обязательного медицинского страхования; 2,9% – взносы в фонд социального страхования на обязательное страхование. Тогда суммарные отчисления на социальные нужды соответственно равны 30%.

Норма рабочего времени на 2021 год при 40-часовой рабочей неделе составила 1972 ч. Продолжительность поездки на направлении Новосибирск-Кемерово равняется 4 ч. 30 мин. Бюджет рабочего времени водителя также включает в себя время работы, не связанное с управлением автобуса. Данное время включает в себя время на подготовительно-заключительные операции (выполняемые перед началом смены, в пункте оборота и после окончания смены), время проведения предрейсового медицинского осмотра и время стоянки в ожидании посадки и высадки пассажиров. Общая

продолжительность рабочего времени, не связанного с управлением автобусом, принимается равной 1 ч.

Расходы пассажирского автотранспортного предприятия на выплату заработной платы одному водителю в течение года Z_r составляют:

$$Z_r = \frac{12 \cdot 50000}{\left(1 - \frac{13}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{30}{100}\right)} = 985221,68 \text{ руб./год.}$$

Расходы пассажирского автотранспортного предприятия на выплату заработной платы одному водителю за время одной поездки Z_b составляет:

$$Z_b = 985221,68 \cdot \frac{(4,5+1)}{1972} = 2747,83 \text{ руб.}$$

Общие расходы на совершение автобусом одной поездки соответственно равны:

$$R_a = \frac{2747,83}{0,3} = 9159,43 \text{ руб.}$$

Общие расходы на совершение автомобилем одной поездки $R_{авт}$ предлагается определять на основании убывания капитальной стоимости автомобиля $P_{уб}$ и текущих затрат $P_{тек}$ на совершение поездки:

$$R_{авт} = P_{уб} + P_{тек} . \quad (4.4)$$

Отметим, что в настоящее время в эксплуатации находится большое число моделей автотранспортных средств. Для упрощения определения расходов на совершение автомобилем одной поездки в диссертационном исследовании рассматривался автомобиль Kia Rio. Стоимость приобретения нового автомобиля Kia Rio принимается равной 1 млн. руб. Гарантийный срок эксплуатации автомобиля Kia Rio составляет 5 лет. Стоимость покупки подержанного автомобиля Kia Rio после 5 лет эксплуатации принимается равной 500 тыс. руб. Следовательно, убывание капитальной стоимости автомобиля в течение 5 лет составляет 500 тыс. руб.

Гарантийный пробег автомобиля Kia Rio равен 150 тыс. км. Расстояние между Новосибирском и Кемерово составляет 265 км. Количество междугородных поездок по данному направлению в гарантийном пробеге $N_{\text{авт}}$ можно вычислить по формуле:

$$N_{\text{авт}} = \frac{150000}{265} = 566 \text{ поездок.}$$

Продолжительность одной поездки на автомобиле между Новосибирском и Кемерово составляет 3 часа 55 минут (3,92 часа). Суммарное число часов эксплуатации $T_{\text{авт}}$, которое необходимо для исчерпания гарантийного пробега при передвижении только между Новосибирском и Кемерово, можно определить по формуле:

$$T_{\text{авт}} = 566 \cdot 3,92 = 2218,72 \text{ часов.}$$

Убытие капитальной стоимости автомобиля при совершении одной поездки между Новосибирском и Кемерово $P_{\text{уб}}$ можно вычислить по формуле:

$$P_{\text{уб}} = 500000 \cdot \frac{3,92}{2218,72} = 883,39 \text{ руб.}$$

При определении текущих затрат на совершение одной поездки автомобилем $P_{\text{тек}}$ учитываются только расходы на бензин. Стоимость 1 л. бензина марки АИ-92 в настоящее время составляет 45 руб. Расход бензина автомобилем Kia Rio по трассе принимается равным 6 л. на 100 км. Следовательно, текущие затраты на совершение одной поездки автомобилем $P_{\text{тек}}$ можно определить по формуле:

$$P_{\text{тек}} = 45 \cdot 6 \cdot \frac{265}{100} = 715,50 \text{ руб.}$$

Общие расходы на совершение автомобилем одной поездки $R_{\text{авт}}$ соответственно равны:

$$R_{\text{авт}} = 883,39 + 715,50 = 1598,89 \approx 1600 \text{ руб.}$$

4.3 Целевая функция предприятий транспорта

Для того, чтобы произвести моделирование перераспределения спроса на рынке междугородных пассажирских перевозок, следует определить целевые функции для каждого вида транспорта. Предполагается, что предприятия транспорта могут придерживаться двух основных целей: максимизация прибыли и максимизация доли на рынке при условии безубыточности. В работе рассмотрены ситуации на рынке, когда предприятия пассажирского транспорта стремятся максимизировать прибыль.

Общие доходы i -го предприятия пассажирского транспорта за месяц TR_i определяются на основании общих реальных месячных объемов пассажиропотока Q_o на заданном направлении, вероятности выбора пассажирами i -го способа передвижения P_i и стоимости проезда i -м видом транспорта C_i по формуле:

$$TR_i = Q_o \cdot P_i \cdot C_i . \quad (4.5)$$

Общие расходы i -го предприятия пассажирского транспорта за месяц TC_i являются суммой месячных переменных расходов VC_i и постоянных расходов FC_i :

$$TC_i = VC_i + FC_i . \quad (4.6)$$

Обычно предприятия транспорта занимаются перевозкой пассажиров одновременно по большому числу направлений. В свою очередь, в диссертационной работе для выполнения задачи моделирования рынка междугородных пассажирских перевозок рассматривалось только направление Новосибирск-Кемерово, как весьма востребованного жителями мегаполиса, исходя из наличия межсистемных связей. При уменьшении количества отправок предприятием на заданном направлении общие постоянные месячные расходы перекладываются на остальные направления.

Поэтому постоянные месячные расходы FC_i в дальнейшем не принимались во внимание. Вследствие чего в работе используется следующее соотношение:

$$TC_i = VC_i . \quad (4.7)$$

Переменные расходы i -го предприятия пассажирского транспорта за месяц определяются на основании количества отправок i -го транспорта на заданном направлении за сутки μ_i , среднего количества дней в месяце d и расходов i -го предприятия транспорта на совершение одной поездки R_i :

$$VC_i = d \cdot \mu_i \cdot R_i . \quad (4.8)$$

В работе d принималось равным 30 сут .

Тогда прибыль i -го предприятия пассажирского транспорта за месяц Pr_i можно рассчитать по формулам:

$$Pr_i = TR_i - TC_i , \quad (4.9)$$

$$Pr_i = Q_o \cdot P_i \cdot C_i - d \cdot \mu_i \cdot R_i . \quad (4.10)$$

Следовательно, целевая функция для i -го предприятия транспорта при условии максимизации прибыли принимает вид:

$$Pr_i = Q_o \cdot P_i \cdot C_i - d \cdot \mu_i \cdot R_i \rightarrow \max_{C_i, \mu_i} . \quad (4.11)$$

В представленной логит-модели перечислены 5 параметров способов передвижения, которыми могут управлять предприятия пассажирского транспорта: время в пути, интенсивность отправок (удобство расписания), стоимость проезда, уровни безопасности и комфорта. Однако в краткосрочном периоде и без существенных инвестиций предприятия транспорта не могут значительно уменьшить время в пути, так как для этого требуется развитие инфраструктуры. Повышение уровней безопасности и комфорта также связаны с инвестициями в технические средства безопасности и подвижной состав, что не может быть реализовано в короткие сроки. Таким образом, предприятия пассажирского транспорта

рассматриваемой логит-модели могут управлять только интенсивностью отправок в сутки и стоимостью проезда.

4.4 Моделирование рынка междугородных пассажирских перевозок

Применим теоретико-игровой подход для анализа рынка междугородных пассажирских перевозок. Целью данного подхода является выработка рекомендаций по рациональному поведению предприятий транспорта в разнообразно складывающихся условиях на рынке пассажирских транспортных услуг. Иными словами, теоретико-игровой подход позволяет определить оптимальные стратегии поведения предприятий транспорта на рынке пассажирских перевозок.

Необходимо заметить, что способ передвижения личным автомобилем не входит в число отдельных предприятий транспорта, то есть личный автотранспорт принимает пассивное участие на рынке междугородных пассажирских перевозок. Это подтверждается тем, что личный автотранспорт не может самостоятельно изменить ни интенсивность отправок в сутки, ни общие расходы на совершение автомобилем одной поездки.

4.4.1 Моделирование рынка при условии, что активным участником рынка является только железнодорожный транспорт

По состоянию на март месяц 2021 года перевозка пассажиров железнодорожным транспортом на направлении Новосибирск-Кемерово осуществлялась только проходящим 1 раз в сутки поездом назначением Москва-Кемерово. Стоимость проезда составляла 1013 руб. Количество отправляемых за сутки пассажиров могло быть обеспечено одним дополнительным вагоном в составе поезда.

Следует заметить, что при росте пассажиропотока не всегда достаточно только увеличивать количество вагонов в составе поезда. Может оказаться

так, что состав поезда по длине будет превосходить длину пассажирских платформ. В свою очередь снижение уровня комфорта при посадке или высадке окажет отрицательное влияние на пассажиропоток. В таком случае необходимо рассматривать варианты с выделением отдельной нитки для поезда назначением Новосибирск-Кемерово в графике движения поездов.

Общие месячные затраты на ежедневное отправление пассажирского поезда, в состав которого включено 5 вагонов, по направлению Новосибирск-Кемерово составляют 7,52 млн. руб. Получаемые железнодорожным транспортом доходы за счет продажи билетов при текущем размере пассажиропотока за месяц равны 0,78 млн. руб. Следовательно, месячная прибыль отрицательна и составляет -6,74 млн. руб. Для пояснения необходимо заметить, что пассажирский железнодорожный транспорт в России существенно дотируется государством.

Предположим, что в произвольные сутки железнодорожный транспорт может изменить количество отправок из Новосибирска в Кемерово и стоимость билетов, а параметры остальных предприятий пассажирского транспорта останутся неизменными. Формально задача принимает вид:

$$\begin{cases} Pr_1(P_{ij}, C_1, \mu_1) \rightarrow \max_{C_1, \mu_1} \\ P_{ij} = f_{ij}(C_1, \mu_1) \end{cases}$$

Моделированием было определено, что для максимизации прибыли железнодорожному транспорту необходимо совершать 1 отправление в сутки при стоимости билетов 660 руб. При этом в состав поезда должно быть включено 5 вагонов. Прибыль за месяц в таком случае станет равной -1,46 млн. руб., а изменение величины прибыли от текущего состояния составит +5,28 млн. руб. в месяц.

В таблице 4.1 представлено изменение месячных размеров пассажиропотоков после снижения стоимости проезда на железнодорожном транспорте.

Таблица 4.1 – Изменение размеров пассажиропотоков по видам транспорта при активных действиях со стороны железнодорожного транспорта

Вид транспорта	Пассажиропотоки до изменений, пасс./месяц	Пассажиропотоки после изменений, пасс./месяц	Изменение пассажиропотока, пасс./месяц
Поезд	771	9185	+8414
Автобус	7615	1343	-6272
Автомобили ЦСПП	1400	133	-1267
Личный автомобиль	1097	222	-875

По результатам моделирования было построено три плоскостные диаграммы, которые представлены на рисунках 4.2 – 4.4. На диаграммах показано, как зависят месячная прибыль, изменение месячной прибыли от текущего состояния и размер пассажиропотока железнодорожного транспорта от интенсивности отправок и стоимости проезда.

На основании диаграмм, показанных на рисунках 4.2 и 4.3, можно сделать вывод, что расходы на отправление одного поезда очень высоки, и при увеличении числа отправок в сутки не могут быть перекрыты увеличивающимися доходами от перераспределения пассажиропотока. При существующей величине пассажиропотока на направлении Новосибирск-Кемерово железнодорожный транспорт нуждается в дотациях.

На рисунке 4.5 представлена зависимость месячного пассажиропотока для железнодорожного транспорта в зависимости от интенсивности отправок при оптимальной стоимости билета (660 руб.). Зависимость размера месячного пассажиропотока железнодорожного транспорта от стоимости проезда при оптимальной интенсивности отправок в сутки (1 отправление) продемонстрирована на рисунке 4.6. Диаграммы на рисунках 4.5 и 4.6 могут быть получены сечением плоскостной диаграммы, представленной на рисунке 4.4, вертикальными плоскостями, которые соответственно параллельны оси X и оси Z. Графики, приведенные на рисунках 4.5 и 4.6, наглядно демонстрируют нелинейный характер изменения

размера пассажиропотока железнодорожного транспорта при изменении интенсивности отправок или стоимости проезда.

В случае одного отправления поезда в сутки на направлении Новосибирск-Кемерово необходимо понять, в каком диапазоне допустимо изменять стоимости проезда, чтобы добиться положительного изменения величины прибыли от текущего состояния. При помощи моделирования был установлен данный диапазон: стоимость проезда следует изменять от 72 до 1013 руб. Иными словами, уменьшение стоимости проезда от текущего состояния даст положительный эффект в виде существенного прироста размера пассажиропотока за счет перераспределения с других видов транспорта, вследствие чего прибыль изменится в положительную сторону практически на всем диапазоне цен ниже текущей.

