ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

БРЯНСКИХ Татьяна Борисовна

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ И ПАРКИРОВАНИЯ ЗА СЧЁТ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

2.9.5 – Эксплуатация автомобильного транспорта

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
д.т.н, доцент, Зедгенизов Антон Викторович

Санкт-Петербург – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ 14

1.1 Методы оценки транспортного спроса 14

1.2 Методы оценки эффективности ОДД 19

1.3 Оценка влияния процесса паркирования на придомовой территории 25

1.4 Выводы по главе и задачи исследования 31

ГЛАВА 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ МНОГОЭТАЖНОЙ ЗАСТРОЙКИ 33

2.1 Классификация жилых объектов. Российский и зарубежный опыт 33

2.2 Исследование факторов, влияющих на формирование интенсивности АТИП и потребности в обеспечении парковочного пространства в многоэтажных жилых объектах 41

2.3 Математическое описание количественных характеристик, функционирования многоэтажных жилых объектов 48

2.4 Математическое описание потребности в парковочном пространстве в прилегающей территории 51

2.5 Математическое описание критериев эффективности транспортного обеспечения использующих АТИП 53

2.6 Выводы по главе 58

ГЛАВА 3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 60

3.1 Методика проведения натурных обследований 61

3.2 Обработка результатов 67

3.3 Регрессионный анализ 77

3.4 Выводы по главе 80

ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ 81

4.1 Результаты анализа экспериментальных данных количественных характеристик функционирования жилой многоэтажной застройки 81

4.2 Результаты анализа типа теоретического распределения вероятности количественных характеристик функционирования жилой многоэтажной застройки 89

4.3 Результаты анализа факторов, влияющих на формирование интенсивности АТИП к прилегающей территории 93

4.4 Результаты анализа факторов, влияющих на формирование потребности в парковочном пространстве АТИП в прилегающей территории 101

4.5 Методика транспортного обслуживания жителей прилегающей территории. 108

4.6 Социально-экономический эффект при оценке транспортного спроса на микроуровне 115

4.6.1. Оценка существующего состояния перекрестка 118

4.6.2 Оценка основных количественных характеристик пересечения в случае увеличения площади жилой застройки 120

4.6.3 Оценка косвенного экономического эффекта 121

4.6.4 Экономический эффект, связанный с внедрением методики транспортного обеспечения прилегающей территории. 123

4.7 Валидация результатов исследования 123

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 128

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ 131

ПРИЛОЖЕНИЕ А 140

ПРИЛОЖЕНИЕ Б 141

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Современные тенденции развития нашей цивилизации направлены на преимущественное проживание населения в городах. Такая тенденция характерна для большинства стран Мира и приводит к значительной концентрации населения на ограниченной территории. Плотность населения в городах России сегодня может достигать 5000 чел/км^2, что требует внедрения целого комплекса мероприятий, направленных на оценку потребностей в передвижении и реализацию мероприятий по организации этих передвижений. Вместе с высокой плотностью населения современных городов, причиной которой часто выступают жилые микрорайоны высокой этажности, имеющие схожие режимы функционирования по периодам возникновения спроса на поездки, значительную роль в организации транспортного обеспечения играет эффективность организации дорожного движения на пересечениях непосредственно обслуживающих прилегающие территории таких микрорайонов, а также организация паркирования и движения автомобильного транспорта индивидуального пользования (АТИП) в границах жилых территорий.

Прогрессивное развитие строительной отрасли, уплотнение застройки, а также изменение социального уклада и привычек, определяющих транспортный спрос жителей многоэтажной жилой застройки, требуют создания методики, использующей научно обоснованные зависимости по генерации корреспонденций и особенностям функционирования прилегающей улично-дорожной сети к многоэтажной жилой застройке. Наличие методики транспортного обеспечения жителей многоэтажной жилой застройки с учётом использования автомобильного транспорта позволит принимать взвешенные решения в градостроительной политике, оптимизировать организацию дорожного движения в зоне прилегающей улично-дорожной сети (УДС) крупных микрорайонов, а также повысить

эффективность организации дорожного движения и транспортного обеспечения жителей многоэтажной жилой застройки. В настоящем диссертационном исследовании под термином прилегающей территории понимается многоэтажная жилая застройка, а под термином прилегающей УДС – местные проезды, накопительные дворовые площадки и специализированные парковки, а также подходы к запитывающим пересечениям с городской УДС.

Степень разработанности темы исследования. Значимый вклад в развитие транспортных систем, формирования спроса на поездки, а также организации движения внесли A.G. Wilson, A.M. Voorhees, G.A. Carrothers, K. Goulias, E. Ohstrom, R. Kitamura, J. Ortuzar, A.N. Асуал, У. Бранольте, В.А. Юдин, И.М. Смоляр, А.В. Сигаев, Э.А. Сафронов, М.Р. Якимов, А.И. Стрельников, В.Н. Лившиц, Ю.Г. Котиков, В.М. Курганов, Г.А. Гольц, В.В. Шештокас, Вукан Р. Вучик, Л.А. Лосин, Н.С. Пальчиков, А.М. Плотников, Д.С. Самойлов, И.Н. Пугачёв, В.А. Черепанов, А.Н. Новиков, В.И. Рассоха, А.В. Городков, Ю.В. Трофименко, А.Ю. Белинский, М.Б. Афанасьев, Г.И. Клинковштейн, А.Э. Горев, А.И. Солодкий, В.В. Зырянов, С.А. Евтюков, С.В. Жанказиев, В.М. Власов, Г.В. Шелейховский, В.В. Сильянов, Е.М. Лобанов, И.С. Ефремов.

Цель исследования – разработка методики транспортного обеспечения жителей, направленной на повышение эффективности организации дорожного движения и паркирования на прилегающей улично-дорожной сети за счёт оценки транспортного спроса.

Задачи исследования:

1. Осуществить аналитический обзор существующих методик оценки транспортного спроса прилегающей УДС, выполнить экспериментальные исследования прилегающей территории, статистический анализ, полученных данных и на их основе выявить количественные характеристики, отражающие эффективность ОДД и паркирования.

2. Получить закономерности регрессионной связи между интенсивностью АТИП, количественными характеристиками и параметрами позиционирования прилегающей УДС.
3. Получить функциональные зависимости, позволяющие оценивать потребную площадь для паркирования АТИП в соответствии с количественными характеристиками прилегающей УДС.
4. Разработать методику транспортного обеспечения жителей прилегающей территории на основе полученных закономерностей регрессионной связи и функциональных зависимостей.
5. Разработать прикладное программное обеспечение и на его основе реализовать расчётный цикл методики.
6. Произвести оценку технико-экономической эффективности методики на основе производственного внедрения её результатов.

Объектом исследования является процесс организации движения и паркирования АТИП при транспортном обеспечении прилегающей УДС.

Предметом исследования являются закономерности организации движения и паркирования, основанные на особенностях формирования интенсивности АТИП при транспортном обеспечении прилегающей УДС.

Рабочая гипотеза состоит в том, что эффективность транспортного обеспечения жителей прилегающих территорий можно существенно повысить путём разработки и внедрения методики, позволяющей оценивать интенсивность АТИП и потребную площадь для паркирования в зависимости от параметров прилегающей территории.

Методологическая основа исследования:

- комплекс теоретических и экспериментальных методов анализа параметров расположения прилегающей территории, обслуживаемой УДС и её количественных характеристик, обусловливающих её функционирование;
- системный анализ, теория вероятности, математическая статистика, теория алгоритмов, натурное и математическое моделирование.

Область исследования соответствует требованиям паспорта научной специальности 2.9.5 – «Эксплуатация автомобильного транспорта», п. 5 Организация и управление грузовыми и пассажирскими автомобильными перевозками, автотранспортными потоками, транспортное планирование и моделирование.

Научная новизна исследований:

1. Обоснованы параметры функционирования прилегающей УДС, позволяющие оценить степень её загрузки с учётом рациональной продолжительности паркирования, наполнения автомобильного транспорта индивидуального пользования, суточной неравномерности спроса на передвижения и распределения доли потоков, применяющих автомобильный транспорт индивидуального пользования.
2. Впервые получена и обоснована закономерность интенсивности автомобильного транспорта индивидуального пользования от параметров функционирования прилегающей УДС и её дислокации с инфраструктурой.

Теоретическая значимость исследования заключается в расширении знаний о процессах функционирования прилегающей УДС и возникновении интенсивности автомобильного транспорта индивидуального пользования, обусловленной транспортным спросом. Полученные функциональные зависимости позволяют исследовать процесс функционирования прилегающей УДС, оценивать и прогнозировать интенсивность автомобильного транспорта индивидуального пользования, потребную площадь для паркирования. Предложенная методика позволяет оценить эффективность организации движения и транспортного обслуживания прилегающей УДС.

Практическая значимость работы. Заключается в возможности применения предложенной методики, основывающейся на алгоритме, оценивающем степень влияния прилегающей УДС на эффективность организации дорожного движения, запитывающего пересечения, позволяющем рассчитать потребную площадь для паркирования

автомобильного транспорта индивидуального пользования. В контексте методики оценивается условие: если полученное значение эффективности организации дорожного движения ниже критического уровня, то это требует внесения изменений в организации дорожного движения при принятии градостроительного решения о размещении соответствующих центров массового тяготения в планируемом месте. Методика может применяться в проектных институтах, транспортных и градостроительных лабораториях, специализированных учреждениях, занимающихся оптимизацией планирования и организацией перевозок, разработкой генеральных планов городов и сельских поселений, транспортным планированием, организацией и безопасностью движения, проектами землепользования; в высших учебных заведениях, что позволит повысить качество подготовки специалистов в области организации дорожного движения, транспортного планирования и управления перевозками пассажиров.

На защиту выносятся следующие научные положения:

1. Интенсивность АТИП следует определять по закономерностям высокой регрессионной связи по присущим уникальным свойствам прилегающей территории, которые определяются на основе её количественных характеристик функционирования.
2. Потребную площадь для паркирования следует определять по функциональным зависимостям, в основе которых лежат количественные характеристики и параметры расположения прилегающей территории, что позволит повысить эффективность транспортного обеспечения её жителей.
3. Предложенная методика, основывающаяся на оценке и прогнозировании интенсивности АТИП, а также потребной площади для паркирования позволяет оценить и повысить эффективность транспортного обеспечения жителей.

Личный вклад автора заключается в: статистической обработке натурных исследований и их группировке для регрессионного анализа;

получении коэффициентов, отражающих неравномерность загрузки прилегающей УДС по часам суток; выявлении количественных характеристик прилегающей территории, обусловливающих её функционирование и позволяющих производить расчет удельной генерации корреспонденций, интенсивности АТИП, потребного площади парковки; установлении зависимости, отражающей интенсивность АТИП на основе выявленных количественных характеристик прилегающей УДС; получении функциональных зависимостей, отражающих взаимосвязь между характеристиками функционирования прилегающей УДС и потребной площади паркирования; разработанной методики транспортного обеспечения по средствам применения выявленных зависимостей; проведенной производственной проверке, позволяющей подтвердить высокую точность и эффективность научных результатов настоящего исследования.