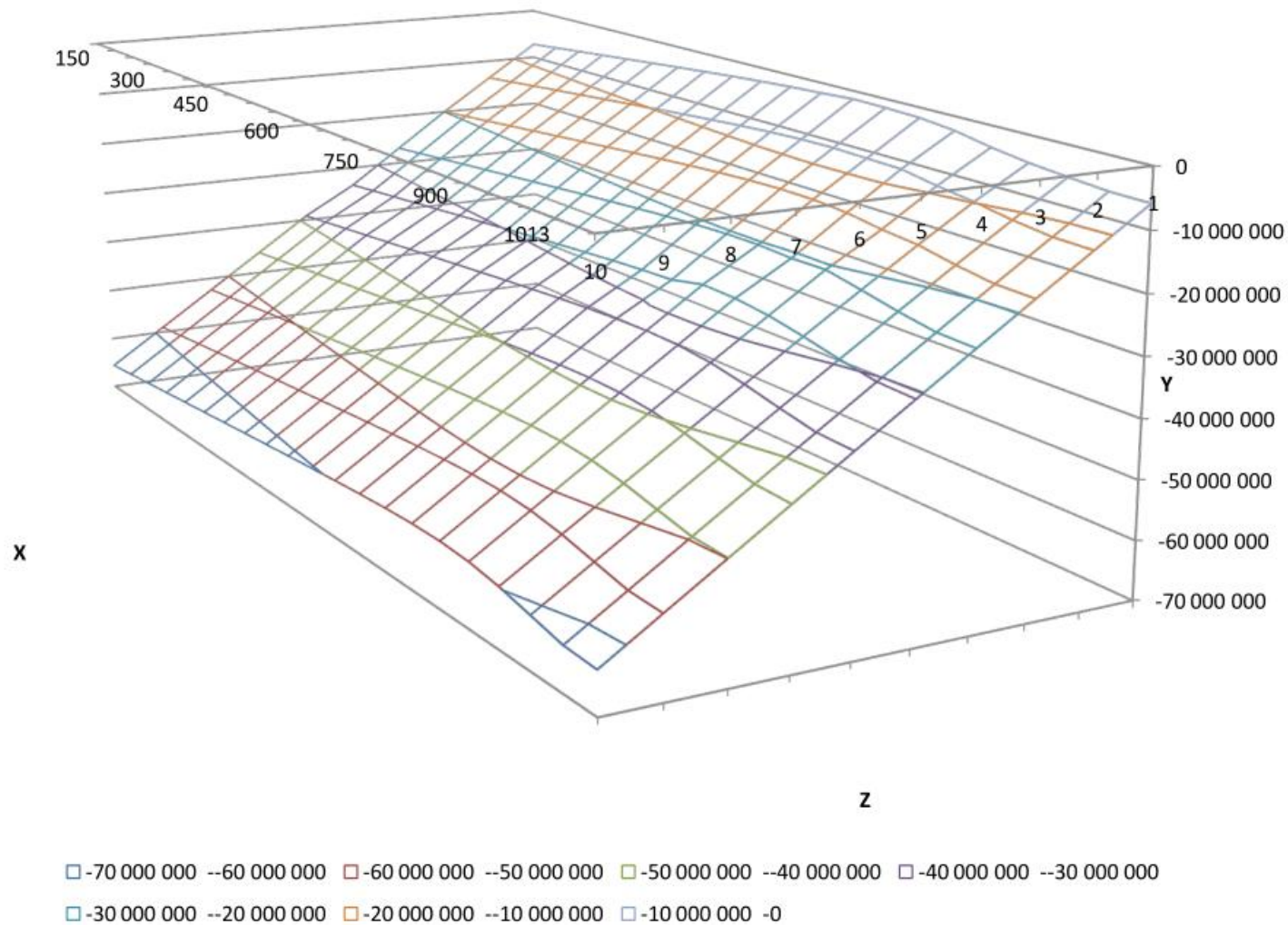


Рисунок 4.2 – Диаграмма месячной прибыли железнодорожного транспорта в зависимости от стоимости проезда и интенсивности отправок (по оси X отложена стоимость проезда, руб., по оси Y – прибыль, руб./мес., по оси Z – интенсивность отправок, рейс/сут.)

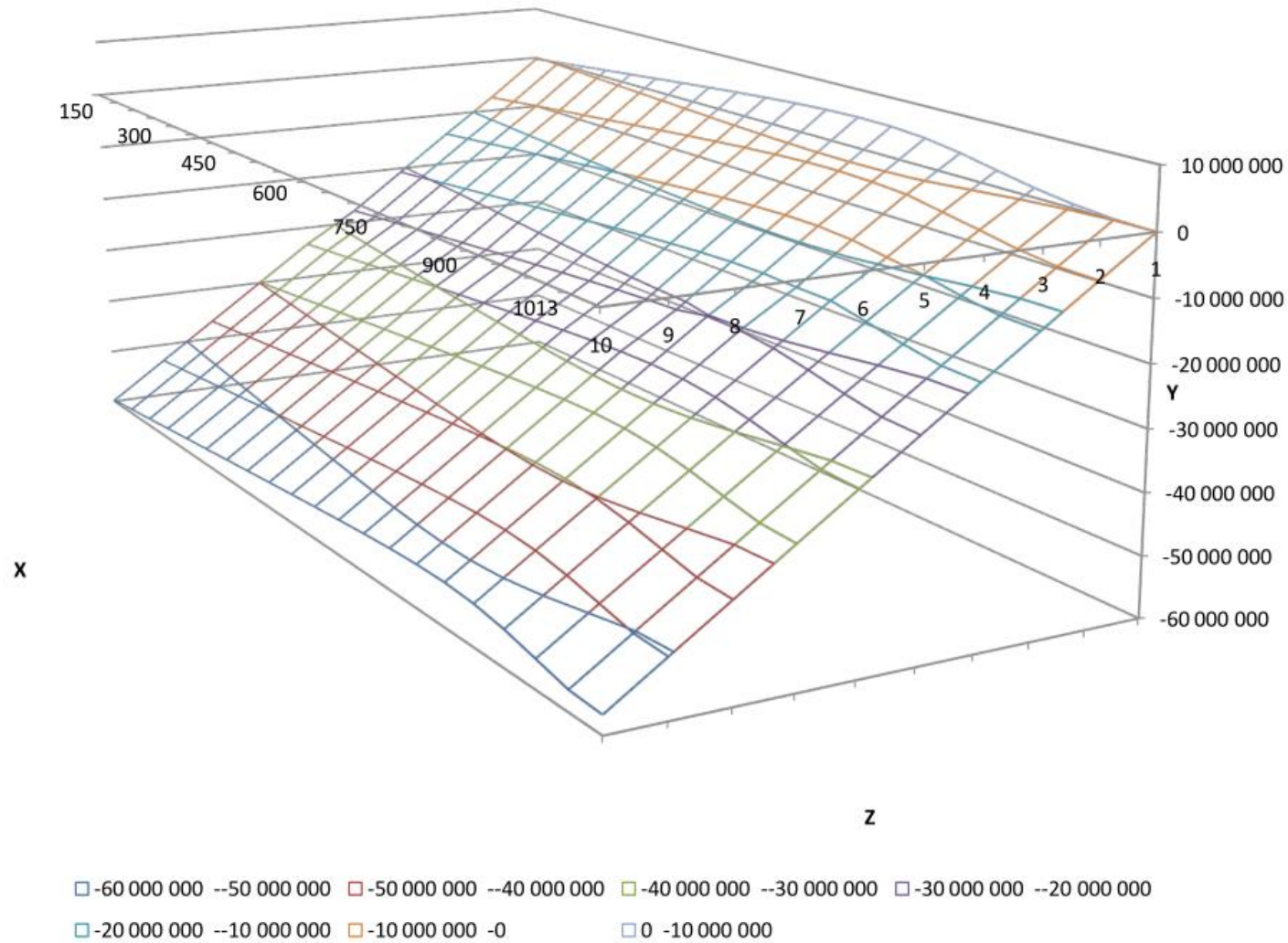


Рисунок 4.3 – Диаграмма изменения месячной прибыли от текущего состояния для железнодорожного транспорта в зависимости от стоимости проезда и интенсивности отправок (по оси X отложена стоимость проезда, руб., по оси Y – изменение прибыли, руб./мес., по оси Z – интенсивность отправок, рейс/сут.)

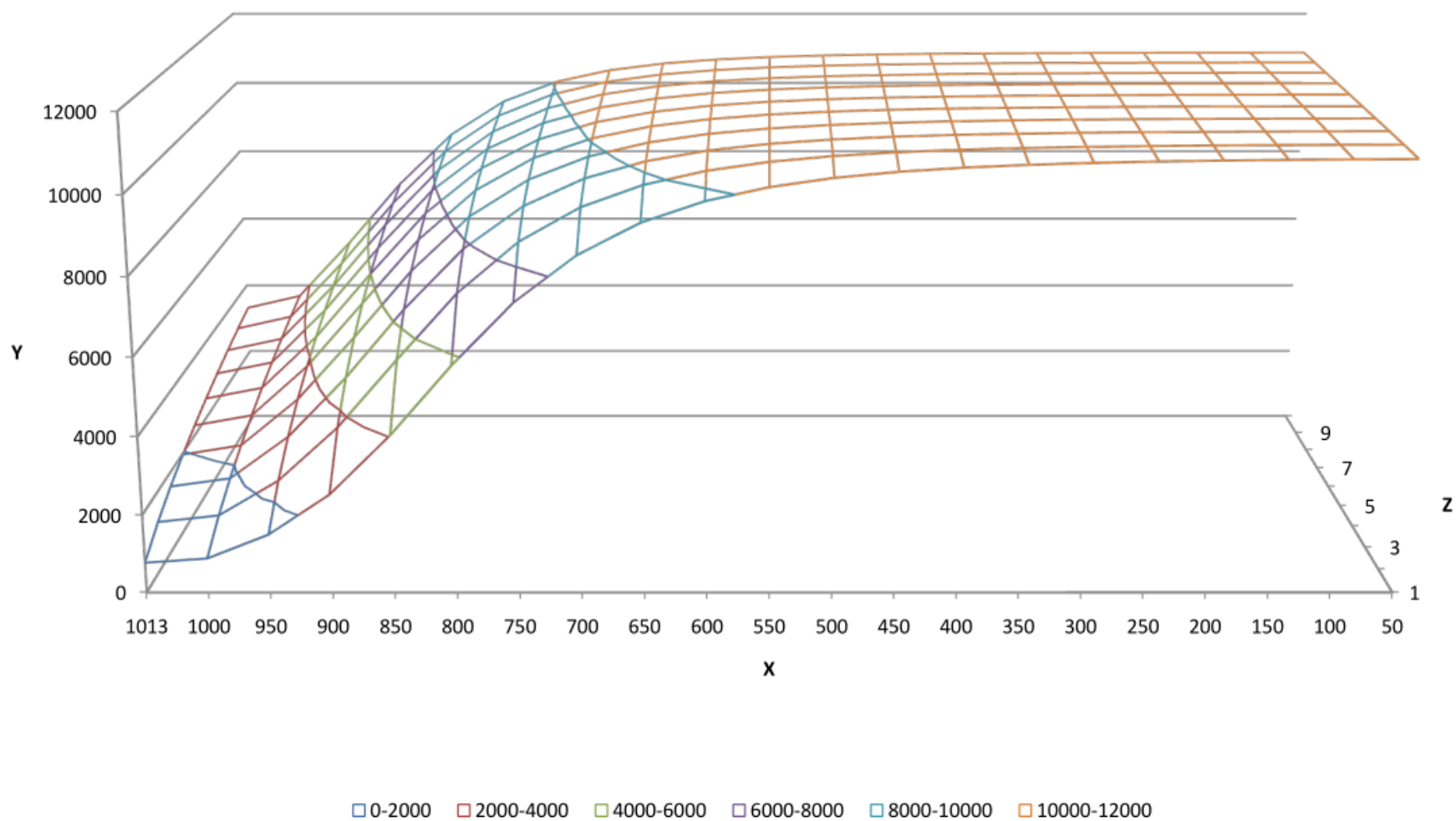


Рисунок 4.4 – Диаграмма изменения размера месячного пассажиропотока железнодорожного транспорта в зависимости от стоимости проезда и интенсивности отправок (по оси X отложена стоимость проезда, руб., по оси Y – пассажиропоток, пасс./мес., по оси Z – интенсивность отправок, рейс/сут.)

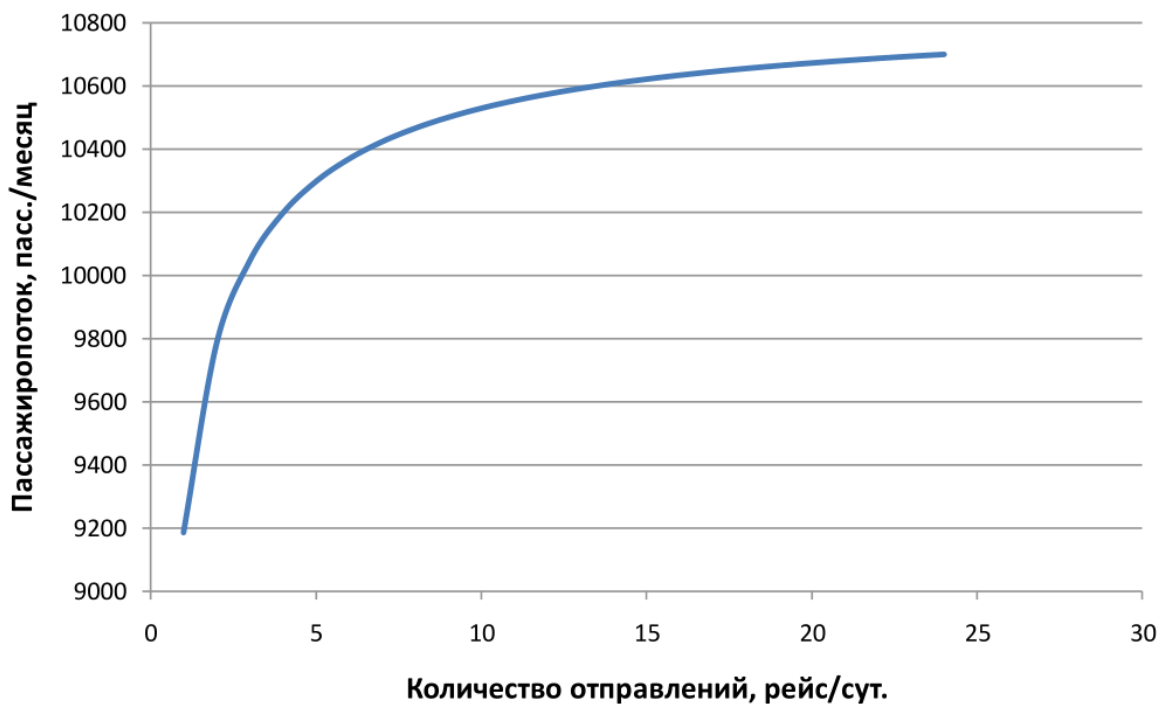


Рисунок 4.5 – Диаграмма размера месячного пассажиропотока железнодорожного транспорта в зависимости от интенсивности отправлений при оптимальной стоимости билета

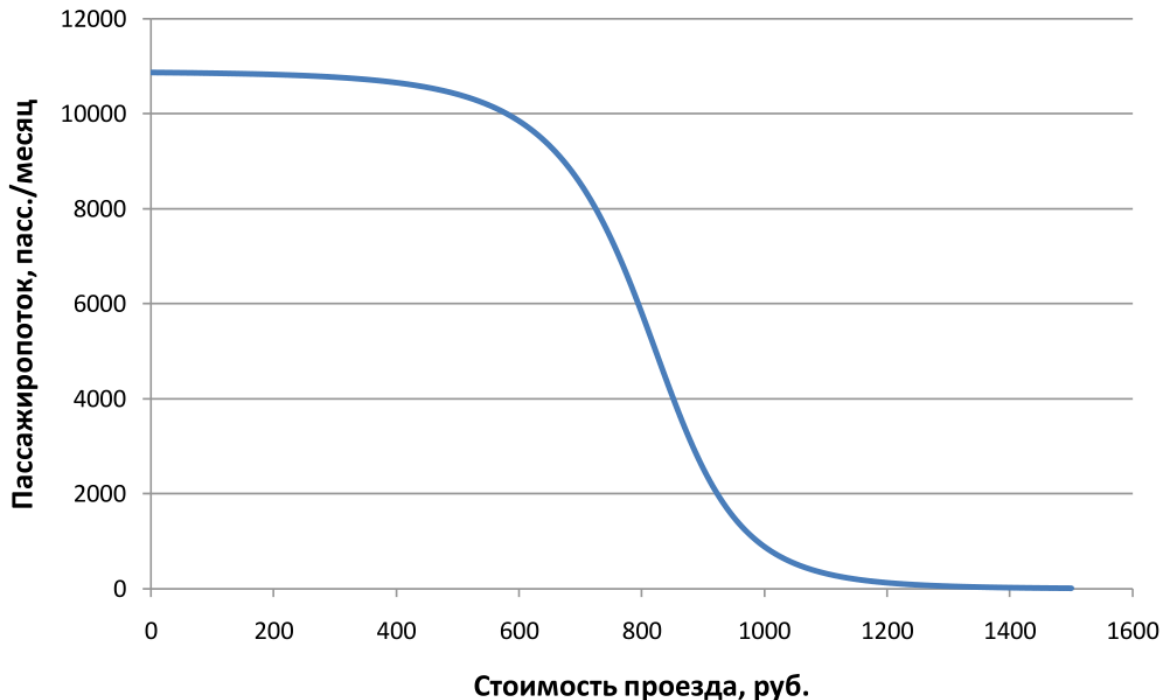


Рисунок 4.6 – Диаграмма размера месячного пассажиропотока железнодорожного транспорта в зависимости от стоимости проезда при оптимальной интенсивности отправлений в сутки

4.4.2 Моделирование рынка при условии, что активным участником рынка являются только автобусы

По состоянию на март месяц 2021 года для удовлетворения спроса на пассажирские перевозки на направлении Новосибирск-Кемерово автобусами осуществлялось 15 отправок в сутки. Стоимость проезда составляла 900 руб.

Важно заметить, что перевозочную деятельность за весь период наблюдений осуществляли разные по вместимости пассажиров автобусы. Вместимость автобусов варьируется в диапазоне от 16 до 53 мест. Поэтому по результатам анализа массива данных, предоставленных автотранспортным предприятием г. Кемерово, вместимость всех автобусов принималась равной среднему значению, то есть 34 пассажирским местам. Помимо того, отправленные рейсы отличались между собой по количеству проданных билетов. Это объясняется неравномерностью пассажиропотока в течение суток. При этом практически всегда оставались свободные места. Поэтому коэффициент использования вместимости автобусов при совершении одной поездки принимался равным 0,5.

Общие месячные затраты на 15 отправок автобусов ежедневно по направлению Новосибирск-Кемерово составляли 4,12 млн. руб. Получаемые за счет продажи билетов при текущем уровне пассажиропотока доходы автотранспортного предприятия за месяц были равны 6,85 млн. руб. Следовательно, месячная прибыль составляла 2,73 млн. руб.

Предположим, что в произвольные сутки автотранспортное предприятие могло изменить количество отправок из Новосибирска в Кемерово и стоимость билетов, а параметры остальных предприятий пассажирского транспорта остались неизменными. Формально задача принимает вид:

$$\begin{cases} Pr_2(P_{ij}, C_2, \mu_2) \rightarrow \max_{C_2, \mu_2} \\ P_{ij} = f_{ij}(C_2, \mu_2) \end{cases}$$

Моделированием было определено, что для максимизации прибыли автотранспортного предприятия необходимо совершать 17 отправлений в сутки при стоимости билетов 869 руб. Прибыль за месяц в таком случае станет равной 2,85 млн. руб., а изменение прибыли от текущего состояния составит +0,12 руб. в месяц.

В таблице 4.2 представлено изменение месячных пассажиропотоков по видам транспорта после снижения стоимости проезда и увеличения числа отправлений автобусов.

Таблица 4.2 – Изменение размеров пассажиропотоков по видам транспорта при активных действиях со стороны автотранспортного предприятия

Вид транспорта	Пассажиропотоки до изменений, пасс./месяц	Пассажиропотоки после изменений, пасс./месяц	Изменение пассажиропотока, пасс./месяц
Поезд	771	548	-223
Автобус	7615	8652	+1037
Автомобили ЦСПП	1400	919	-481
Личный автомобиль	1097	764	-333

По результатам моделирования было построено четыре плоскостные диаграммы, которые представлены на рисунках 4.7 – 4.10. На данных диаграммах показано, как зависят месячная прибыль, изменение месячной прибыли от текущего состояния и пассажиропоток автотранспортного предприятия от интенсивности отправлений и стоимости проезда.

На основании диаграмм, показанных на рисунках 4.7 и 4.8, можно сделать вывод, что место, занимаемое автобусами на рынке междугородных пассажирских перевозок, располагается близко к оптимальному положению с точки зрения максимизации прибыли. Иными словами, у автотранспортных предприятий существует достаточно небольшой резерв улучшения текущего положения.

На рисунке 4.11 представлена зависимость размера месячного пассажиропотока для автотранспортного предприятия в зависимости от интенсивности отправок при оптимальной стоимости билета (869 руб.) при условии ограничения автобусов по вместимости и без него. На интервале интенсивности от 1 до 17 отправок в сутки размер пассажиропотока без ограничения по вместимости больше, чем размер пассажиропотока с ограничением. Разница между графиками наглядно показывает величину возникающего дефицита предложения перевозок пассажиров автобусами.

Зависимость размера месячного пассажиропотока железнодорожного транспорта от стоимости проезда при оптимальной интенсивности отправок в сутки (17 отправок) показана на рисунке 4.12. На интервале стоимости проезда от 1 до 869 руб. размер пассажиропотока без ограничения по вместимости больше, чем размер пассажиропотока с ограничением. Разница между графиками наглядно показывает величину возникающего дефицита предложения перевозок пассажиров автобусами. При стоимости проезда, равной 869 руб., графики встречаются и далее по мере увеличения стоимости проезда полностью совпадают.

Диаграммы на рисунках 4.11 и 4.12 могут быть получены сечением плоскостных диаграмм, представленных на рисунках 4.9 и 4.10, вертикальными плоскостями, которые соответственно параллельны оси X и оси Z. Графики, приведенные на рисунках 4.11 и 4.12, наглядно демонстрируют нелинейный характер изменения размера пассажиропотока без ограничений по вместимости автотранспортного предприятия при изменении интенсивности отправок или стоимости проезда.

На основании представленных диаграмм можно сделать вывод о тесной взаимосвязи интенсивности отправок в сутки и размера пассажиропотока для автотранспортного предприятия. Иными словами, автобусы в отличие от поездов не могут гибко изменять количество предложенных мест в одном отправлении.

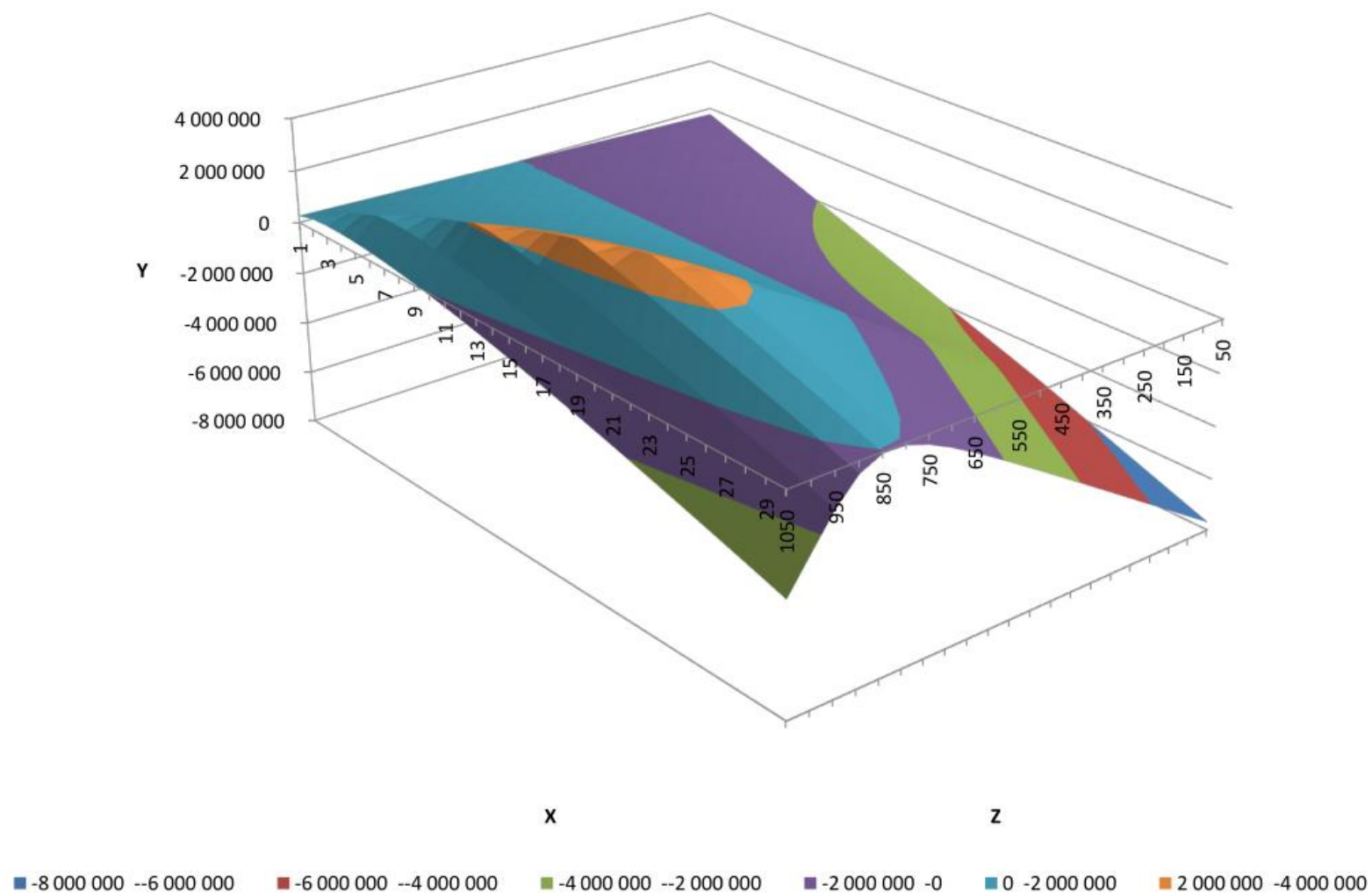


Рисунок 4.7 – Диаграмма месячной прибыли автотранспортного предприятия в зависимости от стоимости проезда и интенсивности отправок (по оси X отложена интенсивность отправок, рейс/сут., по оси Y – прибыль, руб./мес., по оси Z – стоимость проезда, руб.)