Методы и средства исследования. Экспериментальные исследования прилегающей территории с учётом этажности проводились в виде пассивного эксперимента, включающего учет особенностей расположения запитывающих сечений и рельефа местности, направленного на фиксацию ключевых моментов прибытия/убытия посетителей, в том числе и на АТИП. Использованы методы статистического анализа и математического моделирования. Обработка экспериментальных данных осуществлялась на основе методов математической статистики с использованием программ Statistica, Excel и др.

Предполагаемые формы внедрения и ожидаемые результаты. Предлагаемая методика, сопровождающие её справочные данные, налагаемые ограничения и основные выводы могут быть внедрены в организациях, занимающихся организацией и безопасностью дорожного движения, проектами градостроительства и развития территорий, транспортным планированием, а также в учреждениях государственной власти, принимающих транспортные и градостроительные решения. Внедрение методики позволит уже на стадии проектирования застройки

территории повысить информативность и точность прогнозов эффективности транспортного обеспечения, снизить их трудоёмкость.

Апробация работы. В период с 2022 по 2026 гг. материалы и результаты проведенного научного исследования представлены и получили одобрение на: XI Международной научно-практической конференции, посвященной празднованию 100-летия конструкторского бюро «Туполев», 55-летия Иркутского филиала МГТУ ГА, 75-летия Иркутского авиационного технического колледжа (г. Иркутск, 13-14 октября 2022 г.; XV Международная научно-практическая конференция «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (г. Санкт-Петербург, 26-29 октября 2022 г.); IX Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте», (г. Орёл, 15 - 18 мая 2023 г.); XVI Международная научно-практическая конференция «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (г. Санкт-Петербург, 2024 г.); XVII Международная научно-практическая конференция «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (г. Санкт-Петербург, 2026 г.);

Реализация результатов работы.

Результаты исследований внедрены в МКУ «Дирекция автомобильных дорог и мостов» г. Тюмени при выполнении проектов по содержанию ремонту и проектированию автомобильных дорог.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 работ общим объемом 3,08 условных печатных листа, в т. ч. 5 публикаций в изданиях перечня ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав и выводов по работе, изложена на 142 страницах машинописного текста, включает 27 таблиц, 47 рисунков, 110 литературных источников.

Во введении диссертационного исследования осуществлена комплексная методологическая проработка заявленной проблематики. Представлен аргументированный аналитический обзор, демонстрирующий существенную актуальность исследуемой научной проблемы в контексте современного научного дискурса.

В рамках структурно-функциональной организации введения осуществлена декомпозиция исследовательского процесса, включающая экспликацию генеральной цели и иерархически выстроенного комплекса исследовательских задач. Проведена детальная дифференциация объекта и предмета научного изыскания с последующей их квалификацией.

Методологический аппарат исследования представлен совокупностью общенаучных и специальных методов познания, адаптированных к специфике исследуемой проблематики. В разделе осуществлена концептуализация научной новизны исследования, эксплицированы фундаментальные положения, подлежащие апробации и защите.

Заключительный блок введения посвящен демонстрации практической релевантности проведенного исследования, включая верификацию эффективности предложенных решений и конкретизацию сфер их потенциальной имплементации с обоснованием социально-экономической значимости полученных результатов.

В первой главе отражено современное состояние организации дорожного движения. Методы оценки транспортного спроса и оценки эффективности организации дорожного движения, применяемые в исследованиях транспортных потоков. Проведена оценка влияния процесса паркирования на территории жилой застройки. Проанализированы нормативные документы, руководствуясь которыми осуществляется планировка, застройка и транспортное обеспечение городских территорий.

Вторая глава посвящена выявлению факторов, лежащих в основе эффективности транспортного обеспечения прилегающей УДС. Для этого рассмотрена классификация жилых объектов в разные периоды развития, как

в России, так и за рубежом. Исследованы факторы, влияющие на интенсивность транспортных потоков и площадь парковочного пространства. Все исследования проводились с учетом данных, полученных ранее в России и за рубежом для сопоставления полученных результатов с мировыми трендами. В рамках проведенного исследования были идентифицированы ключевые детерминанты, определяющие расчетную потребность в парковочных пространствах на территории жилой застройки. В настоящем разделе представлен комплексный математический анализ количественных параметров функционирования многоэтажных жилых комплексов, включающий: удельная генерация корреспонденций, средняя продолжительность паркирования, коэффициенты суточной неравномерности, доля жителей, использующих индивидуальный транспорт и среднее наполнение автомобилей. Предложено математическое описание потребности в парковочном пространстве возле многоэтажной жилой застройки и критериев эффективности транспортного обеспечения использующих автомобили индивидуального пользования.

В третьей главе подробно изложена методика проведения экспериментальных исследований. В процессе выполнения научно-исследовательской работы был реализован комплексный подход к проведению полевых исследований, включающий последовательную реализацию методологических процедур: от начального этапа идентификации объекта изучения до финальной стадии систематизации полученных данных в виде структурированных массивов информации.

Методологическая основа обработки эмпирического материала, собранного в ходе экспедиционных мероприятий, строилась на принципах системного анализа и предусматривала осуществление корреляционно-регрессионного моделирования. Данная методологическая последовательность позволила осуществить верификацию и количественную оценку взаимосвязей между исследуемыми показателями в рамках разработанной детерминированной модели.

Применение описанного методологического алгоритма обеспечило возможность проведения комплексной аналитической обработки эмпирического материала и формирования репрезентативной базы данных для последующего статистического моделирования и интерпретации выявленных причинно-следственных корреляций.

Разработанный в ходе исследования методологический инструментарий позволил: организовать полевые работы в структурированном формате; обеспечить систематизацию полученных результатов; провести многофакторный анализ данных; выявить статистически значимые взаимосвязи между исследуемыми параметрами.

В четвертой главе диссертации сформулированы результаты статистического анализа экспериментальных данных транспортного обеспечения прилегающей УДС и представлены количественные характеристики функционирования. Приведены: функциональные зависимости, позволяющие оценивать потребную площадь для паркирования, основанные на количественных характеристиках прилегающей территории; закономерность высокой регрессионной связи между интенсивностью АТИП, количественными характеристиками функционирования прилегающей территории и её параметрами расположения; методика транспортного обеспечения прилегающей территории на основе выявленных закономерностей; расчёт экономического эффекта, возникающего при внедрении методики транспортного обеспечения жителей многоэтажной жилой застройки.

В заключении изложены основные итоги и выводы выполненного исследования.

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

1.1 Методы оценки транспортного спроса

Задолго до появления автомобилей, до возникновения дорожных сложностей, в привычном для нас современном виде, уже в древних городах существовали транспортные проблемы. К примеру, в 740–680 гг. до н. э. в древней Ассирии был издан указ, согласно которому любому, кто оставит свою колесницу на царской дороге, грозила смертная казнь. В Древнем Риме также существовала необходимость жесткого регулирования городского движения – были введены запреты на движение колесниц в течение первых десяти часов после восхода солнца на некоторых узких улицах [84]. Города росли и менялись. Вместе с этим менялись и потребности населения, в том числе и потребность в перемещении.

С ростом урбанизации и автомобилизации характер подвижности населения усложняется. Данные о передвижениях населения очень важны. Потребность населения в передвижении к объектам тяготения формирует транспортный спрос. Анализ информации о транспортном спросе позволяет планировать и оценивать эффективность развития транспортного комплекса.

Исследования транспортных потоков начались к середине 20 века. Попытка проведения первого известного в мировой практике исследования транспортного поведения была предпринята в России (в Ленинграде в 1932 г.) [84]. В Америке первые зафиксированные исследования, связанные с автомобильными перевозками, проводились в периоды 1930–1940 гг. и 1951–1959 гг. В дальнейшем исследования такого характера стали проводиться на постоянной основе. Полученные данные, необходимые для оценки транспортного спроса, являются актуальными достаточно короткое время, что делает процесс их получения трудоемким и дорогостоящим. Насколько точно будут собраны данные, зависит качество развития инфраструктуры

региона. Срок давности транспортных исследований, как правило, не превышает 5-7 лет, особенно в наше время, поскольку, современные технологии строительства и тенденции урбанизации имеют высокие темпы развития.

Рассмотрим также первые исследования транспортного передвижения население в Германии. Исследования, начавшиеся в 1970-х годах, привели к тому, что в 1972 г. Была разработана система репрезентативных обследований дорожного движения. Данные, собранные в этих исследованиях, служили основой для транспортного планирования, а также для научного анализа повседневной мобильности. Исследования ведутся и на сегодняшний день.

Также в 1970-х годах исследование транспортных потоков начала Великобритания. Необходимо отметить, что Великобритания является одной из первых стран, жители которой столкнулись с проблемой пробок. Это привело к необходимости планирования и управления транспортными потоками. Данные о подвижности населения были получены методом опроса. С 1988 г. опрос населения проводится ежегодно.

Как итог проведенных исследований было выпущено «Руководство по проведению транспортных обследований в городах» в 1982 году, годом позднее разработаны «Рекомендации по разработке комплексных транспортных схем для крупных городов».

На сегодняшний день для оценки эффективности развития транспортного комплекса, изучения и прогнозирования транспортного спроса сбор информации происходит следующими основными методами:

- организация существующей УДС, геометрических параметров и установленной ОДД;

- натурные обследования интенсивности и состава транспортных потоков на участках улично-дорожной сети и узлах;

- обследование пассажирских потоков на маршрутах;

- социологические обследование (опросы) населения;

- обработка статистических данных, отражающих источники и цели поездок населения;

- анализ утвержденных документов в области ОДД;

- анализ стратегических документов территориального планирования [72].

Геометрические параметры, такие как число и ширина полос, длина перегонов, могут быть получены из проектной документации, также путем спутниковой съемки или с помощью замеров, проводимые непосредственно на исследуемом объекте УДС. Исследование интенсивности движения и структуры транспортных потоков относят к натурным обследованиям. Проводят их с помощью видеосъемки, при отсутствии технических средств видеосъемки обследование проводится визуальным методом.

Изучение транспортного поведения происходит методом опроса (анкетирования) населения. Дополнительными источниками данных по отдельным разделам информации может служить анализ данных, предоставляемых операторами сотовой связи, а также технические средства измерения транспортных и пассажирских потоков в УДС и на маршрутах общественного транспорта. Целевыми данными анкетирования населения являются деятельность респондента, количество передвижений и распределение поездок с различными целями. Социологические исследования при обследовании транспортного поведения являются основой для формирования массива исходных данных для создания транспортной модели. Опрос респондентов проводится с помощью опросных листов (анкет).

Обработка всех полученных данных, и в частности оценка транспортного спроса, проводятся с помощью двух основных методов.