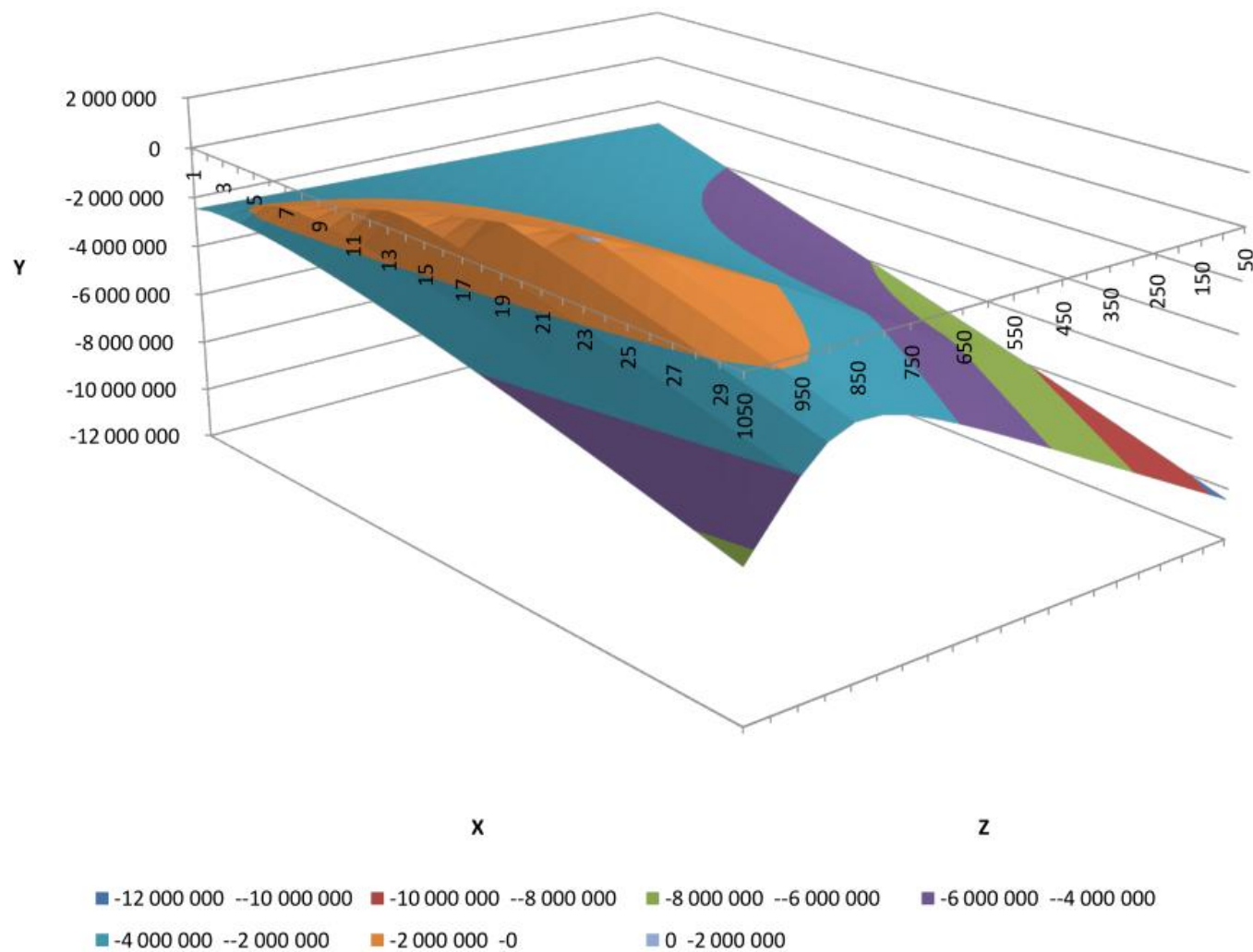


Рисунок 4.8 – Диаграмма изменения месячной прибыли от текущего состояния автотранспортного предприятия в зависимости от стоимости проезда и интенсивности отправлений (по оси X отложена интенсивность отправлений, рейс/сут., по оси Y – изменение прибыли, руб./мес., по оси Z – стоимость проезда, руб.)

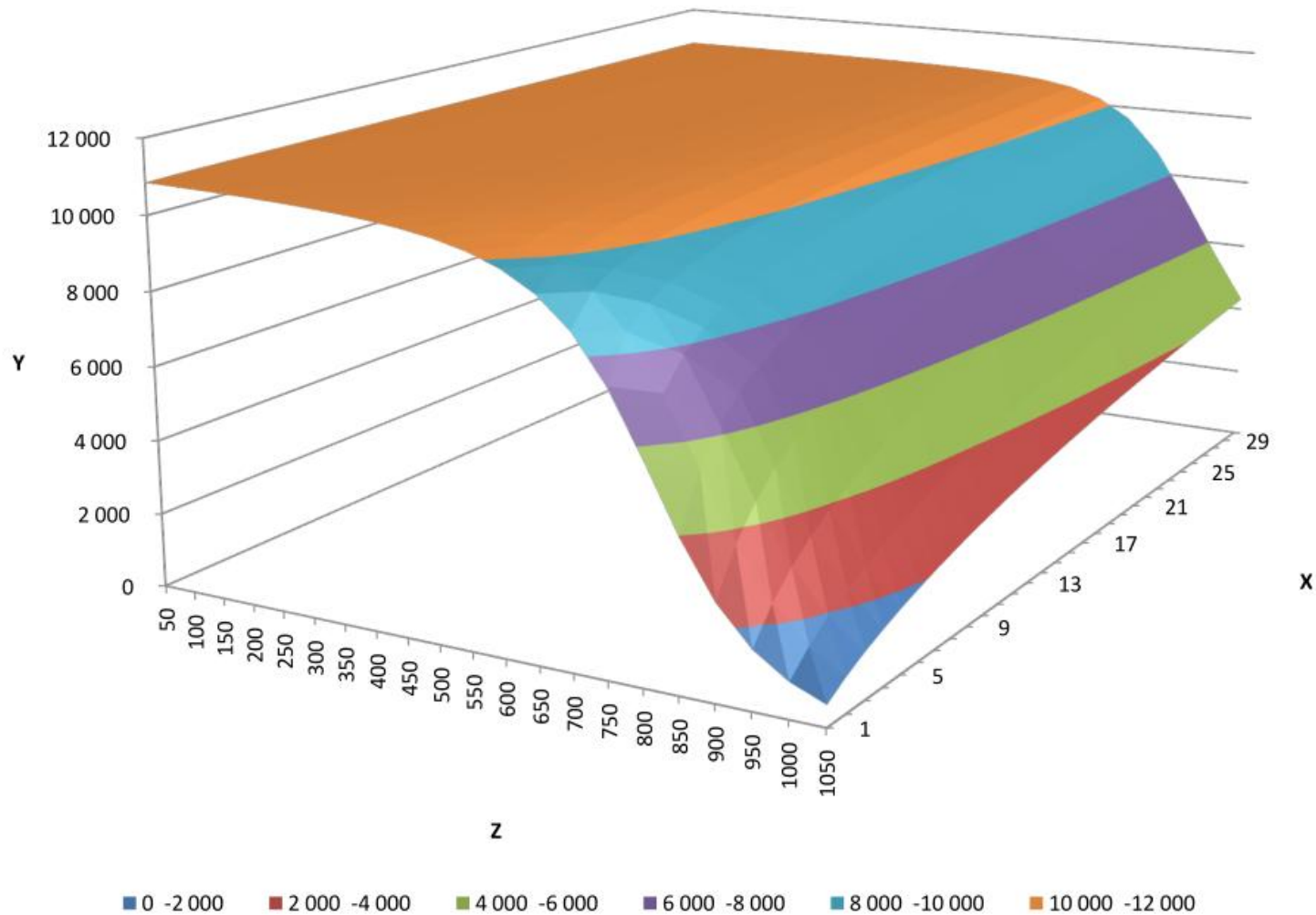


Рисунок 4.9 – Диаграмма размера месячного пассажиропотока автотранспортного предприятия в зависимости от стоимости проезда и интенсивности отправок без условия ограничения вместимости (по оси X отложена интенсивность отправок, рейс/сут., по оси Y – пассажиропоток, пасс./мес., по оси Z – стоимость проезда, руб.)

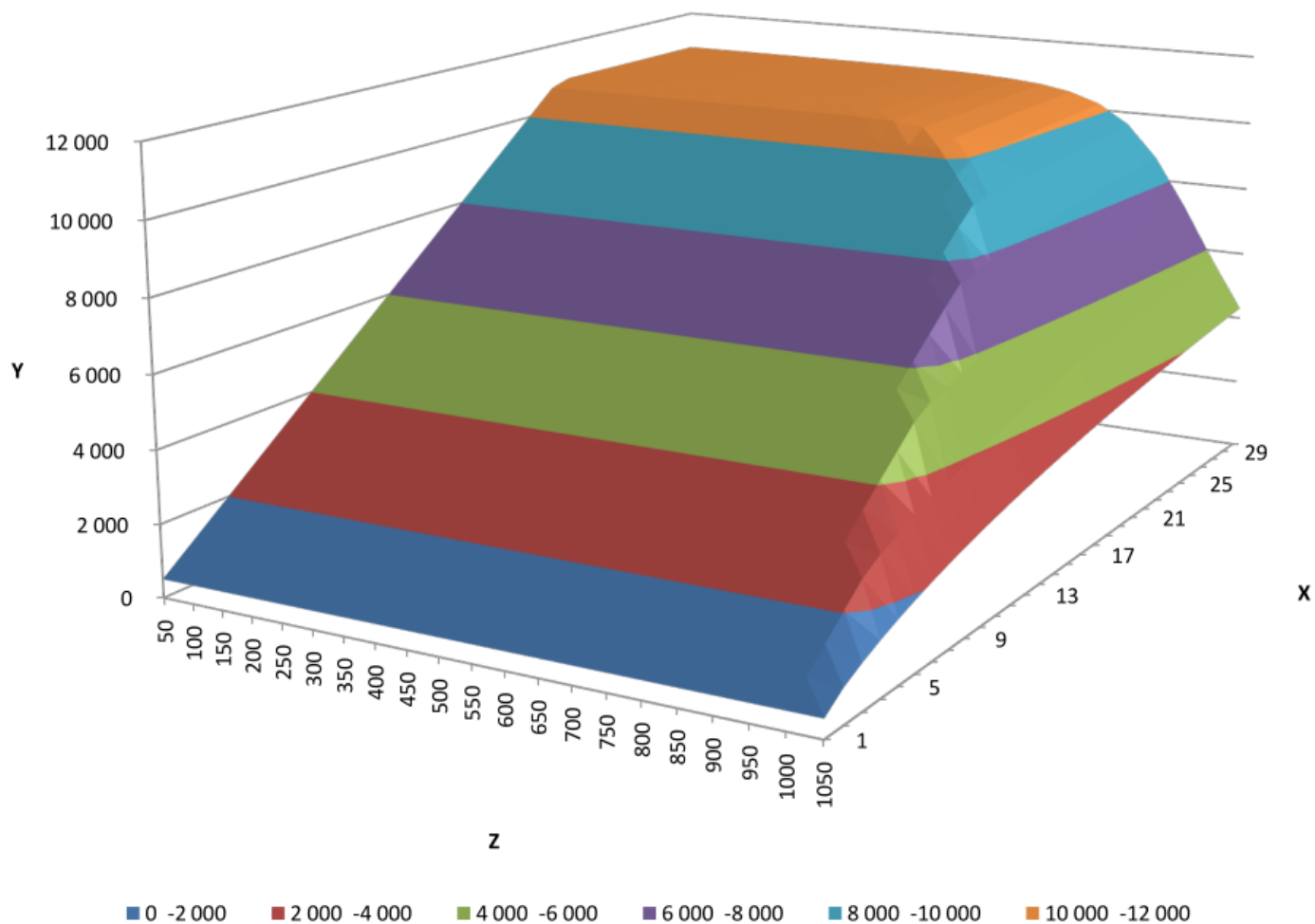


Рисунок 4.10 – Диаграмма размера месячного пассажиропотока автотранспортного предприятия в зависимости от стоимости проезда и интенсивности отправлений при условии ограничения вместимости (по оси X отложена интенсивность отправлений, рейс/сут., по оси Y – пассажиропоток, пасс./мес., по оси Z – стоимость проезда, руб.)

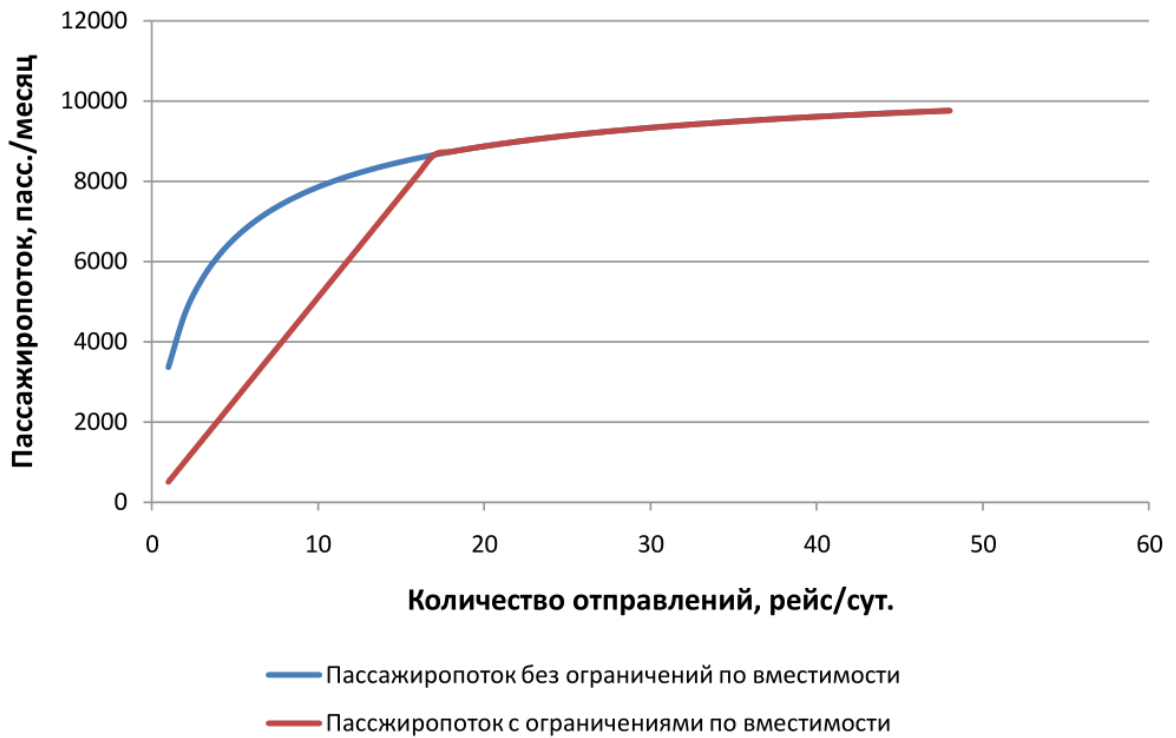


Рисунок 4.11 – Диаграмма размера месячного пассажиропотока автотранспортного предприятия в зависимости от интенсивности отправлений при оптимальной стоимости билета