Первый метод заключается в анализе закономерностей передвижений населения к объектам тяготения, основанный на исследованиях, включающих натурные обследования транспортных и пешеходных потоков и опросы по способу анкетирования. В основе второго метода оценки

транспортного спроса лежат теоретические модели передвижений населения [22].

При обработке полученных данных, анализируя закономерности передвижений населения к объектам тяготения, получаемые результаты точны в настоящий момент времени.

Второй же метод, напротив, дает возможность делать прогнозы на отдаленную перспективу. Недостатком второго метода служит тот факт, что модели учитывают ограниченное количество факторов (факторы, оказывающие влияние на рост транспортного спроса и факторы, снижающие его)[22].

Вышеперечисленные методы для оценки транспортного спроса, применяемые в России, являются достаточно трудоемкими. Это вызывает необходимость совершенствовать методы оценки, для получения более точных и долгосрочных данных, при минимальных трудозатратах. В этой связи предложена методика оценки суммарных объемов корреспонденций на входе в расчетные транспортные районы и выходе из них. Методика основана на измерении суммарных площадей объектов различного типа в районах и генерации посещений таких объектов жителями города в пиковые периоды [82].

В рассмотренной работе использовался метод кластерного анализа территории, была разработана классификация всех типов транспортных районов. В результате анализа на основе доли площади объектов отдельного типа было определено 6 классов районов, включая промышленные районы, спальные районы, районы центральных частей городов и другие (рис. 1.1).

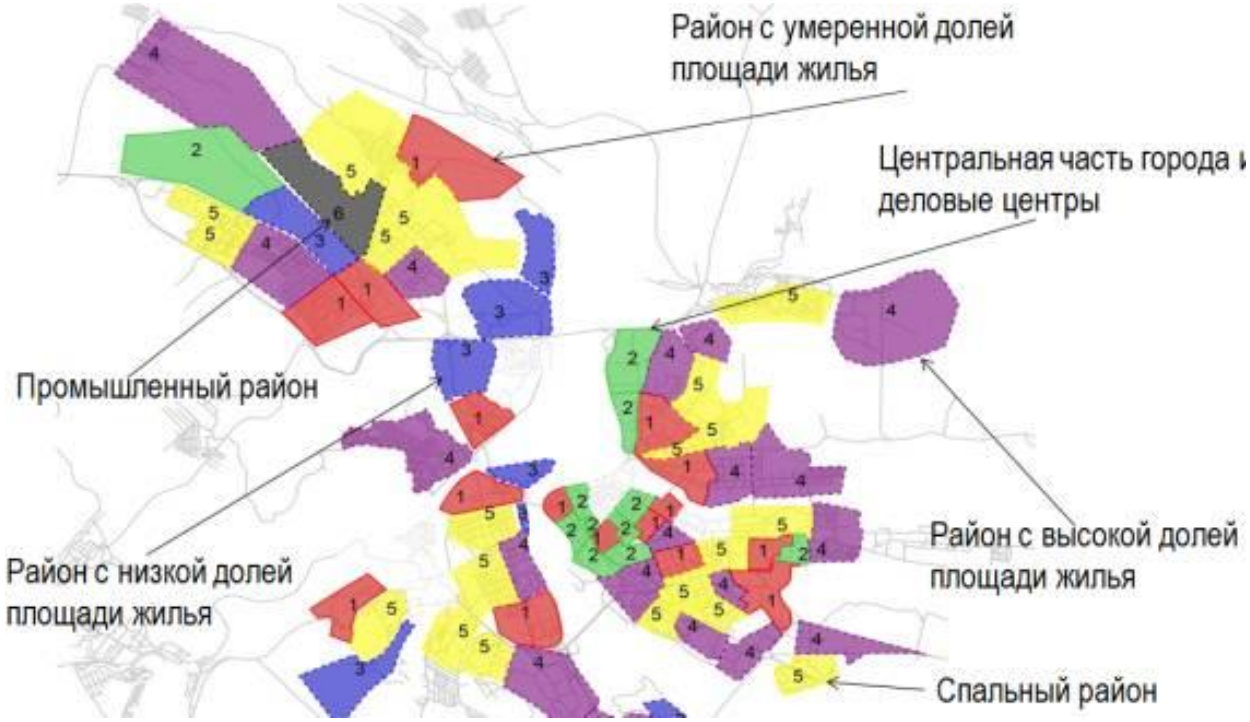


Рисунок 1.1 - Кластерный анализ территории [82]

Согласно данному методу, в дальнейшем для оценки транспортного спроса достаточно будет определить класс района по основным характеристикам (например, площадь промышленной территории), а остальные параметры подбираются с учетом структуры площадей в каждом классе [20].

На сегодняшний день, в мировой практике, значения и характеристики транспортных потоков фиксируют цифровые технологии. Однако, в отличие от опросов, наблюдение не позволяет выявить реальные причины перемещений. Для анализа транспортного спроса чаще используют матрицы корреспонденций. Для изучения транспортной доступности заданного района используют метод изохрон, как способ моделирования транспортной доступности - линий равных затрат времени на преодоление пространства относительно заданных точек [28].

Место, где находится человек в режиме реального времени стало достаточно просто отслеживать с помощью всеобщей цифровизации населения:

- мобильный телефон;

- операционные системы;
- мобильные приложения;
- геометки в социальных сетях;
- финансовые транзакции.

Данные, отображенные во всех изученных нами источниках, не являются полностью достоверными. Цифровая слепота современных мегаполисов создает парадоксальную ситуацию: чем больше данных мы собираем, тем больше людей остаются невидимыми для городских аналитиков. В тени больших данных прячутся целые социальные группы – те, кто по разным причинам не пользуется мобильными приложениями и цифровыми сервисами. Исследование мобильности превратилось в многоплановую науку, где каждый город, район и квартал требует своего подхода. От классических методов до передовых технологий – специалисты собирают мозаику городской динамики, чтобы транспортные системы развивались в унисон с потребностями жителей. При этом технологическая гонка не дает остановиться: методики приходится обновлять быстрее, ведь мобильность населения становится все более сложной и многообразной.

Аналитика движения позволяет прогнозировать потоки между точками маршрута, учитывать демографические данные, продумывать инфраструктуру с учетом будущего спроса, управлять городскими событиями в режиме онлайн.

1.2 Методы оценки эффективности ОДД

На сегодняшний день автомобильный транспорт занимает лидирующее положение в единой транспортной системе. С этим связаны высокие требования к организации дорожного движения. Высокое качество, надежность и эффективность организации дорожного движения являются важнейшими условиями устойчивого развития общества и страны в целом.

Со вступлением в силу Федерального закона от 29 декабря 2017 г. №443-ФЗ «Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и выделением организации дорожного движения (ОДД) как самостоятельной деятельности, особое значение приобрела оценка ее эффективности.

Современный подход к методике оценки эффективности организации дорожного движения неоднозначен. Специалисты применяют совершенно разные подходы и методы к оценке эффективности ОДД.

Показателями качества являются эффективность ОДД, безопасность ОДД и экологическая безопасность ОДД. В России широкое применение получила методика оценки эффективности ОДД, основанная на предположении, что определенный критерий тесно корреспондирует с несколькими частными критериями и может их заменять. Основным таким критерием стал уровень удобства – Level of Service (LOS).

Метод LOS, как мы можем его видеть сейчас, формировался с 1985 года. В настоящее время критерии обслуживания применяют для оценки существующих условий движения ТП, задействовав программы макромоделирования и микромоделирования.

Согласно методическим рекомендациям по оценке пропускной способности автомобильных дорог [72] уровень обслуживания формулируется как комплексный показатель экономичности, удобства и безопасности движения, характеризующий состояние транспортного потока. Уровни обслуживания оцениваются сравнением показателей фактических с расчётными или максимально возможными. Ниже представлены формулы, приведенные в выше указанных методических рекомендациях:

$$z = \frac{N}{P} \qquad (1.1)$$

где z – коэффициент загрузки;

N- интенсивность движения, авт./ч;

Р- практическая пропускная способность участка дороги, авт./ч.

$$c = \frac{v_z}{v_0} \quad (1.2)$$

где с- коэффициент скорости движения;

v_0 – скорость движения в свободных условиях при уровне обслуживания А, км/ч

v_z – средняя скорость движения при рассматриваемом уровне удобства (км/ч) при данном уровне насыщения потока ρ, определяемого как

$$\rho = \frac{q_z}{q_{max}} \quad (1.3)$$

где ρ- плотность движения, авт./км;

N- интенсивность движения, авт./ч;

V- скорость, км/ч.

Далее представлена таблица, характеризующая уровни обслуживания, согласно методическим рекомендациям.

Таблица 1.1

Характеристики уровня обслуживания [72]

Уровень обслуживания движения	Коэффициент загрузки	Коэффициент скорости движения	Коэффициент насыщения движением	Характеристика потока автомобилей	Состояние потока	Эмоциональная загрузка водителя	Удобство работы водителя	Экономическая эффективность работы дороги
А	<0,20	>0,90	<0,10	Автомобили движутся в свободных условиях, взаимодействие между автомобилями отсутствуют	Свободное движение одиночных автомобилей с большой скоростью	Низкая	Удобно	Неэффективная
В	0,20-0,45	0,70-0,90	0,10-0,30	Автомобили движутся группами, совершается много обгонов	Движение автомобилей малыми группами (2-5шт.) Обгоны возможны	Нормальная	Мало удобно	Мало эффективная

продолжение таблицы 1.1

C	0,45-0,70	0,55-0,70	0,30-0,70	В потоке еще существуют большие интервалы между автомобилями, обгоны запрещены	Движение автомобилей большими группами (5-14шт.) Обгоны затруднены	Высокая	Неудобно	Эффективная
D	0,70-0,90	0,40-0,55	0,70-1,00	Сплошной поток автомобилей, движущихся с малыми скоростями	Колонное движение автомобилей с малой скоростью. Обгоны невозможны	Очень высокая	Очень неудобно	Эффективная
E	0,90-1,00	<0,40	1,00	Поток движется с остановками, возникают заторы	Плотное	Очень высокая	Очень неудобно	Неэффективная
F	>1	0,30	1,00	Полная остановка движения	Сверх плотное	Крайне высокая	Крайне неудобно	Неэффективная

Показатель LOS был сформирован в США и стал основным критерием оценки эффективности ОДД и был включен в нормативные документы. В таблицу 1.2 ведена оценочная шкала уровней обслуживания.

Таблица 1.2

Градации уровней обслуживания

Уровень обслуживания	Уровень загрузки	Характеристика условий движения
A	<0,1	Свободный поток
B	≥0,1	Устойчивый поток
C	≥0,3	Устойчивый поток
D	≥0,7	Приближающийся к неустойчивому
E	≥1	Неустойчивый поток

В основе системы классификации уровней транспортного обслуживания лежит фундаментальный показатель – коэффициент загрузки дорожной сети, который представляет собой соотношение между фактической интенсивностью движения и максимально возможной пропускной способностью магистрали. Современная методология оценки LOS включает три ключевых направления анализа:

- оперативный мониторинг и текущее управление – комплексный анализ существующего состояния дорожной сети, включающий оценку качества транспортного обслуживания в заданных условиях, разработку и реализацию мер организации дорожного движения, а также корректировку проектных решений.