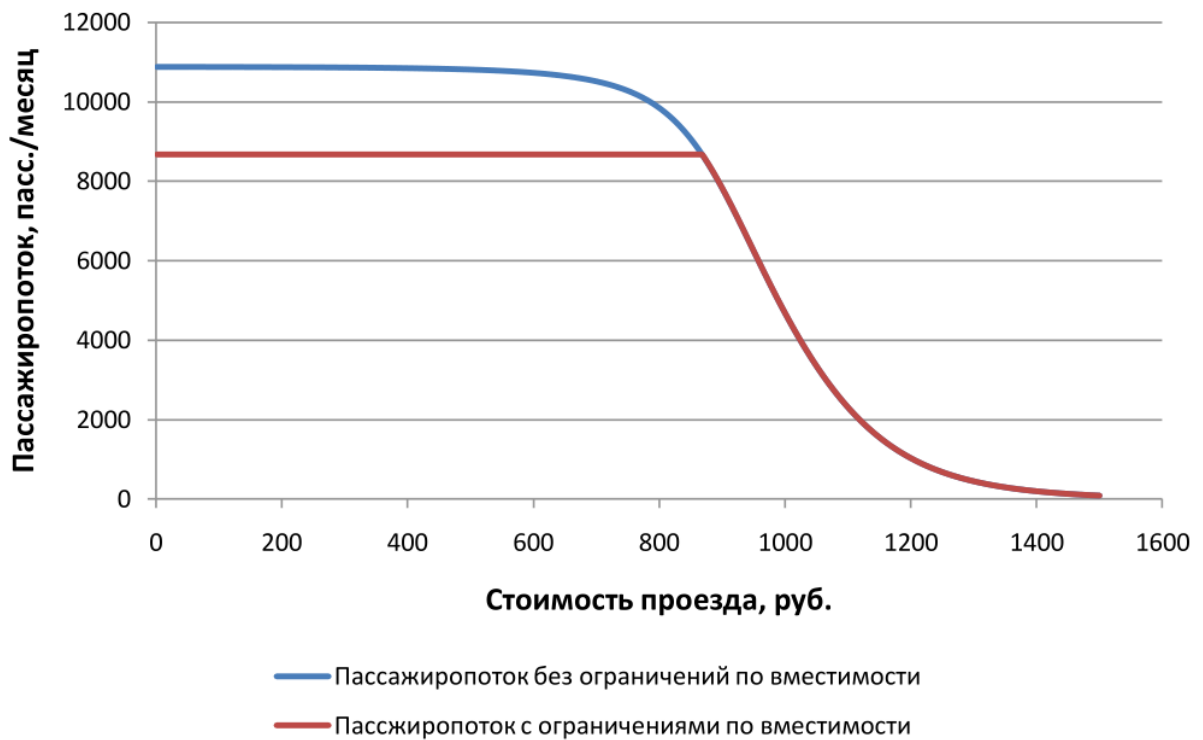


Рисунок 4.12 – Диаграмма размера месячного пассажиропотока автотранспортного предприятия в зависимости от стоимости проезда при оптимальной интенсивности отправлений в сутки

4.4.3 Моделирование рынка при условии, что активными участниками рынка являются железнодорожный транспорт и автобусы

В реальных рыночных условиях ни одна транспортная компания не может изменять свои параметры в одностороннем порядке, то есть на каждое действие отдельно взятого предприятия реагируют фирмы-конкуренты.

Рассмотрим ситуацию, в которой железнодорожный транспорт и автотранспортное предприятие могут изменять такие параметры, как количество отправок из Новосибирска в Кемерово и стоимость билетов, а параметры других способов передвижения остаются неизменными. Моделирование для железнодорожного транспорта и автотранспортного предприятия производилось поочередно. При этом не имеет значения, с какого вида транспорта начинать моделирование, так как по истечении множества итераций устанавливается одно и то же рыночное равновесие. Формально задача принимает вид:

$$\begin{cases} Pr_1(P_{ij}, C_1, \mu_1) \rightarrow \max_{C_1, \mu_1} \\ Pr_2(P_{ij}, C_2, \mu_2) \rightarrow \max_{C_2, \mu_2} \\ P_{ij} = f_{ij}(C_1, C_2, \mu_1, \mu_2) \end{cases}$$

Моделированием было определено, что существуют такие значения количества отправок в сутки и величины стоимости проезда для железнодорожного транспорта и автобусов, любое отклонение от которых создает условия для перераспределения пассажиропотока в пользу активно действующего конкурента и, как следствие, снижает прибыль рассматриваемого предприятия. Описанная точка равновесия может быть достигнута, если железнодорожный транспорт будет совершать 1 отправление в сутки при стоимости билетов 463 руб. При этом в состав поезда должно быть включено 5 вагонов. Одновременно автотранспортному предприятию следует организовать 4 отправления в сутки при стоимости проезда 568 руб. В таблице 4.3 представлено изменение размеров месячных

пассажиропотоков по видам транспорта, соответствующее точке равновесия на рынке междугородных пассажирских перевозок.

Таблица 4.3 – Изменение размеров пассажиропотоков по видам транспорта соответствующее точке равновесия на рынке транспортных услуг

Вид транспорта	Пассажиропотоки до изменений, пасс./месяц	Пассажиропотоки после изменений, пасс./месяц	Изменение пассажиропотока, пасс./месяц
Поезд	771	8777	+8006
Автобус	7615	2039	-5576
Автомобили ЦСПП	1400	15	-1385
Личный автомобиль	1097	52	-1045

На основании представленных в таблице 4.3 данных можно сделать вывод, что пассажиры в сложившихся условиях предпочтут передвигаться железнодорожным транспортом и автобусами. Поездки на личном автомобиле и при помощи автомобилей ЦСПП окажутся сведенными к минимуму. Наблюдаемое перераспределение пассажиропотока можно объяснить существенным снижением стоимости проезда. На железнодорожном транспорте цена билета уменьшится на 550 руб. или на 54,3%. В свою очередь цена билета на автобус уменьшится на 332 руб. или на 36,9%. Главным аргументом потенциальных пассажиров, делающих свой выбор в пользу личного автотранспорта, является необходимость обеспечения собственной мобильности в пределах города назначения. Однако при обозначенном уровне снижения стоимости проезда пассажиры смогут использовать сэкономленные денежные средства для последующего перемещения по месту прибытия.

Необходимо упомянуть и о заинтересованности государства в перераспределении пассажиропотока в сторону наиболее безопасных видов транспорта. Сами пассажиры не всегда склонны объективно оценивать собственные риски и уровень безопасности при выборе способа передвижения. Рассматриваемая в работе стоимость проезда на автобусе на 330 руб. выше, чем на автомобилях ЦСПП, посредством которых большое

число пассажиров и предпочитает совершать перемещения. При этом оцениваемый респондентами уровень безопасности автомобилей ЦСПП в 1,55 раз ниже, чем у автобусов. По независимой статистике на участке Новосибирск-Кемерово за 2021 год в результате дорожно-транспортных происшествий с участием легковых автомобилей на федеральной трассе Р-255 «Байкал» погибло 15 человек, а на федеральной трассе Р-384 – 20 человек. Количественная оценка экономических потерь государства вследствие утраты трудоспособной части населения лежит за пределами данной работы. Однако качественно эксперты оценивают потери как существенные, особенно в масштабах всей страны, поскольку гибнет преимущественно население в трудоспособном возрасте. Поэтому государство может и должно регулировать рынок междугородных пассажирских перевозок, обеспечивая безопасность своих граждан.

В таблице 4.4 представлены параметры и показатели деятельности железнодорожного и автобусного видов транспорта для набора точек равновесия рынка междугородных пассажирских перевозок, которые определены для разного числа отправок поездов в сутки.

Таблица 4.4 – Параметры и ключевые показатели деятельности железнодорожного и автобусного видов транспорта в точках равновесия на рынке междугородных пассажирских перевозок

Параметры и ключевые показатели видов транспорта	Количество отправок поездов, рейс/сут.				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Количество вагонов в составе поездов, шт.	5	3	2	2	1
Стоимость проезда на поезде, руб.	463	505	537	550	547
Прибыль железнодорожного транспорта, руб./месяц	-3 458 190	-9 696 674	-15 533 981	-22 534 489	-27 985 216
Изменение прибыли железнодорожного транспорта, руб./месяц	+3 282 498	-3 408 730	-9 472 409	-16 472 917	-22 150 017

Окончание таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6
Пассажиропоток железнодорожного транспорта, пасс./месяц	8777	8795	9299	8793	9316
Количество отправок автобусов, рейс/сут.	4	4	3	4	3
Стоимость проезда на автобусе, руб.	568	566	582	568	561
Прибыль автотранспортного предприятия, руб./месяц	58 795	50 080	62 793	59 497	29 796
Изменение прибыли автотранспортного предприятия, руб./месяц	-2 672 961	-2 681 677	-2 668 963	-2 672 259	-2 701 960
Пассажиропоток автотранспортного предприятия, пасс./месяц	2039	2030	1524	2040	1523

На основании данных таблицы 4.4 можно видеть, что по мере увеличения количества отправок поездов в сутки уменьшается число вагонов в составе поезда, необходимое для перевозки пассажиров. При этом стоимость проезда на поезде постепенно увеличивается. Затраты на отправку одного поезда в сутки достаточно велики, потому можно заметить отрицательную динамику прибыли и изменения прибыли железнодорожного транспорта. Увеличение затрат денежных средств на дополнительные отправки поездов в сутки приводит к незначительному приросту размера месячного пассажиропотока.

В отличие от железнодорожного транспорта автотранспортное предприятие не получает дотации от государства. Вследствие чего, если стоимость проезда на автобусах снижается до уровня 570 руб., то обеспечивается практически нулевая прибыль в течение месяца, то есть безубыточная деятельность предприятия. Следует заметить, что указанная стоимость проезда является оптимальной независимо от интенсивности отправок железнодорожного транспорта. В свою очередь месячный

пассажиропоток имеет тенденцию к перераспределению в пользу железнодорожного транспорта.

Важно отметить, что при моделировании активно действующие на рынке междугородных пассажирских перевозок предприятия транспорта достигают точки равновесия, отклонение от которой ведет к снижению прибыли отклоняющегося предприятия. Иными словами, железнодорожный транспорт и автотранспортное предприятие одновременно максимизируют свою прибыль. В точке равновесия прибыль железнодорожного транспорта достигает своего наибольшего значения, хотя и отрицательна по знаку. Весь убыток железнодорожного транспорта полностью покрывается государственными дотациями. При помощи моделирования рассмотрим, как влияет уровень дотаций на показатели деятельности железнодорожного транспорта. В таблице 4.5 представлены параметры и показатели деятельности железнодорожного и автобусного видов транспорта для набора точек равновесия рынка междугородных пассажирских перевозок, которые определены для разного уровня государственных дотаций в адрес железнодорожного транспорта при одном и двух отправлениях поездов в сутки.

Таблица 4.5 – Параметры и показатели деятельности железнодорожного и автобусного видов транспорта в точках равновесия при разном уровне государственных дотаций

Параметры и ключевые показатели видов транспорта	Количество отправок поездов, рейс/сут.						
	1						
1	2	3	4	5	6	7	8
Количество вагонов в составе поездов, шт.	5	4	3	2	2	1	1
Стоимость проезда на поезде, руб.	463	532	611	705	778	905	999
Прибыль железнодорожного транспорта, руб./месяц	-3 458 190	-3 447 441	-4 228 383	-4 701 755	-5 012 068	-5 507 565	-6 000 275
Изменение прибыли железнодорожного транспорта, руб./месяц	+3 282 498	+3 066 875	+2 059 561	+1 359 816	+1 049 503	+327 634	-165 075
Пассажиропоток железнодорожного транспорта, пасс./месяц	8777	7233	4649	3037	2353	1225	617

Окончание таблицы 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Количество отправлений автобусов, рейс/сут.	4	7	12	15	16	17	17
Стоимость проезда на автобусе, руб.	568	610	645	704	757	832	866
Прибыль автотранспортного предприятия, руб./месяц	58 795	246 807	645 585	1 253 128	1 771 671	2 522 984	2 820 098
Изменение прибыли автотранспортного предприятия, руб./месяц	-2 672 961	-2 484 949	-2 086 171	-1 478 628	-960 085	-208 772	+88 342
Пассажиропоток автотранспортного предприятия, пасс./месяц	2039	3558	6113	7635	8148	8647	8651
Параметры и ключевые показатели видов транспорта	Количество отправлений поездов, рейс/сут.						
	2						
Количество вагонов в составе поездов, шт.	3	2	2	1	1	1	1
Стоимость проезда на поезде, руб.	505	592	633	801	894	939	1031
Прибыль железнодорожного транспорта, руб./месяц	-9 696 674	-10 004 427	-10 409 007	-10 927 713	-11 508 220	-12 010 741	-12 504 982
Изменение прибыли железнодорожного транспорта, руб./месяц	-3 408 730	-3 942 855	-4 347 435	-5 092 514	-5 673 020	-6 175 542	-6 669 783
Пассажиропоток железнодорожного транспорта, пасс./месяц	8795	6218	5176	2877	1929	1301	706
Количество отправлений автобусов, рейс/сут.	4	9	11	15	16	17	17
Стоимость проезда на автобусе, руб.	566	612	636	755	815	826	861
Прибыль автотранспортного предприятия, руб./месяц	50 080	330 553	541 057	1 647 786	2 253 629	2 474 258	2 789 665
Изменение прибыли автотранспортного предприятия, руб./месяц	-2 681 677	-2 401 203	-2 190 699	-1 083 970	-478 127	-257 498	57 909
Пассажиропоток автотранспортного предприятия, пасс./месяц	2030	4581	5603	7642	8160	8651	8665

На основании данных таблицы 4.5 можно сделать вывод, что при увеличении государственных дотаций снижается качество управления железнодорожным транспортом. То есть в случае гарантированного покрытия всех убытков внешними денежными средствами предприятие перестает стремиться к точке равновесия на рынке междугородных пассажирских перевозок. Вследствие чего возрастает стоимость проезда, и преимущество получают конкурентные виды транспорта.

Однако существует альтернативный механизм выделения дотаций, суть которого заключается в том, чтобы перечислять выбранному предприятию транспорта фиксированную сумму денежных средств за каждого перевезенного пассажира. При помощи моделирования рассмотрим, как влияет уровень целевых государственных дотаций за одного перевезенного пассажира на показатели деятельности железнодорожного транспорта. В таблице 4.6 представлены параметры и показатели деятельности железнодорожного и автобусного видов транспорта для набора точек равновесия рынка междугородных пассажирских перевозок, которые определены для разного уровня целевых государственных дотаций за одного перевезенного пассажира в адрес железнодорожного транспорта.

На основании данных таблицы 4.6 можно видеть, что по мере увеличения целевых государственных дотаций за перевезенного пассажира снижается стоимость проезда на железнодорожном транспорте. То есть у железнодорожного транспорта появляется дополнительный экономический стимул для снижения стоимости проезда. Вследствие чего увеличиваются размер месячного пассажиропотока, прибыль и изменение прибыли железнодорожного транспорта. Поскольку автотранспортное предприятие не имеет источника дотаций, то оно стремится к обеспечению безубыточности своей производственной деятельности. Точка безубыточности может быть достигнута при стоимости проезда на уровне 570 руб. Месячный пассажиропоток автотранспортного предприятия перераспределяется в пользу железнодорожного транспорта.

Таблица 4.6 – Параметры и показатели деятельности железнодорожного и автобусного видов транспорта в точках равновесия при разном уровне государственных дотаций за одного пассажира, перевезенного железнодорожным транспортом

Параметры и ключевые показатели видов транспорта	Целевые государственные дотации, руб./пасс.							
	0	50	100	150	200	250	300	350
Суммарные целевые государственные дотации в адрес железнодорожного транспорта, руб./месяц	0	438 843	877 504	1 393 086	1 857 923	2 322 595	2 786 651	3 428 412
Количество отправок поездов, рейс/сут.	1							
Количество вагонов в составе поездов, шт.	5							
Стоимость проезда на поезде, руб.	463	462	467	460	454	452	456	449
Прибыль железнодорожного транспорта, руб./месяц	-3 458 190	-3 027 958	-2 546 265	-1 856 497	-1 446 304	-999 864	-499 352	304 864
Изменение прибыли железнодорожного транспорта, руб./месяц	+3 282 498	+3 674 181	+4 117 323	+4 768 542	+5 140 185	+5 548 074	+6 010 036	+6 775 702
Пассажиропоток железнодорожного транспорта, пасс./месяц	8777	8777	8775	9287	9290	9290	9289	9795
Количество отправок автобусов, рейс/сут.	4	4	4	3	3	3	3	2
Стоимость проезда на автобусе, руб.	568	567	572	576	570	568	572	578
Прибыль автотранспортного предприятия, руб./месяц	58 795	56832	66 639	53 557	44 784	41 854	47 711	37 702
Изменение прибыли автотранспортного предприятия, руб./месяц	-2 672 961	-2 674 924	-2 665 117	-2 678 199	-2 686 973	-2 689 903	-2 684 045	-2 694 054
Пассажиропоток автотранспортного предприятия, пасс./месяц	2039	2039	2038	1524	1525	1525	1525	1016

Месячный объем дотаций равен разнице между суммарными государственными дотациями и прибылью железнодорожного транспорта. В соответствии с таблицей 4.6 при целевых государственных дотациях в объеме 350 руб. за перевезенного пассажира их месячный объем составляет 3,12 млн. руб. Данный месячный объем целевых дотаций на 0,33 млн. руб. меньше, чем в случае дотаций, напрямую покрывающих все убытки железнодорожного транспорта. Таким образом, можно сделать вывод о более высокой эффективности применения целевых государственных дотаций по сравнению полным покрытием убытков нерентабельного предприятия.

4.4.4 Моделирование рынка при условии, что активными участниками рынка являются железнодорожный транспорт, автобусы и автомобили ЦСПП

Предположим, что автомобили ЦСПП также является предприятием, которое может изменять свои параметры перевозочной деятельности. Рассмотрим ситуацию, в которой железнодорожный транспорт и автотранспортное предприятие могут изменять количество отправок из Новосибирска в Кемерово и величину стоимости билетов. В свою очередь, автомобили ЦСПП могут изменять только стоимость проезда, а количество отправок в сутки остается неизменным, так как количество водителей, которые берут попутчиков, не может увеличиться. Это означает, что количество таких водителей – это нерегулируемый автомобилями ЦСПП параметр. Параметры остальных способов передвижения не изменяются. Формально задача принимает вид:

$$\begin{cases} Pr_1(P_{ij}, C_1, \mu_1) \rightarrow \max_{C_1, \mu_1} \\ Pr_2(P_{ij}, C_2, \mu_2) \rightarrow \max_{C_2, \mu_2} \\ Pr_3(P_{ij}, C_3) \rightarrow \max_{C_3} \\ P_{ij} = f_{ij}(C_1, C_2, C_3, \mu_1, \mu_2) \end{cases}$$

Моделирование для железнодорожного транспорта, автотранспортного предприятия и автомобилей ЦСПП производилось поочередно. Следует отметить,

что не имеет значения, с какого вида транспорта начинать моделирование, так как по истечении множества итераций устанавливается одно и то же рыночное равновесие. В таблице 4.7 представлены соответствующие точке равновесия параметры видов транспорта и изменение размеров месячных пассажиропотоков по видам транспорта.

Таблица 4.7 – Параметры видов транспорта в точке равновесия и изменение пассажиропотоков по видам транспорта

Вид транспорта	Поезд	Автобус	Автомобили ЦСПП	Личный автомобиль
Количество отправлений после изменений, рейс/сут.	1	1	20,5	1440
Стоимость проезда после изменений, руб.	422	564	157	1600
Пассажиропотоки до изменений, пасс./месяц	771	7615	1400	1097
Пассажиропотоки после изменений, пасс./месяц	8954	486	1393	50
Изменение пассажиропотока, пасс./месяц	+8183	-7129	-7	-1047

По результатам моделирования получилось, что автотранспортное предприятие снижает количество отправлений в сутки до минимума. Это объясняется уменьшением стоимости проезда железнодорожным транспортом и на автомобилях ЦСПП. Для железнодорожного транспорта это можно объяснить государственными дотациями. Однако сложно представить, что то же самое количество водителей, которые берут попутчиков, будет продолжать заниматься перевозкой пассажиров при стоимости проезда на уровне 157 руб. Вероятнее всего, что при снижении стоимости проезда снизится и количество таких водителей, предоставляющих свои транспортные услуги. Можно сказать, что автомобили ЦСПП не являются самостоятельным предприятием транспорта, а скорее конкурентный рынок большого числа водителей, зависящий от более крупного рынка междугородных пассажирских перевозок. Изучение зависимости количества водителей, которые берут попутчиков, от стоимости проезда представляет большой интерес, но лежит за пределами данной работы.

Таким образом, на данном этапе моделирования логит-модель выполнила свою функцию. Для моделирования активных действий железнодорожного транспорта, автотранспортного предприятия и автомобилей ЦСПП логит-модель нуждается в дальнейшей творческой и теоретической разработке.

4.5 Выводы по разделу

В разделе разработана и представлена модель рынка междугородных пассажирских перевозок на основе логит-модели выбора пассажирами способа передвижения.

Все основные участники рынка пассажирских перевозок непрерывно вступают во взаимодействие. Теоретико-игровой подход к формированию модели рынка весьма продуктивен, поскольку предполагает описание возможных стратегий его основных участников (игроков). Поэтому важной составляющей моделирования рынка пассажирских транспортных услуг является описание целей и стратегий основных игроков: предприятий транспорта и государства.

Определены расходы и сформулированы целевые функции по видам пассажирского транспорта, на основании которых произведено моделирование процесса перераспределения спроса на рынке междугородных пассажирских перевозок. Принято, что предприятия транспорта при реализации перевозок могут придерживаться двух целей: максимизация прибыли и максимизация доли на рынке при условии безубыточности. В работе рассмотрены ситуации на рынке, когда предприятия пассажирского транспорта стремятся максимизировать прибыль, что весьма вероятно с позиции предпринимательской активности.

Произведено теоретико-игровое моделирование рынка транспортных услуг. Целью данного подхода является выработка рекомендаций по рациональному поведению предприятий транспорта в разнообразно складывающихся условиях на рынке пассажирских транспортных услуг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования в рамках проблемы совершенствования управления железнодорожными перевозками в условиях конкуренции за пассажиропотоки в междугородном сообщении позволяют сделать выводы, относящиеся к методике анализа, оценки и реализации пассажирских перевозок.

1. Анализ существующих подходов к организации междугородных перевозок железнодорожным, автобусным и легковым автотранспортом позволил обозначить направления исследований российских и зарубежных авторов, к числу которых следует отнести модели генерации спроса, выбор пассажирами способа передвижения, модели взаимодействия участников рынка пассажирских перевозок.

2. Методический прием, предложенный и апробированный в диссертационном исследовании, стал первым опытом применения сравнительно-аналитического подхода, сущность которого состоит в последовательном выполнении следующих аспектов:

– организация сбора и анализ информации о пассажиропотоках направления в направлениях Красноярск-Ачинск, Новосибирск-Кемерово, Новосибирск-Томск, реализованных различными видами транспорта: железнодорожным, автобусным и автомобилями ЦСПП;

– построение гравитационной модели генерации передвижений для направления Красноярск-Ачинск, позволяющей прогнозировать пассажиропотоки в новых направлениях передвижения пассажиров;

– формирование математической модели выбора пассажирами способа передвижения, основанной на равнозначных предпочтениях пассажиров по использованию различных видов транспорта;

– разработка методики расщепления спроса на рынке междугородних пассажирских перевозок, при которой пассажиропоток разделяется на группы по возможности использования конкретных видов транспорта, что позволяет сделать

прогноз спроса на перевозки при изменении интенсивности транспортного потока.

3. В целях оптимизации анализа и оценки пассажиропотоков на перспективу построена логит-модель выбора пассажирами способа передвижения в междугородном сообщении. Выбранная структура логит-модели включает восемь слагаемых функции полезности и 14 параметров. Достоинство модели в том, что она позволяет прогнозировать изменение пассажирами выбора способа передвижения при изменении параметров перевозок различными видами транспорта.

4. Чтобы раскрыть возможности конкурентных преимуществ перевозчиков, в частности железнодорожного транспорта, выполнены следующие действия:

– разработана и наполнена база данных для хранения информации, собранной при помощи анкет, параметров междугородных пассажирских перевозок, а также результатов расчета логит-модели выбора пассажирами способа передвижения;

– разработаны математические модели принятия решений участниками рынка пассажирских перевозок. Модели включают критерий эффективности перевозок (прибыль), стратегии участников (интенсивность потока и тариф), а также пассажиропоток, который распределяется между участниками при конкуренции;

– построены математические модели принятия решений при управлении железнодорожными пассажирскими перевозками в условиях конкуренции за пассажиропотоки в междугородном сообщении. Рассмотрено три модели оптимизации интенсивности транспортного потока и тарифов для железнодорожного транспорта: при неизменных стратегиях других перевозчиков; при активной позиции автобусных перевозок; при активной позиции автобусных перевозок и автомобилей ЦСПП.

5. Для оценки производственной деятельности транспортных предприятий проведены расчеты оптимальных тарифов и интенсивности потока железнодорожного транспорта в направлении Новосибирск-Кемерово. Расчеты

показали зависимость данных параметров от активности других участников рынка пассажирских перевозок, а также размеров дотаций на железнодорожном транспорте. Выявлено, что железнодорожный транспорт при достаточном уровне финансирования выигрывает конкуренцию за пассажиров у автотранспортных предприятий. Установлено, что при снижении стоимости проезда на железнодорожном транспорте ниже 1013 руб. достигается положительный эффект в виде прироста пассажиропотока и увеличения прибыли.

6. Задача дальнейших научно-прикладных исследований состоит в формировании уточненной логит-модели выбора пассажирами способа передвижения в междугородном сообщении и раскрытии возможностей анализа и оценки комплексных факторов (транспортных и социально-экономических), формирующих пассажиропоток, в целях определения его прогнозных значений и совершенствования способов управления предприятиями транспорта. Для выполнения указанной задачи исследования должны быть основаны на масштабном анкетировании населения. В целях фиксации сезонных колебаний пассажирских потоков анкетирование следует проводить в течение года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдошин, С. М. Интернет вещей: транспорт / С. М. Авдошин, Е. Ю. Песоцкая // Информационные технологии. – 2018. – Т. 24, № 2. – С. 131–138.
2. Аكوпова, Е. С. Информатизация российской транспортной системы в условиях экономической глобализации / Е. С. Аكوпова, Л. К. Попова, С. И. Самыгин // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2017. – № 11. – С. 137–140.
3. Анализ методик оценки социально-экономического эффекта пассажирских перевозок автомобильным транспортом / Н. В. Аникин, И. Н. Горячкина, А. Б. Мартынушкин [и др.] // Транспортное дело России. – 2019. – № 4. – С. 66–70.
4. Анализ роли пассажирского транспорта в жизни страны и автобусных перевозок в муниципальных образованиях России / Ш. М. Минатуллаев, М. А. Арсланов, П. А. Джапаров [и др.] // Известия Дагестанского ГАУ. – 2019. – № 4. – С. 60–64.
5. Андреев, К. П. Проблемы качества транспортного обслуживания населения / К. П. Андреев, В. В. Терентьев, Э. С. Темнов // Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта : материалы Междунар. оч.-заоч. науч.-техн. конф. – Тула : Тул. гос. ун-т, 2017. – С. 105–110.
6. Андреев, К. П. Проведение мероприятий для повышения качества обслуживания пассажиров / К. П. Андреев, В. В. Терентьев, А. В. Шемякин // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых – 2017 : сб. науч. ст. 6-й Междунар. молодеж. науч. конф. – Курск : Университетская книга, 2017. – С. 33–35.
7. Антошвили, М. Е. Оптимизация городских автобусных перевозок / М. Е. Антошвили, С. Ю. Либерман, И. В. Спирин. – М. : Транспорт, 1985. – 102 с.