- проектировочный анализ – стратегическая оценка эффективности транспортного обслуживания с учетом среднесрочных и долгосрочных прогнозов, определение оптимальных параметров дорожно-транспортных сооружений для обеспечения заданного уровня сервиса.

- стратегическое планирование – анализ перспектив развития транспортных систем, включающий оценку эффективности обслуживания на основе долгосрочных прогнозов и формирование комплексной стратегии развития дорожной инфраструктуры [83].

Примечательно, что подобная методология оценки транспортных условий на многополосных магистралях успешно применяется и в практике немецкого дорожного хозяйства. На рисунке изображены критерии оценки условий движения, принятых в руководстве HCM 2010.

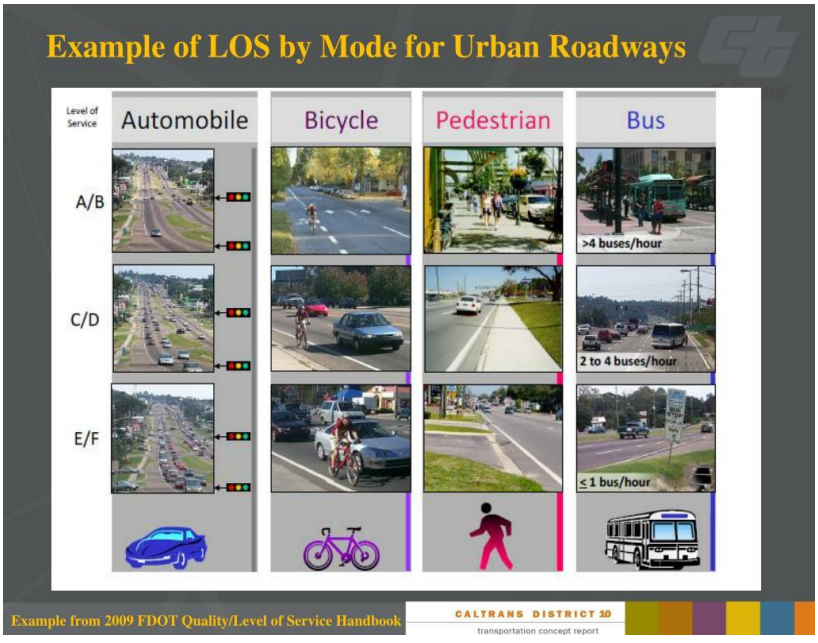


Рисунок 1.2 - Концепция мультимодальной улицы и оценки условий движения на ней в руководстве HCM 2010 [93]

Согласно методике мультимодальной оценки рассматриваются условия движения автомобильного транспорта, общественного пассажирского транспорта, велосипедистов и пешеходов. Для каждого перечисленного вида должен быть определен показатель уровня обслуживания, согласно которому определяется интегральный показатель. Значения показателей отображены в таблице 1.3.

Показатели всех уровней обслуживания суммируются и умножаются на весовые коэффициенты. Использование весовых коэффициентов создает серьезное препятствие для адаптации данной методики за пределами США. Дело в том, что численные значения этих коэффициентов были выведены путем экспертного оценивания, которое неизбежно несет в себе отпечаток местной специфики.

Таблица 1.3

Уровни обслуживания различных видов транспорта

Транспортный поток		Общественный транспорт	
Значения уровня обслуживания	Доля средней скорости по отношению к скорости свободного движения, %	Уровень обслуживания	Граничные значения уровней обслуживания
A	>85	A	≤2,00
B	85-67	B	2,00-2,75
C	67-50	C	2,75-3,50
D	50-40	D	3,50-4,25
E	30-40	E	4,25-5,00
F	≤30	F	>5,00

При переносе методики мультимодального уровня обслуживания на территорию других государств мы сталкиваемся с принципиально иной картиной: там формируются свои представления о важности различных видов транспорта, свои приоритеты в организации движения. Соответственно, и экспертные оценки, лежащие в основе весовых коэффициентов, будут существенно отличаться от оценок других стран.

Таким образом, универсализация методики оказывается затруднительной из-за ее жесткой привязки к локальным экспертным суждениям о значимости транспортных потоков [93].

1.3 Оценка влияния процесса паркирования на придомовой территории

Количество парковочных мест, которое необходимо предусмотреть при строительстве новых объектов в Российской Федерации регулируется СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [88]. Благоустройство придомовой территории важный аспект при строительстве многоэтажных жилых домов, включающийся в себя разнообразные работы, которые необходимо планировать еще на этапе проектирования жилой застройки. К таким работам относятся: ландшафтный дизайн, озеленение, установка детских площадок, освещение и обустройство парковочного пространства. На сегодняшний день из-за отсутствия парковочных мест на территориях многоквартирных жилых домов жители вынуждены парковать автомобили на тротуары, газоны, детские площадки, что ведет к многочисленным неудобства, невозможности беспрепятственно пройти к подъезду, затрудняется проезд для инвалидов-колясочников и детских колясок (рисунок 1.3).

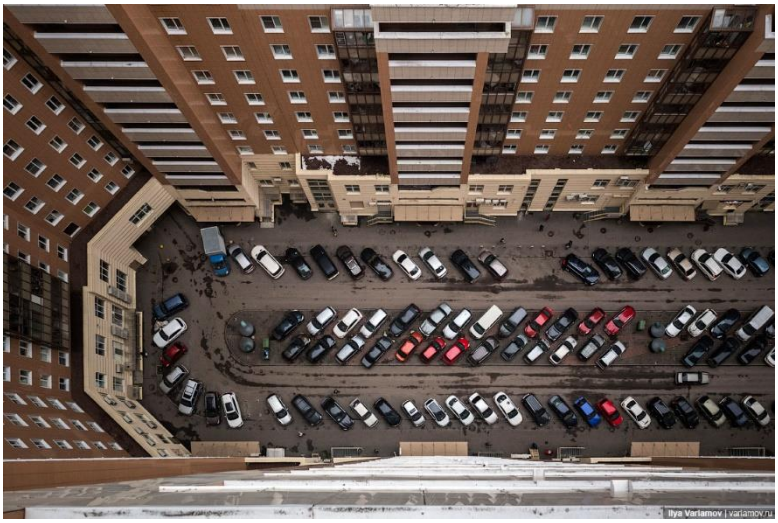


Рисунок 1.3 – Парковка во дворе многоэтажного жилого дома

Проблема парковки для жителей многоэтажных домов связана с ростом уровня автомобилизации, так, по данным Russian Automotive Market Research на 01.01.2020 г., парк легковых автомобилей в России насчитывает 45,15 млн. ед. В среднем в России на 1 тыс. жителей приходится 313 легковых автомобилей. В 35 регионах РФ уровень автомобилизации выше среднего по стране [78]. Также большое влияние на проблему паркинга возле жилой многоэтажной застройки оказывают рост доли поездок на ИТ, изменение культуры кратковременного хранения автомобилей возле дома. На сегодняшний день классифицировать места хранения автомобилей для жителей многоэтажек можно следующим образом. Многоуровневые парковки в жилой застройке представляют собой комплексные решения для хранения автотранспорта. Они могут быть как надземными, так и подземными, либо сочетать оба типа размещения.

Подземные паркинги активно внедряются в проекты новостроек, располагаясь рядом с жилыми зданиями или непосредственно под ними. Этот формат становится стандартом для современной жилой застройки.

Комбинированные паркинги (подземно-надземные) интегрируются в зоны жилой застройки, обеспечивая оптимальное использование земельного участка.

Охраняемые стоянки функционируют в круглосуточном режиме, предлагая огороженную территорию для парковки автомобилей.

Муниципальные парковки доступны для использования в ночное время, что позволяет частично решить проблему дефицита парковочных мест.

Автопарковки в жилой застройке представляют собой специально оборудованные площадки для временного размещения автомобилей.

Среди всех форматов особое место занимают многоуровневые парковки, которые предлагают наиболее широкий спектр услуг и максимальный уровень комфорта. Однако их высокая стоимость и ограниченный радиус обслуживания (обусловленный недостаточным

количеством таких объектов в городах) создают определенные барьеры для массового использования. При этом подземные паркинги уверенно лидируют в сегменте новостроек, становясь неотъемлемой частью современных жилых комплексов. Проектируются подземные парковки, в основном, в один этаж, что ограничивает количество парковочных мест, и закрывает потребность в парковочном пространстве лишь на 60%. Пример подземной парковки многоэтажного жилого дома представлен на рисунке 1.4.

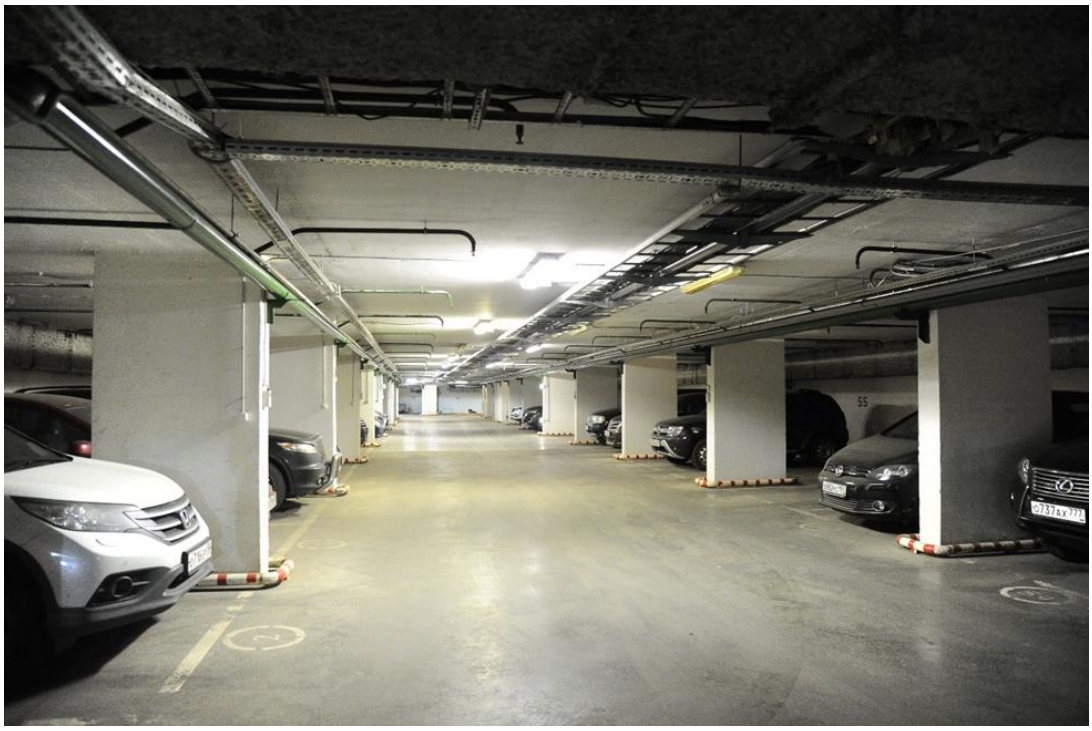


Рисунок 1.4 – Размещение автомобилей на подземной парковке многоэтажного жилого дома

Многоэтажные подземные парковки (рис. 1.5; 1.6) размещаются на небольшом расстоянии от жилых многоэтажных домов. Такой подход гарантирует надежную фиксацию грунта, обеспечивает безопасные методы строительства и обслуживания объекта, а также создает оптимальные условия для прокладки и обслуживания инженерных коммуникаций.