8. Антошвили, М. Е. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ / М. Е. Антошвили, Г. А. Варелопуло, М. В. Хрущев. – М. : Транспорт, 1974. – 103 с.
9. Арак, А. О. Социально-экономическая эффективность пассажирских перевозок / А. О. Арак. – Таллинн : Ээсти раамат, 1982. – 200 с.
10. Барский, Р. Г. Вероятностные методы в задачах проектирования систем управления на автомобильном транспорте / Р. Г. Барский, П. Ф. Самойлов. – М. : МАДИ, 1977. – 92 с.
11. Башаркин, М. В. Эколого-логистические преимущества развития городского электротранспорта в Самаре / М. В. Башаркин, Ю. А. Холопов // Вестник транспорта Поволжья. – 2017. – № 3. – С. 73–77.
12. Беленький, М. Н. Экономика пассажирских перевозок / М. Н. Беленький. – М. : Транспорт, 1974. – 272 с.
13. Большаков, А. М. Повышение качества обслуживания пассажиров и эффективность работы автобусов / А. М. Большаков, Е. А. Кравченко, С. Л. Черникова. – М. : Транспорт, 1981. – 206 с.
14. Борзенко, Т. С. Особенности взаимодействия властных и предпринимательских структур в сфере пассажирских перевозок // Эволюция современной науки : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа : Аэтерна, 2015. – С. 74–76.
15. Борзунова, Т. Л. Базы данных освоение работы в MS Access 2007 : электрон. пособие / Т. Л. Борзунова, Т. Н. Горбунова, Н. Г. Дементьева. – Саратов : Вузовское образование, 2014. – 148 с.
16. Бурков, В. Н. Теория активных систем: состояние и перспективы / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – М. : Синтег, 1999. – 128 с. – ISBN 5-89638-022-4.
17. Буторин, П. С. Система оповещения в автобусном транспорте на основе технологии «Интернета вещей» / П. С. Буторин, П. В. Григорьев // Energy saving and efficiency in technical systems. – 2017. – С. 384–385.

18. Ваксман, С. А. Подвижность жителей малых городов в новых условиях / С. А. Ваксман, Е. В. Любимов // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : АМБ, 2005. – С. 170–173.

19. Васильев, А. Г. Повышение эффективности пригородных и междугородных пассажирских перевозок на базе АСУ : специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Васильев Александр Геннадьевич ; Иркут. гос. техн. ун-т. – Екатеринбург, 2012. – 19 с.

20. Введение в математическое моделирование транспортных потоков : учеб. пособие для студ. вузов по направлению «Прикладная математика и физика» : электрон. изд. / [А. В. Гасников и др.] ; под ред. А. В. Гасникова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во МЦНМО, 2014. – 426 с. – ISBN 978-5-4439-2150-1.

21. Власов, М. П. Моделирование экономических процессов : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 080502 – Экономика и управление на предприятии (по отраслям) / М. П. Власов, П. Д. Шимко. –СПб. : С.-Петербург. гос. инженер.-экон. ун-т, 2006. – 386 с. – ISBN 5-88996-566-2.

22. Гарифулина, П. Р. Значение пассажирского транспорта в развитии экономики РФ / П. Р. Гарифулина, В. С. Кондрашов, А. А. Гордеева // Актуальные проблемы управления экономикой и финансами транспортных компаний : сб. тр. Нац. науч.-практ. конф. – М. : Арт-Бизнес-Центр, 2016. – С. 162–165.

23. Говоруха, Р. И. Координированное управление пассажирскими перевозками ГОТ / Р. И. Говоруха, В. Н. Ембулаев, Н. Н. Одияко // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XII Междунар. (екатеринбург.) науч.-практ. конф. – Екатеринбург : АМБ, 2006. – С. 178–182.

24. Голоскоков, В. Н. Инновационная логистика в реформировании и развитии сферы услуг пассажирского железнодорожного транспорта / В. Н. Голоскоков. – М. : Креативная экономика, 2008. – 422 с. – ISBN 978-5-91292-038-7.

25. Гордиенко, Е. П. Перспективы развития информатизации железнодорожного транспорта России // Авиакосмические технологии (АКТ-2015). – 2015. – С. 263–268.

26. Горев, А. Э. Информационные технологии в профессиональной деятельности (автомобильный транспорт) : учеб. для сред. проф. образования / А. Э. Горев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2020. – 289 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-11019-7.

27. Гриневич, М. Н. Оценка конкуренции и взаимодействия видов транспорта / М. Н. Гриневич, Л. А. Шак, А. Г. Кезля // Развитие инновационного потенциала современной экономики и ее информационное обеспечение : материалы Международ. науч. конф. молодых ученых и преподавателей вузов. – Краснодар : Кубан. гос. аграр. ун-т им. И. Т. Трубилина, 2021. – С. 436–441.

28. Гугнин, Ю. В. Модели эффективного управления транспортными компаниями в сфере междугородних автобусных пассажирских перевозок : специальность 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики» : дис. ... канд. экон. наук / Гугнин Юрий Валентинович ; Национальный исследовательский университет МЭИ. – М., 2012. – 131 с.

29. Гудков, В. А. Анализ факторов, влияющих на определение потребного количества пассажирских транспортных средств на маршрутах / В. А. Гудков, С. А. Ширяв, О. В. Устинова // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Прогресс транспортных средств и систем – 2005» (Волгоград, 20–23 сентября 2005 г.). – Волгоград, 2005. – Ч. 2. – С. 525–526.

30. Гузенко, А. В. Развитие городского пассажирского транспорта мегаполиса: проблемы и перспективы // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – № 321. – С. 135–138.

31. Гуценская, Н. Д. Многоуровневый детерминированный факторный анализ в исследовании экономических процессов / Н. Д. Гуценская // Разработка стратегии социальной и экономической безопасности государства : материалы IV Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (1 февраля 2018 г.). – Курган : Изд-во Курган. гос. сельскохоз. акад. им. Т. С. Мальцева, 2015. – С. 57–60.

32. Дажин, В. Маршрутные такси и транспортная политика / В. Дажин, Е. Нестеров, Р. Терентьев // Автомобильный транспорт. – 2002. – № 10. – С. 14–16.
33. Дубгорн, А. С. Технология «Интернет вещей» в архитектуре интеллектуальных транспортных систем / А. С. Дубгорн, И. В. Ильин, А. И. Левина // Наука и бизнес: пути развития. – 2017. – № 6. – С. 99–103.
34. Дубова, С. В. Методы ограничения легкового транспорта в городах / С. В. Дубова, А. Ю. Васильева, В. А. Сильчук // Містобудування та територіальне планування. – 2009. – № 32. – С. 190–297.
35. Ембулаев, В. Н. Описание задачи координации в управлении транспортной системой города // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2005. – № 6. – С. 159–162.
36. Закиров, В. М. Оценка качественных показателей процесса обслуживания на железнодорожном транспорте / В. М. Закиров, А. А. Аметова // The scientific heritage. – 2021. – № 66-1. – С. 36–39.
37. Зоркальцев, В. И. Метод наименьших квадратов : Геометр. свойства, альтернативные подходы, приложения / В. И. Зоркальцев ; отв. ред. Е. Г. Анциферов, В. П. Булатов ; Рос. АН, Сиб. отд-ние, Сиб. энерг. ин-т. – Новосибирск : Наука, 1995. – 218 с. – ISBN 5-02-030676-2.
38. Зырянов, В. В. Приоритетное движение общественного транспорта: развитие методов организации / В. В. Зырянов, А. А. Мирончук // Транспорт Российской Федерации : журнал о науке, практике, экономике. – 2012. – № 3-4/40-41. – С. 22–25.
39. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) / В. В. Скалзуб [и др.]. – Днепропетровск : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.

40. Кант, С. В. Использование теории возможностей для решения задач оперативного управления автобусными перевозками // Совершенствование эксплуатационной работы автомобильного транспорта : сб. науч. тр. Моск. автомоб.-дор. ин-та. – М. : Транспорт, 1989. – С. 74–76.

41. Ковалева, Н. А. Пространственно-технологическое развитие городских пассажирских транспортных систем : специальность 05.22.01 «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте» : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ковалева Наталья Александровна ; Урал. гос. ун-т путей сообщения. – Р. н/Д, 2015. – 22 с.

42. Кодзаева, В. С. Совершенствование качества обслуживания пассажиров на пригородных и междугородных маршрутах / В. С. Кодзаева, М. С. Кодзаева, А. Е. Гагкуев // Студенческая наука – агропромышленному комплексу : сб. тр. конф. (Владикавказ, 11–12 апреля 2018 г.). – Владикавказ : Горск. гос. аргар. ун-т, 2018. – С. 350–352.

43. Колин, А. В. Троллейбус, автобус или электробус? // Транспорт Российской Федерации : журнал о науке, практике, экономике. – 2018. – № 3/ 76. – С. 38–42.

44. Коростелева, Н. В. Развитие велоинфраструктуры в городах как способ снижения негативного влияния транспортной системы на городскую среду / Н. В. Коростелева, Е. В. Нестеренко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2016. – № 45. – С. 149–157.

45. Корягин, М. Е. Определение закономерностей выбора способа передвижения жителями г. Кемерово / М. Е. Корягин, А. А. Нестерова // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин. – 2009. – С. 198–203.

46. Корягин, М. Е. Равновесие Нэша при выделении площадей для организации платных и бесплатных парковок с учетом интересов автомобилистов, городских властей и владельцев парковок / М. Е. Корягин, И. А. Вылегжанин // Политранспортные системы : материалы XI Междунар. науч.-техн. конф. – Новосибирск : Изд-во Сиб. гос. ун-та путей сообщения, 2020. – С. 291–296.
47. Корягин, М. Е. Равновесные модели систем городского пассажирского транспорта в условиях конфликта интересов : монография / М. Е. Корягин. – Новосибирск : Наука, 2011. – 140 с. – ISBN 978-5-02-032236-3.
48. Котляров, И. Д. Управление формированием продуктивных ресурсов предприятия городского автомобильного пассажирского транспорта // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2011. – № 3. – С. 239–247.
49. Кузичев, А. С. Диаграммы Венна: история и применения / А. С. Кузичев. – М. : Наука, 1968. – 252 с.
50. Лобанов, Е. М. Транспортные проблемы современных больших городов // Транспорт Российской Федерации : журнал о науке, практике, экономике. – 2005. – № 1/1. – С. 29–31.
51. Лопатин, А. П. Моделирование перевозочного процесса на городском пассажирском транспорте / А. П. Лопатин. – М. : Транспорт, 1985. – 200 с.
52. Макарова, Е. А. Автоматизированная система прогнозирования пассажирских транспортных потоков на базе АСУ «Экспресс» / Е. А. Макарова, С. Б. Елизаров, С. В. Муктепавел // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2011. – № 4. – С. 21–27.
53. Маркелов, В. М. Интеллектуальные транспортные системы как инструмент управления / В. М. Маркелов, И. В. Соловьев, В. Я. Цветков // Economic Consultant. – 2014. – № 3/7. – С. 42–49.
54. Мартынушкин, А. Б. Методика расчета интегрального показателя качества обслуживания населения автомобильным пассажирским транспортом // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2019) : сб. ст. XI Междунар. науч.-техн. конф. – Курск : Юго-запад. гос. ун-т, 2019. – С. 199–203.

55. Матрицы корреспонденций и анализ пассажирских потоков / Д. Е. Намиот, М. Н. Некраплённая, О. Н. Покусаев, А. Е. Чекмарев // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2020. – Т. 8, № 4. – С. 25–30.

56. Машкин, А. Л. Цифровые технологии инфраструктуры автомобильного транспорта / А. Л. Машкин, Н. В. Казицкая // *Россия: тенденции и перспективы развития*. – 2019. – № 14-2. – С. 447–448.

57. Меркулов, Ю. А. Время передвижения как один из основных показателей эффективности функционирования городских транспортных систем / Ю. А. Меркулов, Н. А. Умнова // *NovaInfo*. – 2018. – Т. 1, № 85. – С. 99–103.

58. Метод экономической оценки качества обслуживания населения пассажирским транспортом / А. С. Терентьев, К. Г. Рембалович, А. В. Шемякин [и др.] // *Транспортное дело России*. – 2019. – № 5. – С. 111–113.

59. Методические основы управления затратами на качество пассажирских автомобильных перевозок / В. А. Корчагин, Д. И. Ушаков, И. А. Комарова, Д. К. Сысоев // *Вестник МАДИ (ГТУ)*. – 2007. – Вып. 1. – С. 72–76.

60. Михайлов, А. С. Управление рынком перемещений городского населения / А. С. Михайлов. – Алматы : Гылым, 2003. – 238 с. – ISBN 9965-07-090-3.

61. Моделирование транспортных потоков в крупном городе с применением к московской агломерации / А. С. Алиев, А. И. Стрельников, В. А. Швецов, Ю. З. Шершевский // *Автоматика и телемеханика*. – 2005. – № 11. – С. 113–125.

62. Наумова, Т. В. Аэрофобия: мифы и реальность // *Инновации в гражданской авиации*. – 2016. – № 3. – С. 118–127.

63. Новиков, Д. А. Теория игр в управлении организационными системами / Д. А. Новиков, М. В. Губко. – М. : Синтег, 2002. – 148 с. – ISBN 5-89638-57-7.

64. Опачанов, С. К. Хозяйственный механизм городского транспорта : учеб. пособие / С. К. Опачанов ; Моск. автомоб.-дор. ин-т. – М. : МАДИ, 1989. – 82 с.

65. Определение пассажиропотоков в региональной транспортной системе на основе модифицированных гравитационных моделей / Е. А. Нурминский, И. Н. Пугачев, Н. Б. Шамрай, В. Н. Седюкевич // Наука и техника. – 2015. – № 5. – С. 39–45.

66. Оптимизация транспортной инфраструктуры городов / В. А. Киселев, А. В. Шемякин, С. Д. Полищук [и др.] // Транспортное дело России. – 2018. – № 5. – С. 138–140.