Альтернативным решением для парковки автомобилей становятся охраняемые автостоянки (рис. 1.7). Их размещают на участках, свободных от жилой застройки. Ключевое достоинство таких парковок заключается в организации непрерывного видеонаблюдения за транспортными средствами.

Тем не менее, стоит учитывать, что машины остаются под открытым небом, что делает их уязвимыми перед погодными явлениями и другими внешними факторами. К сожалению, большинство жителей современных многоэтажек вынуждены парковать свой автомобиль на площадках в жилой застройке (рис.1.3). Данная необходимость вызвана отсутствием потребной площади парковок.

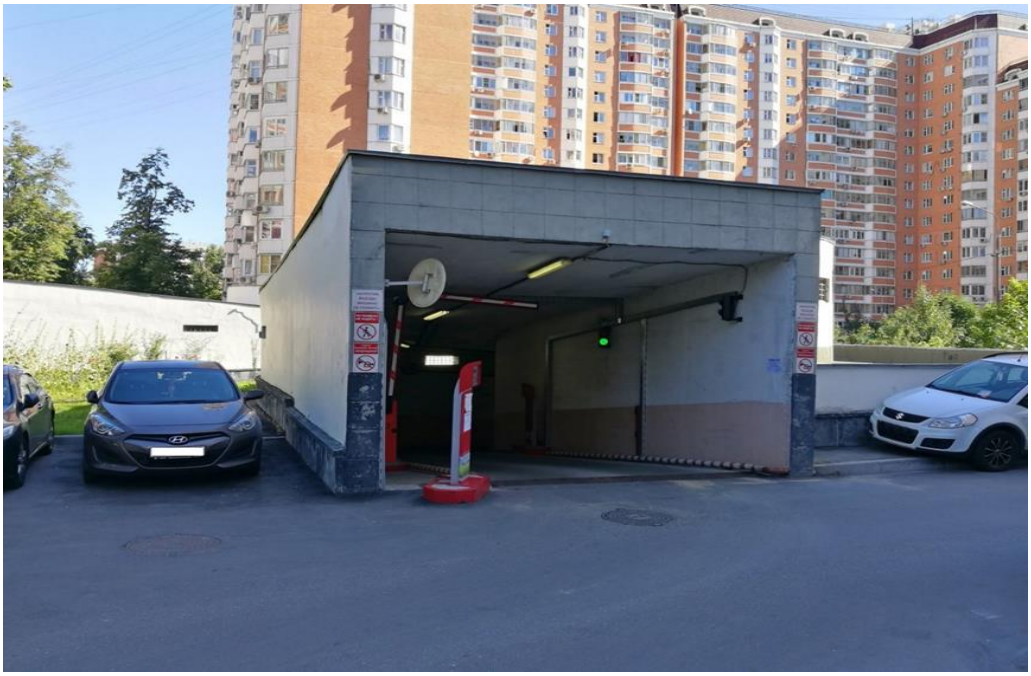


Рисунок 1.5 – Въезд на многоэтажную подземную парковку



Рисунок 1.6 – Многоярусная подземная парковка



Рисунок 1.7 – Охраняемая автомобильная стоянка

Проблему парковочной территории необходимо решать на этапе проектирования жилого объекта. В современных условиях актуальным решением становится возведение инновационных паркингов комбинированного типа – от классических наземных конструкций до современных подземных и многоуровневых комплексов (рис. 1.8; 1.9; 1.10). Такой подход не просто улучшает качество парковочного сервиса, но и совершает настоящий прорыв в эффективном использовании городского пространства.

Сравнительный анализ показывает впечатляющие результаты: традиционные открытые стоянки, доминирующие сегодня, требуют колоссальных 25-30 квадратных метров на каждый автомобиль. В то время как современные многоэтажные паркинги демонстрируют поразительную экономию пространства, ужимая эту цифру до скромных 3-5 квадратных метров на машину. Это революционное решение позволяет сохранить драгоценную городскую территорию для других важных городских нужд. [57].

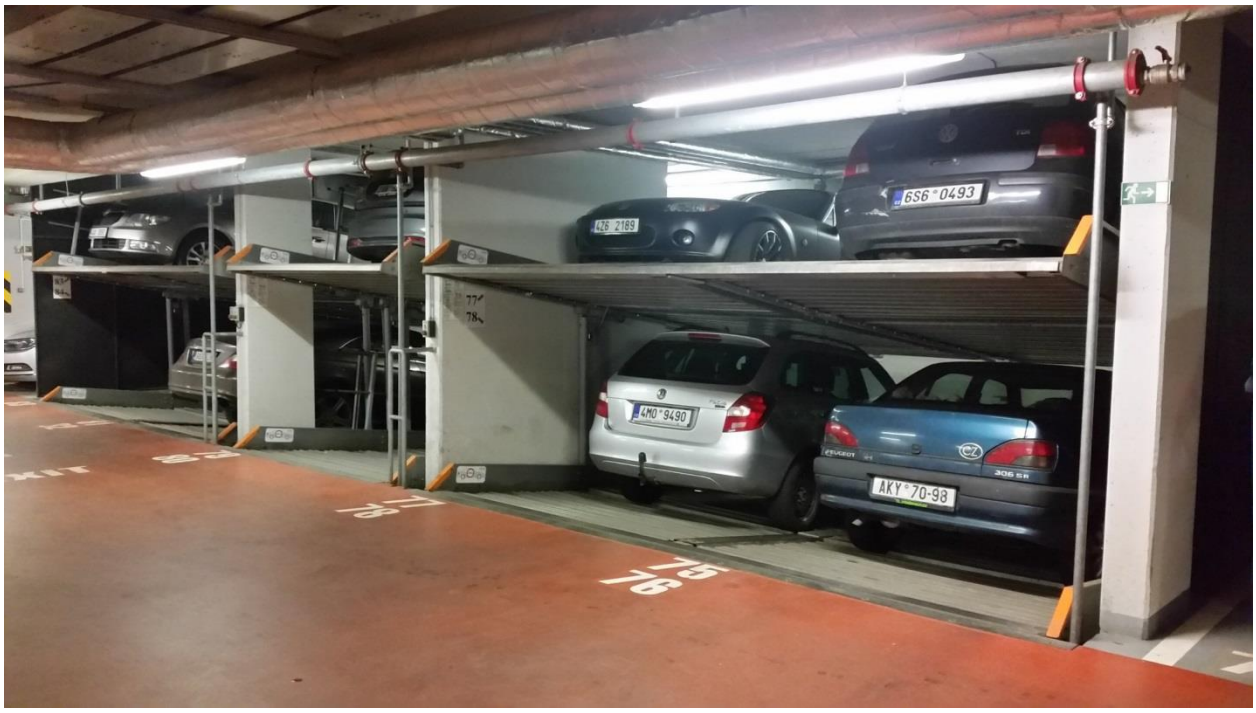


Рисунок 1.8 - Парковочные подъёмники



Рисунок 1.9 – Многоуровневая парковка



Рисунок 1.10 – Механизированный многоэтажный паркинг

1.4 Выводы по главе и задачи исследования

1. Оценка транспортного спроса в мировой практике, как правило была нацелена на выявление корреспонденций между транспортными расчётными районами, для выявления и прогнозирования их интенсивности. Особую ценность это прогнозирование представляло в развитии, прежде всего, по часам суток, а также дням недели и в некоторых случаях сезонам года.
2. Исходными данными для оценки транспортного спроса, как правило, являлись данные о числе проживающего и работающего населения в разбивке по транспортным расчётным районам города.
3. Прогнозирование транспортного спроса на основе данных позиционирования центров массового тяготения, их качественных

характеристик изучались в отечественной и зарубежной практике укрупнённо и нуждаются в более глубоком и детальном изучении.

4. Жилые многоквартирные дома являются одним из основных источников генерации поездок, причём в современных условиях значительная часть до 40 % этих поездок реализуется с использованием автомобильного транспорта индивидуального пользования (АТИП).

5. Массовое применение АТИП требует разработки методики комплексной оценки эффективности транспортного обслуживания, включающей организацию дорожного движения на запитывающем пересечении, оценка потребного числа мест для кратковременного хранения АТИП.

6. Кратковременное хранение АТИП в пределах мест проживания потребует расчёта минимальной площади и рекомендаций размещения парковочного пространства в плане территории застройки.

ГЛАВА 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ МНОГОЭТАЖНОЙ ЗАСТРОЙКИ

2.1 Классификация жилых объектов. Российский и зарубежный опыт

Развитие нашей цивилизации, обозначенное несколькими тысячелетиями, изменялось весьма монотонно. Вплоть до 17 века труд и соответственно культура и технологии производственной деятельности были сосредоточены на ручном труде и физических возможностях людей и (или) животных. С появлением парового двигателя мир буквально преобразился. Стало возможным то, что читалось фантастикой, а именно, объём производства можно было подчинить корреляции не только численности проживающего населения, но и количеству энергии, получаемой с помощью паровых двигателей. Более того стало возможно массовое производство товаров и услуг, в также производство сложной и энергоёмкой продукции и средств производства. Полученный фундамент индустриализации в западных странах в течение 19 -го начала 20-го веков, а в России в 20-е – 30-е годы 20-го века, стал основой современного мира и к настоящему моменту преобразил его до неузнаваемости, прежде всего, в окружающих нас вещах, предметах быта, но главное этот фундамент индустриализации изменил образ жизни современного человека, проник в самые важные и сокровенные устои бытия и быта, изменил восприятие окружающего мира, подменил его ценности. Таким образом, современное общество нуждается в крупных скоплениях людей, часто называемыми человейниками, а в научной классификации городами, имеющими свою классификацию в зависимости от их численности [88]. Крупные и крупнейшие города, не говоря уже об мегаполисах, имеющих особый статус с позиций транспортного обеспечения, привлекают не только своей производственной базой, но и сервисом, в котором нуждаются жители, трудящиеся на основном производстве.