67. Петрова, М. В. Кардиналистская и ординалистская теории полезности / М. В. Петрова, В. В. Слободяник // Научный поиск в современном мире : сб. материалов 5-й Междунар. науч.-практ. конф. – Махачкала : Апробация, 2014. – С. 95–96.

68. Повышение эффективности функционирования городского пассажирского транспорта / А. В. Кулев, А. Н. Новиков, М. В. Кулев, Н. С. Кулева // Информационные технологии и инновации на транспорте : материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. А. Н. Новикова. – Орел : Орлов. гос. ун-т им. И. С. Тургенева, 2016. – С. 378–382.

69. Подхалюзина, В. А. Развитие предприятия городского пассажирского транспорта на базе анализа «хозяйственного бизнес-портфеля» / В. А. Подхалюзина, М. А. Дрейцен // Транспортное дело России. – 2014. – № 2. – С. 28–29.

70. Попова, Е. Е. Роль конкуренции в организации пассажирской транспортно-логистической системы // Известия Байкальского государственного университета. – 2010. – № 4. – С. 94–96.

71. Попова, И. М. Критерии оценки качества обслуживания городским пассажирским транспортом / И. М. Попова, Р. А. Шустов, Е. А. Попова // Концепт : науч.-метод. электрон. журнал. – 2015. – № Т35. – С. 126–130.

72. Попова, Н. Б. Стабильность пассажиропотока как условие развития пригородных пассажирских перевозок / Н. Б. Попова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2015. – № 2. – С. 3-6.

73. Постников, В. П. Управление тарифообразованием пригородного железнодорожного транспорта на основе многокритериальной оптимизации : специальность 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики» : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Постников Владимир Павлович ; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. – Пермь, 2019. – 24 с.

74. Программа организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в Российской Федерации / ОАО «РЖД». – М., 2015. – 152 с.

75. Проскуракова, Е. А. Развитие конкуренции в сфере пригородных пассажирских перевозок // Экономика железных дорог. – 2014. – № 11. – С. 11–17.

76. Ромашкина, Г. Ф. Коэффициент конкордации в анализе социологических данных / Г. Ф. Ромашкина, Г. Г. Татарова // Социология: методология, методы, математическое моделирование (Социология: 4М). – 2005. – № 20. – С. 131–158.

77. Сагинова, О. В. Международный опыт развития мобильности в мегаполисе // Этап: экономическая теория, анализ, практика. – 2019. – № 1. – С. 70–80.

78. Сай, В. М. Об организации пассажирских перевозок городским электропоездом / В. М. Сай, Д. А. Брусаянин // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 3. – С. 10–17.

79. Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2020620191. Информационно-аналитическое хранилище для моделирования рынка междугородних пассажирских перевозок на основе логит-функции : № 2019622611 : заявл. 31.12.2019 : опубл. 31.01.2020 / Корягин М. Е., Чистяков А. С. ; правообладатель СГУПС. – 2,07 Мб.

80. Теселкин, А. А. Методы планирования и статистического анализа наблюдений для оценки матриц транспортных корреспонденций : специальность 05.13.17 «Теоретические основы информатики» : дис. ... канд. техн. наук / Теселкин Александр Александрович. – Новосибирск, 2018. – 162 с.

81. Трегубов, В. Н. Интегральная оценка и обоснование целевых значений показателей логистической системы пассажирского транспорта на основе предельной организованности // Экономические науки. – 2010. – Т. 62, № 1. – С. 241–244.

82. Фадеев, Д. С. Мировые тенденции в формировании политики парковки транспортных средств / Д. С. Фадеев, О. С. Прокофьева // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 12/71. – С. 170–176.

83. Фроловичев, А. И. Применение аппарата корреляционно-регрессионного анализа для исследования особенностей динамики пассажирских перевозок в дальнем сообщении в России / А. И. Фроловичев, Д. В. Фоминова // Актуальные проблемы управления экономикой и финансами транспортных компаний : сб. тр. Нац. науч.-практ. конф. (Москва, 2016). – М. : Арт-Бизнес-Центр, 2016. – С. 303–309.

84. Хабаров, В. И. Марковская модель транспортных корреспонденций / В. И. Хабаров, Д. О. Молодцов, С. Г. Хомяков // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2012. – № 1-1/25. – С. 113–117.

85. Цариков, А. А. Проблемы межмуниципальных пассажирских перевозок на примере городов свердловской области / А. А. Цариков, О. А. Иванова // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2019. – Т. 1, № 3. – С. 225–228.

86. Чистяков, А. С. База данных для описания рынка междугородных пассажирских перевозок / А. С. Чистяков, М. Е. Корягин // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 1(56). – С. 38-45.

87. Чистяков, А. С. Математическая модель расщепления спроса на рынке междугородных пассажирских перевозок / А. С. Чистяков, М. Е. Корягин // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4(52). – С. 14-25.

88. Швецов, В. И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 11. – С. 3–46.
89. Шугаева, И. В. Значение пассажирского транспорта в жизни современного общества // Ученые заметки ТОГУ. – 2015. – Т. 6, № 3. – С. 170–175.
90. Щербаков, Л. М. Эффективность междугородных автобусных перевозок в условиях функционирования рынка транспортных услуг // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2011. – № 3/50. – С. 63–65.
91. Юкиш, В. Ф. Ординалистская теория потребительского выбора: некоторые новые подходы и их апробация // Современные фундаментальные и прикладные исследования. – 2014. – № 1. – С. 220–223.
92. A controlled study of virtual reality exposure therapy for the fear of flying / B. O. Rothbaum [et al.] // Journal of consulting and Clinical Psychology. – 2000. – Vol. 68, no. 6. – P. 1020.
93. Allard, R. F. Effect of transport transfer quality on intercity passenger mode choice / R. F. Allard, F. Moura // Transportation Research. Pt. A. Policy and Practice. – 2018. – Vol. 109. – P. 89–107.
94. Assessment of the level of intra-industry competition in the regional suburban passenger transport market / A. P. Dementyev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 918, no. 1. – P. 012209.
95. Ben-Akiva, M. E. Discrete choice analysis: theory and application to travel demand / M. E. Ben-Akiva, S. Lerman. – Cambridge; MIT press, 1985. – Vol. 9. – 249 p.
96. Ben-Akiva, M. Discrete choice methods and their applications to short-term travel decisions / M. Ben-Akiva, M. Bierlaire // Handbook of Transportation Science. International Series in Operations Research and Management Science / ed. R. Hall. – 1999. – Vol. 23. – P. 5–33.

97. Bhat, C. R. Incorporating observed and unobserved heterogeneity in urban work travel mode choice modeling // *Transportation Science*. – 2000. – Vol. 34. – P. 228–238.
98. Bus rapid transit planning guide / L. Wright [et al.] // *Institute for Transportation and Development Policy*. – N. Y., 2007. – 823 p.
99. Casprini, E. How do companies organize nascent markets? The BlaBlaCar case in the inter-city shared mobility market / E. Casprini, A. Di Minin, A. Paraboschi // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2019. – Vol. 144. – P. 270–281.
100. Chiou, Yu-Chiun. Sustainable consumption, production and infrastructure construction for operating and planning intercity passenger transport systems / Yu-Chiun Chiou, W. Lan Lawrence, Chang Kai-Lin // *Journal of cleaner production*. – 2013. – Vol. 40. – P. 13–21.
101. Concepción, R. Competition of high-speed train with air transport: The case of Madrid–Barcelona / R. Concepción, R. Espino, J. C. Martín // *Journal of Air Transport Management*. – 2007. – Vol. 13.5. – P. 277–284.
102. Dastidar, K. G. On the existence of pure strategy Bertrand equilibrium // *Economic theory*. – 1995. – Vol. 5, no. 1. – P. 19–32.
103. Erlander, S. The gravity model in transportation analysis: theory and extensions / S. Erlander, N. F. Stewart. – Utrecht; Vsp, 1990. – Vol. 3. – 216 p.
104. Farajallah, M. What drives pricing behavior in peer-to-peer markets? Evidence from the carsharing platform BlaBlaCar / M. Farajallah, R. G. Hammond, T. Pénard // *Information Economics and Policy*. – 2019. – Vol. 48. – P. 15–31.
105. Horowitz, J. L. A Self-instructing Course in Disaggregate Mode Choice Modeling. Final Report / J. L. Horowitz, F. S. Koppelman, S. R. Lerman. – 1986. – № UMTA-IA-11-0006-86-1. – 184 p.
106. Kageson, P. Environmental aspects of inter-city passenger transport // *RePEc*. – 2010. – P. 429–457.
107. Khadaroo, J. The role of transport infrastructure in international tourism development: A gravity model approach / J. Khadaroo, B. Seetanah // *Tourism management*. – 2008. – Vol. 29, no. 5. – P. 831–840.

108. Mancuso, P. An analysis of the competition that impinges on the Milan–Rome intercity passenger transport link // *Transport Policy*. – 2014. – Vol. 32. – P. 42–52.

109. Raturi, V. Analyzing competition between High Speed Rail and Bus mode using market entry game analysis / Varun Raturi and Ashish Verma // *Transportation research procedia*. – 2017. – Vol. 25. – P. 2373–2384.

110. Shaheen, S. Online and app-based carpooling in France: Analyzing users and practices – A study of BlaBlaCar / S. Shaheen, A. Stocker, M. Mundler // *Disrupting mobility*. – Springer, Cham, 2017. – P. 181–196.

111. Slee, T. Some obvious things about internet reputation systems // Retrieved Oct. – 2013. – Vol. 6. – P. 2015.

112. Sustainable development pathway for intercity passenger transport: A case study of China / Bao-Jun Tang [et al.] // *Applied Energy*. – 2019. – Vol. 254. – P. 113632.

113. Tesselkin, A. A. Elements of data mining for the development of mathematical transport models / A. A. Tesselkin, K. V. Tesselkina, V. I. Khabarov // *13th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE)*. – 2016. – Vol. 2. – P. 354–357.

114. The Downs-Thomson paradox and the transportation planning process / M. J. H. Mogridge [et al.] // *International Journal of Transport Economics. Rivista internazionale di economia dei trasporti*. – 1987. – P. 283–311.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Окончательный вариант опрос-анкеты

ОПРОС-АНКЕТА

1. Напишите Ваш возраст: _____ лет.
2. Укажите Ваш пол:
 М Ж
3. Укажите число членов Вашей семьи:
 1 2 3 4 5 6 7 более 7
4. Укажите суммарный месячный доход Вашей семьи:
 менее 25 000 рублей 100 001 - 125 000 рублей
 25 001 - 50 000 рублей 125 001 - 150 000 рублей
 50 001 - 75 000 рублей более 150 001 рублей
 75 001 - 100 000 рублей
5. Укажите количество автомобилей в Вашей семье:
 1 2 3 более 3 нет автомобиля
6. Напишите город, в который Вы регулярно совершаете поездки:

7. Напишите приблизительное фактическое число поездок в год, совершенное Вами **каждым способом передвижения** в указанный выше город

Способ передвижения	Фактическое число поездок в год	
	из Новосибирска	в Новосибирск
Поезд		
Автобус		
Электропоезд (электричка)		
Сервис BlaBlaCar		
Такси межгород		
Собственный автомобиль		

8. Оцените каждый вид транспорта по степени **своего предпочтения** в процессе выбора (оценка может повторяться)

Способ передвижения	Оценка (10 – однозначно предпочитаю, 1 – категорически не рассматриваю)
Поезд	
Автобус	
Электропоезд (электричка)	
Сервис BlaBlaCar	
Такси межгород	
Собственный автомобиль	

9. Оцените уровень комфорта и безопасности способов передвижения:

Способ передвижения	Уровень безопасности	Уровень комфорта
	(10 – безопасно, 1 – небезопасно)	(10 – комфортно, 1 – некомфортно)
Поезд		
Автобус		
Электропоезд (электричка)		
Сервис BlaBlaCar		
Такси межгород		
Собственный автомобиль		

10. Оцените каждый параметр по степени **важности для Вас** в процессе выбора способа передвижения (оценка может повторяться)

Параметр	Оценка (10 – имеет большое значение, 1 – совершенно не важно)
Цена	
Время в пути	
Удобство расписания	
Комфорт	
Безопасность	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Свидетельство о государственной регистрации базы данных

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2020620191

«Информационно-аналитическое хранилище для моделирования рынка междугородних пассажирских перевозок на основе логит-функции»

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (СГУПС) (RU)*

Авторы: *Корягин Марк Евгеньевич (RU),
Чистяков Александр Сергеевич (RU)*

Заявка № 2019622611

Дата поступления 31 декабря 2019 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 31 января 2020 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Иевлев



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Акт внедрения результатов диссертационной работы



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ ПАССАЖИРСКАЯ КОМПАНИЯ»
(АО «ФПК»)

ЗАПАДНО-СИБИРСКИЙ ФИЛИАЛ

Делегат Шамагуров, д. 33, г. Новосибирск, 630004

Тел.: (383) 229-53-62, факс: (383) 248-00-57

31. мая 2012 г. № 5/11

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы
Чистякова Александра Сергеевича

Результаты, полученные Чистяковым А.С. при выполнении диссертационной работы на тему «Совершенствование управления железнодорожными перевозками в условиях конкуренции за пассажиропотоки в междугородном сообщении», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.08 – «Управление процессами перевозок», имеют прикладное значение для организации железнодорожного сообщения между крупными городами Сибирского региона.

Выполнена апробация предлагаемых стратегий и рекомендаций по управлению пассажиропотоком для направления Новосибирск-Кемерово и Новосибирск-Томск. Полученные результаты свидетельствуют об обоснованности и целесообразности практического применения разработанных в диссертационной работе математических моделей.

Разработанные в диссертационной работе математическая модель расщепления спроса на рынке междугородных пассажирских перевозок и математические модели управления предприятиями транспорта в условиях конкуренции представляют практическую ценность и будут применены в процессе маркетинговых исследований. Предложенные разработки позволяют увеличить доход железнодорожного транспорта посредством регуляции частоты отправления и стоимости проезда.

Главный инженер Западно-Сибирского
Филиала АО «ФПК»



К.В. Стома