Справедливости ради, стоит отметить, что последние тенденции развития городов, особенно в странах запада, которые в середине прошлого столетия попытались вынести производство в третьи страны, направлены на создание городов – не создающего реального внутреннего валового продукта, а концентрирующихся исключительно на услугах финансово-кредитного сектора, медицине, реже образования и культуры.

Перечисленные факторы требуют научно-обоснованных подходов к организации жизнедеятельности людей на ограниченном пространстве городской среды. Важно отметить, что ограничение этого пространства отталкивается от норм времени, которое может потратить человек из своего суточного фонда на передвижение, прежде всего, по трудовым целям. Такие нормы прописаны в том же нормативном документе [88], как правило, это не более 45 минут для крупнейших городов. Конечно, их можно существенно сократить, повышая скорость сообщения в рамках городов и их агломераций, но существующие виды транспорта не позволяют это сделать кардинально. Самые лучшие по согласованности расписания и пересадочных узлов транспортные системы реализуют в скорости сообщения близкие к 22-25 км/ч, поэтому расширение существующего города невозможно. В этой связи с середины прошлого столетия проблему начали решать за счёт уплотнения застройки и увеличения её этажности. Средняя этажность новостроек в крупных городах России с численностью населения более 300 000 человек составила 12,6 этажа. Невооруженным взглядом видно, что российские города продолжают неумолимо расти вверх. Среди городов-миллионников самые высокие дома возводятся в Москве (20,5 этажа), Екатеринбурге (17,4 этажа) и Красноярске (17,1 этажа) [86].

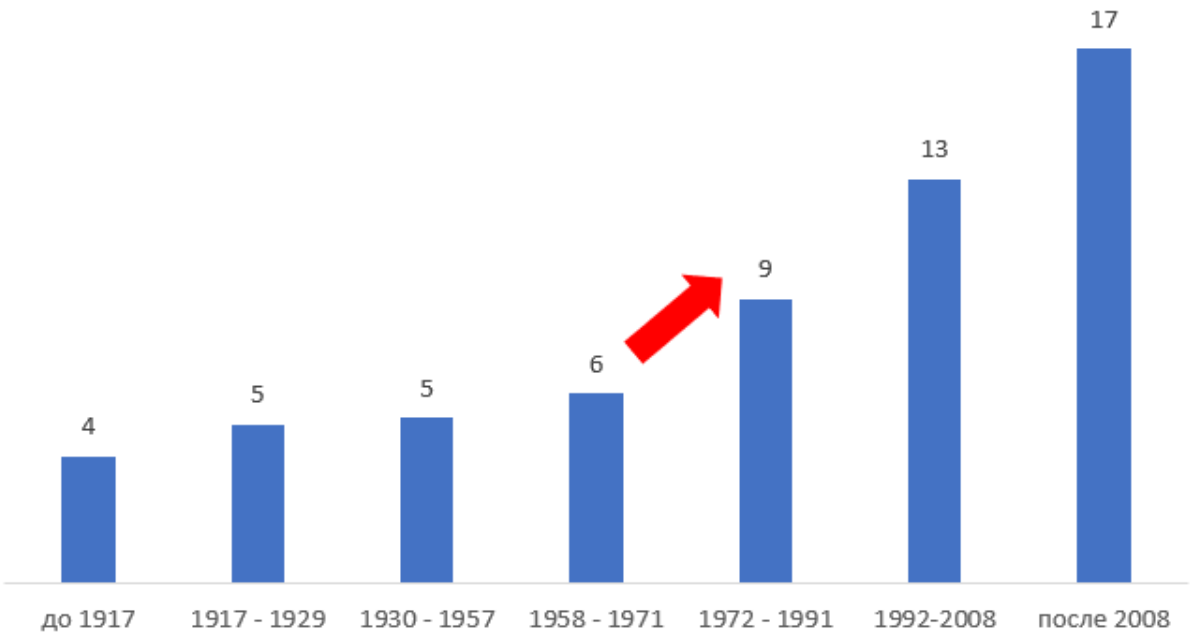


Рисунок 2.1 – Динамика средней этажности жилых домов в РФ [59]

Вместе с ростом этажности растёт и антропогенная нагрузка, нагрузка на коммуникации и социальные объекты (д/сады, школы, поликлиники и т.п.). Растёт и нагрузка на УДС и вспомогательную инфраструктуру (парковки, общественный транспорт, пересадочные узлы). Сегодня в городах прожиивает ¾ населения РФ, плотность в городах достигает 4-5тыс./км^2, это требует особого подхода к размещению объектов бытовой инфраструктуры и транспортного обслуживания.

Учитывая, что плотность застройки, её высотность, а также плотность проживающего населения разнятся необходимо учесть классификацию объектов тяготения. В РФ действует классификатор земельных участков (приказ Минэкономразвития России от 1 сентября 2014 г. N 540). Данный документ представляет классификацию строений и их назначение, т.е. те виды деятельности для которых предназначается застройка. В частности, интересующий нас вид застройки – жилая. Жилые здания представляют собой особый класс сооружений, основным назначением которых является постоянное проживание людей. Однако не все строения, где находятся люди,

могут считаться жилой застройкой. Существует ряд важных исключений, определяющих границы этого понятия.

Коммерческая недвижимость для временного размещения гостей, такая как гостиницы и дома отдыха, не относится к жилой застройке. Эти объекты работают на извлечении прибыли от предоставления временного жилья.

Социальные учреждения с медицинским или социальным уклоном также исключены из категории жилой застройки. К ним относятся санатории, детские дома, дома престарелых и больницы, где проживание сочетается с оказанием специализированных услуг.

Производственные объекты со встроенными жилыми помещениями, включая вахтовые городки и служебное жилье на предприятиях, имеют особый статус и не считаются обычной жилой застройкой, так как их назначение связано с поддержанием производственных процессов.

Режимные объекты со специфическими условиями проживания, такие как казармы, караульные помещения, тюрьмы и следственные изоляторы, обладают особой правовой природой и не могут быть отнесены к жилой застройке в классическом понимании.

Таким образом, понятие жилой застройки охватывает только те здания и помещения, которые предназначены исключительно для постоянного проживания граждан в обычных бытовых условиях, без дополнительных функций коммерческого, социального, производственного или режимного характера.

Данный аспект крайне важен, поскольку количественные характеристики функционирования прилегающей территории будут существенным образом разниться в случае осуществления этих исключений, например, доля посетителей, использующих АТИП будет существенно ниже со всеми вытекающими из этого последствиями.

Таким образом, приказ Минэкономразвития предполагает следующую классификацию жилья: индивидуальное жилищное строительство,

малоэтажная многоквартирная застройка, среднеэтажная жилая застройка и многоэтажная жилая застройка.

Индивидуальное жилищное строительство представляет собой отдельные жилые дома, автономные постройки высотой до трех этажей и максимальной высотой 20 метров. Такие дома включают жилые комнаты и вспомогательные помещения для удовлетворения бытовых нужд проживающих. Важная особенность - невозможность раздела здания на отдельные объекты недвижимости. На участке допускается: придомовое хозяйство - выращивание декоративных и сельскохозяйственных культур, вспомогательные постройки - индивидуальные гаражи и хозяйственные помещения.

Малоэтажная многоквартирная застройка – это компактные многоквартирные комплексы включают жилые дома высотой до четырех этажей, с учетом мансардного пространства. Данный тип застройки характеризуется умеренной плотностью населения при сохранении комфортных условий проживания. Также возможна близостью к природе благодаря невысокой этажности.

Жилые комплексы высотой до восьми этажей называются среднеэтажной жилой застройкой. Для данного типа застройки характерны: подземная инфраструктура - гаражи и автостоянки; зона отдыха - спортивные и детские площадки, места для досуга; коммерческая составляющая - встроенные и пристроенные помещения для обслуживания жителей (до 20% от общей площади дома).

Современные высотные комплексы от девяти этажей и выше классифицирую как многоэтажную жилую застройку, и предусматривают: комплексное благоустройство придомовых территорий, развитую инфраструктуру - спортивные и детские площадки, зоны отдыха, подземная парковка и автостоянки. Также присутствие коммерческих помещении во встроенно-пристроенных частях, но не более 15% от общей площади здания.

Каждый тип застройки имеет свои особенности и предназначен для удовлетворения различных потребностей населения в жилье и сопутствующей инфраструктуре.

Следует отметить застройку (вид использования застройки), которая является сопутствующей и необходима для транспортного обслуживания жителей использующих АТИП – хранение автотранспорта.

В научной работе [45] приведена классификация центров массового тяготения по принципу их функционирования. В рассматриваемом контексте приказа Минэкономразвития России № 540 данную классификацию можно считать идентичной. В предлагаемой работе рассматривается жильё с участком земли, что будет соответствовать классификации «индивидуальное жилищное строительство», среднеэтажная и многоэтажная застройка, соответствующая приведённой классификации. Важно отметить, что в данной работе автор, отмечает что многоэтажная застройка, особенно в Сибирском федеральном округе является в большей степени исключением, чем правилом, что в том числе может быть с вязано с нормами сейсмической активности региона, нельзя также забывать и о том, что основные исследования, выполненные в рассматриваемой работе приходятся на периоды прошлых десятилетий, когда этот вид жилья не был распространён в значительной степени, что в настоящее время требует дополнительных натурных исследований и уточнений.

Безусловно, рассматриваемая проблема освещена и в зарубежных источниках [105]. В которых приведена классификация центров массового тяготения по принципу использования территории (land use). Общий принцип классификации сходен с работой Зедгенизова А.В., поскольку там присутствуют такие укрупнённые категории как производственные территории, порты и транспортные терминалы, жилые территории, коммерческое жильё (lodging), рекреационные территории, например, парки, скверы и т.п., учреждения сферы образования и просвещения, учреждения медицинской направленности, офисы, торговля и службы сервиса.

Безусловно каждая из перечисленных категорий имеет до 30 подкатегорий, уточняющих характер функционирования и, следовательно, характеристики, влияющие на итоговые параметры. Справедливости ради, стоит отметить, что в США над изучением транспортного спроса в контексте землеиспользования работает целый институт (Institute of transportation engineers), что позволяет своевременно и эффективно строить прогнозные значения о изменении транспортных потоков не только в локальных местах, но и корректировать матрицы межрайонных корреспонденций.

В контексте рассматриваемого вопроса, важно, более детально рассмотреть классификацию типов использования территории, которая применяется в литературе [105]:

Таблица 2.1

Классификация типов использования территории

Категория TGM	Перевод
Single-Family Detached Housing	Отдельный дом на одну семью
Multifamily Housing (Low-Rise)	Малоэтажный многоквартирный дом)
Multifamily Housing (Mid-Rise)	Многоквартирный дом средней этажности
Multifamily Housing (High-Rise)	Многоэтажный многоквартирный дом
Mid-Rise Residential with 1st-Floor Commercial	Жилой дом средней этажности с коммерческим помещением на 1 этаже
High-Rise Residential with 1st-Floor Commercial	Высотный жилой дом с коммерческим помещением на 1 этаже
Mobile Home Park	Парк передвижных домов
Senior Adult Housing - Detached	Жилье для пожилых людей - Отдельно стоящее
Senior Adult Housing - Attached	Жилье для пожилых людей – совместно с другим центром массового тяготения
Congregate Care Facility. Assisted Living	Коллективный уход за больными, помощь в проживании
Continuing Care Retirement Community	Сообщество пенсионеров с постоянным уходом
Recreation Homes	Дома отдыха (пансионаты)
Timeshare	Таймшер – право использования недвижимостью на период отпуска
Residential Planned Unit Development	Планируемая жилая застройка

Предложенная классификация содержит порядка 15 типов жилья, отличающихся по режимам функционирования. С точки зрения Российского опыта важно выделить некоторые укрупнённые группы: отдельный дом на одну семью или в литературе [45] эта категория названа «жильё с участком земли», в контексте оценки транспортного спроса наиболее удобной формой такой оценки является не количество корреспонденций на одно домохозяйство, а количество корреспонденций приходящихся на единицу площади соответствующего типа жилья (частного сектора) в казанной работе предлагается учитывать число корреспонденций на 1 Га. С другой стороны, справедливо отметить, что площадь участков под жильё может существенно отличаться, например в России в разные периоды времени для таких нужд выделялись участки, имеющие от 3 до 12 и даже 20 соток, соответственно, спрос к каждому из них будет разниться.

Следующий большой блок, который имеется и в упомянутой выше и нормативной литературе – многоквартирные дома. Внутри этой большой категории можно найти те, которые отличаются низкой этажностью (в отечественной литературе не более 3), и высокой этажностью, соответственно более 3 этажей. Примечательно, что в рассматриваемой классификации и 4 и 100 этажей это одна и также категория. Кроме этого, в этой же категории учитываются дома, имеющие коммерческую площадь на первых этажах. Этой особенности в классификации, предлагаемой в Российских источниках нет, хотя в последние десятилетия новостройки, особенно имеющие высокую этажность, массово внедряют коммерческую недвижимость. Особой популярностью пользуются организации повседневного спроса (продуктовые магазины, отделы хранения интернет заказов, аптеки и т.п.), реже офисы, парикмахерские, а также торговля специализированными товарами. Таким образом в рассматриваемой категории отсутствует жильё средней этажности.

Третья укрупнённая категория характеризует не типичное жильё, например, жилье для пожилых людей, так называемые дома престарелых,

особенностью с точки зрения оценки транспортного спроса является то, что эти центры массового тяготения почти не создают корреспонденций, за исключением того персонала, который выполняет служебные обязанности. Жильё на период отпуска будет иметь не типичные периоды загрузки УДС, например, убытие/прибытие будет осуществляться на 2-3 часа позже трудового режима.

Таким образом, следует выделить три крупные категории: жилая застройка с участком земли (частный сектор), многоквартирная застройка с разной высотностью и жильё имеющее специфическое назначение и, соответственно, специфический режим работы.

2.2 Исследование факторов, влияющих на формирование интенсивности АТИП и потребности в обеспечении парковочного пространства в многоэтажных жилых объектах

Исследование факторов, влияющих на искомую величину (интенсивность транспортных потоков, площадь парковочного пространства) может осуществляется на основе, прежде всего, экспертного подхода к оценке факторного пространства и корреляционного анализа, позволяющего подтвердить или опровергнуть гипотезу о влиянии рассматриваемого фактора на искомую величину. Следует помнить о исследованиях, проводимых в России и за рубежом для сопоставления полученных результатов с мировыми трендами.

Интенсивность транспортных потоков, возникающих при функционировании прилегающей территории, прежде всего, возникает пропорционально её площади. Справедливости ради, стоит констатировать, что площадь прилегающей территории, в свою очередь, является более агрегированным фактором, поскольку косвенно отражает число квартир,

этажность, площадь периметра здания, и, наконец, транспортный спрос, выраженный числом корреспонденций, тяготеющих к этой территории.

Из проведённых натурных исследований мы имеем массив агрегированных данных позволяющий характеризовать интенсивность АТИП за рассматриваемый час, что позволяет нам оценить степень влияния разных факторов на искомую величину (рис. 2.1.).

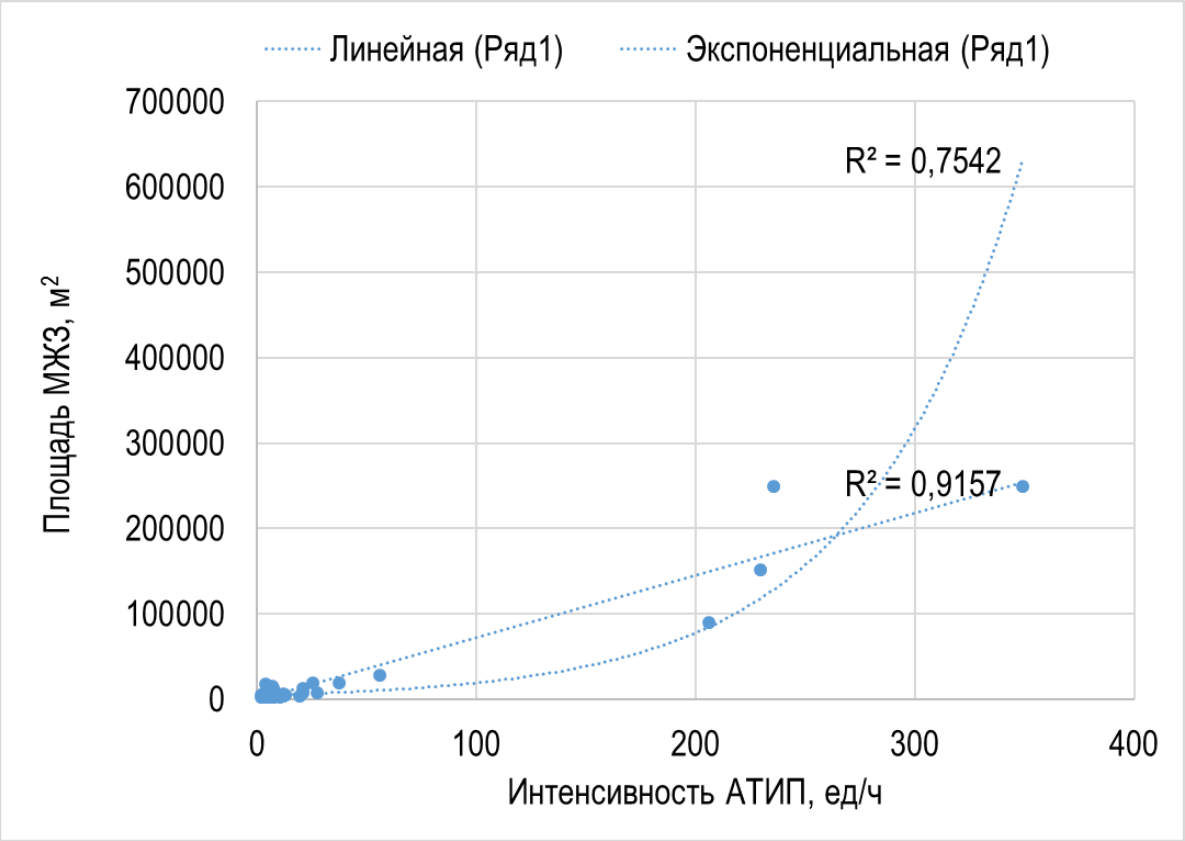


Рисунок 2.1 – Зависимость интенсивности АТИП от площади прилегающей территории

Следует отметить, что, несмотря на значительный объём данных, сосредоточенных до 100 тыс. м^2 прилегающей территории тренд на их линейный характер прослеживается вплоть до 250 тыс. м^2 и имеет весьма высокую корреляционную связь, поэтому фактор площади прилегающей территории при оценке интенсивности АТИП является одним из наиболее значимых. Кроме этого, также следует отметить, что площадь прилегающей территории является общедоступной информацией как на этапе планирования застройки, т.е. принятия градостроительных решений, так и на

этапе оценки эффективности транспортного обеспечения прилегающей территории.

В рассуждениях о факторах, влияющих на АТИП следует учитывать, что такая корреляция обусловлена некоторым постоянным уровнем автомобилизации, благосостояния граждан, кредитно-финансовой политики, позволяющей покупать в кредит транспортные средства, природно-климатические условия, позволяющие использовать АТИП для ежедневных и в том числе круглогодичных корреспонденций, а также в разрезе и по целям (трудовые, культурно-бытовые, деловые, прочее). Следовательно, вероятнее всего, на интенсивность АТИП также будет иметь существенное влияние доля всех корреспонденций, совершаемых с использованием АТИП, которая была получена на основе натурных исследований и в целом для всех исследованных объектов прилегающей территории составила 46,5 %, что свидетельствует о достаточно высоком уровне автомобилизации в российских городах. Зависимость искомого параметра от доли посетителей на АТИП представлена на рисунке 2.2.

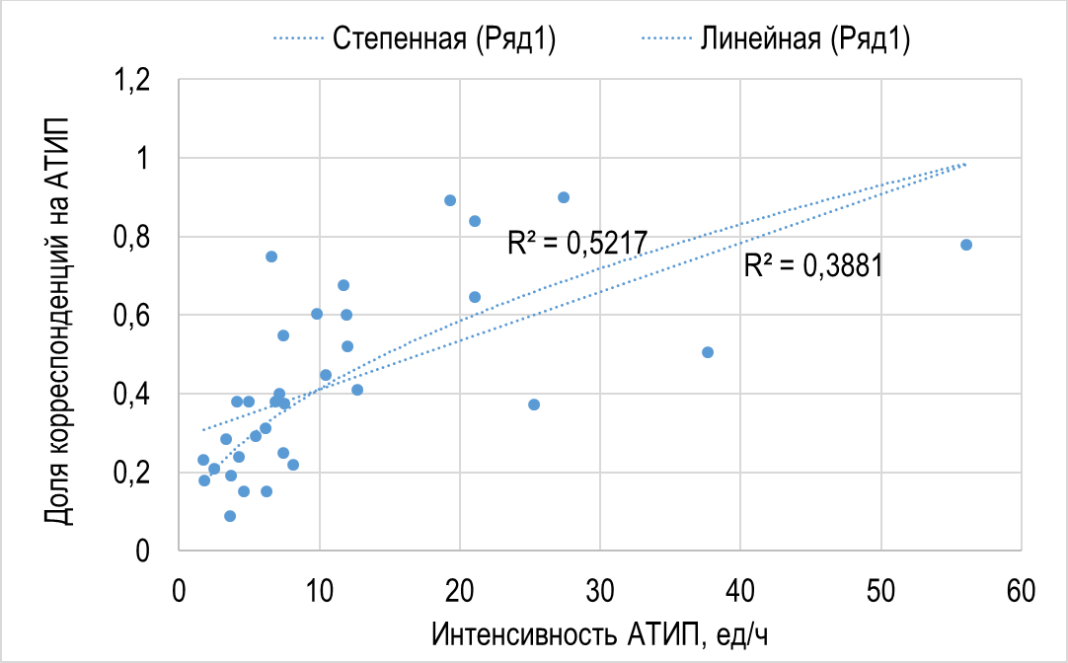


Рисунок 2.2 - Зависимость интенсивности АТИП от доли корреспонденций, совершаемых на АТИП

В аспекте данной зависимости следует отметить, что доля корреспонденций на АТИП имеет заметную корреляционную связь с интенсивностью АТИП (по шкале Чеддока), что позволяет отнести этот параметр к значимым с точки зрения регрессионного анализа, однако в контексте определения доли корреспонденций совершаемых на АТИП, например в городах другой численности населения или социально-экономической значимостью важным остаётся вопрос вариации этого показателя в зависимости от других критериев. Важным параметром, который влияет на использование АТИП, а, следовательно, и на искомую величину интенсивности АТИП – удалённость прилегающей территории от центра города, а в некоторых случаях важно учитывать и удалённость от магистральной улицы. Первое утверждение связано с престижностью проживания в центре города и соответственно высокой стоимостью жилья, которая в свою очередь будет снижать (иметь низкий транспортный спрос), с другой стороны, более доступное жильё с точки зрения стоимости расположено, как правило, на периферии крупных и крупнейших городов в так называемых спальных микрорайонах, что, несомненно, должно увеличивать транспортный спрос, а, следовательно, и интенсивность АТИП (рис. 2.4). Второе утверждение, при прочих равных условиях базируется на значительном удалении прилегающей территории от сетей ГПТ, что провоцирует на использование АТИП, т.е. при прочих равных условиях в прилегающей территории удалённой на значительное расстояние от магистральных улиц доля корреспонденций с использованием АТИП должна быть выше (рис. 2.5).

Проведённый анализ MRSE показывает, что зависимость интенсивности АТИП от удалённости от центра города незначительный и при наличии факторов, усиливающих эту корреляционную связь, рассматриваемый параметр может иметь значимое влияние на интенсивность АТИП, в то время как удалённость от магистральной улицы, несмотря на

значимые теоретические (экспертные) предпосылки на практике никакой корреляционной связи не показывает.

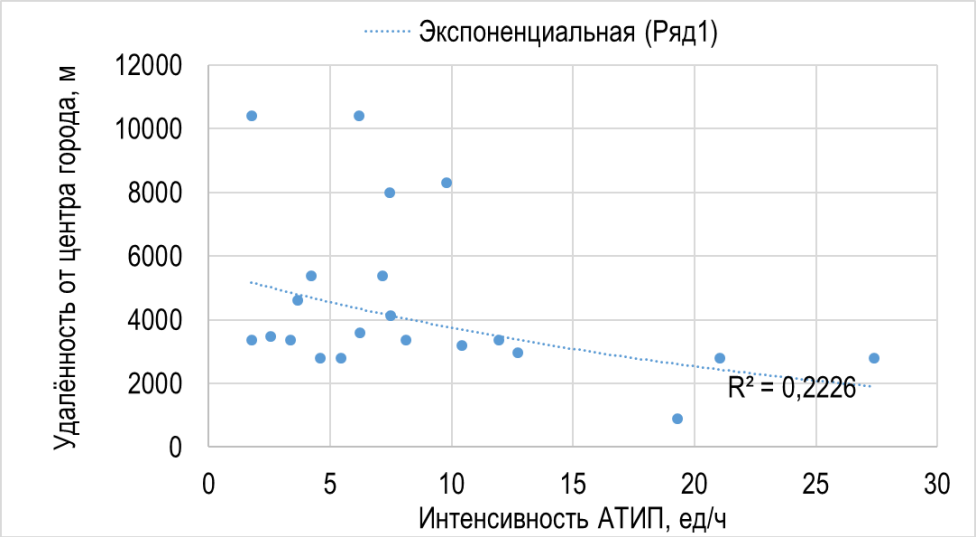


Рисунок 2.4 - Зависимость интенсивности АТИП от удалённости от центра города

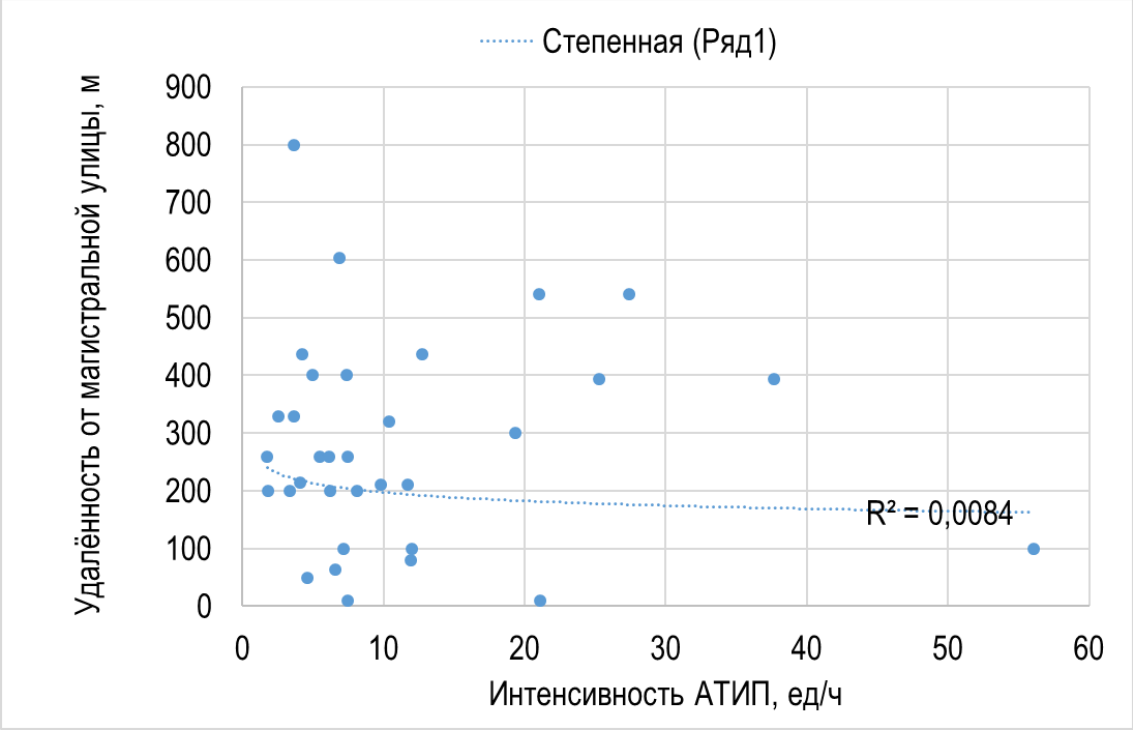


Рис. 2.5 - Зависимость интенсивности АТИП от удалённости от магистральной улицы

Несомненно, с позиций значимости, влияния на интенсивность АТИП следует рассмотреть среднее наполнение АТИП, поскольку транспортный спрос или точнее полный объём корреспонденций, совершаемый жителями

прилегающей территории оценивается не только общей потребностью в передвижениях и долей этих передвижений на АТИП, но и степенью эффективности использования АТИП, в контексте настоящего исследования под эффективностью АТИП можно представить среднее наполнение АТИП (рис. 2.6). Косвенно, этот параметр может быть отражён количеством АТИП, приходящихся на одно домохозяйство. Справедливости ради, стоит также отметить, что в мировой практике существуют примеры совместных поездок на АТИП, когда у нескольких жильцов одного многоэтажного дома или посёлка совпадает время и маршрут (часть маршрута) при этом они не являются членами одной семьи (домохозяйства). Например, формирование развоза детей школьного возраста к первому уроку. Особую роль в формировании таких поездок играют средства связи, в том числе и специальные платформы («ДаДаЕду», «Едем.рф», «Довезу!ru.» и др.) преимущество совместных поездок заключается в снижении их стоимости по отношению к стоимости такси и всеми преимуществами АТИП. Для владельца АТИП, его личная поездка может быть бесплатной или даже иметь прибыль.

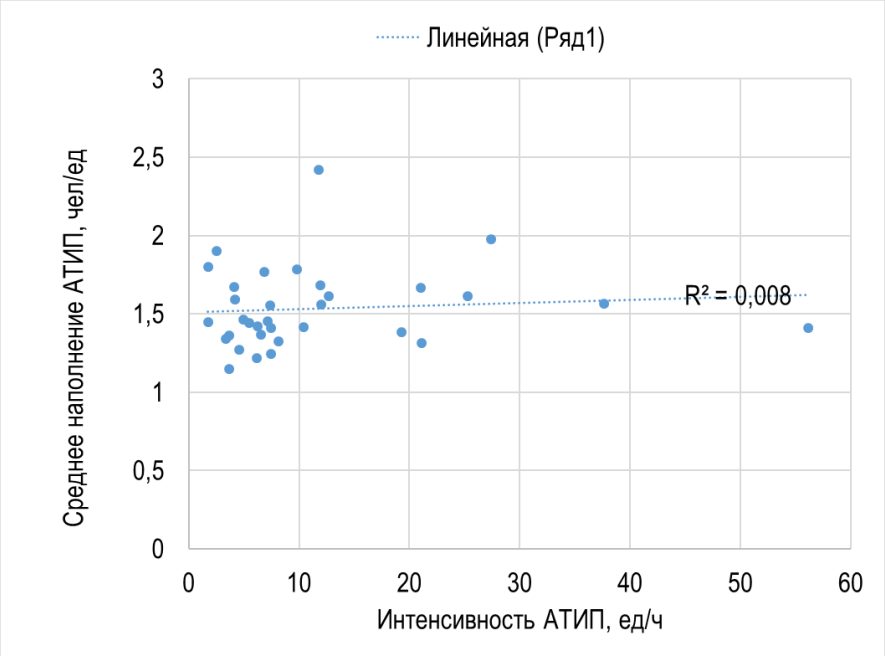


Рисунок 2.6 - Зависимость интенсивности АТИП от среднего наполнения АТИП

Следует отметить, что прямой корреляционной связи между рассматриваемыми параметрами нет, однако, следует рассмотреть среднее наполнение АТИП совместно с другими факторами регрессионного анализа.

В настоящем исследовании важно выявить и учитывать факторы, влияющие на потребную площадь для паркирования. Совершенно очевидно, что на искомую площадь и, следовательно, на потребное число парковочных мест будут влиять те же факторы, что и на интенсивность АТИП, дополнительно стоит проверить важнейший параметр – среднюю продолжительность паркирования (рис. 2.7).

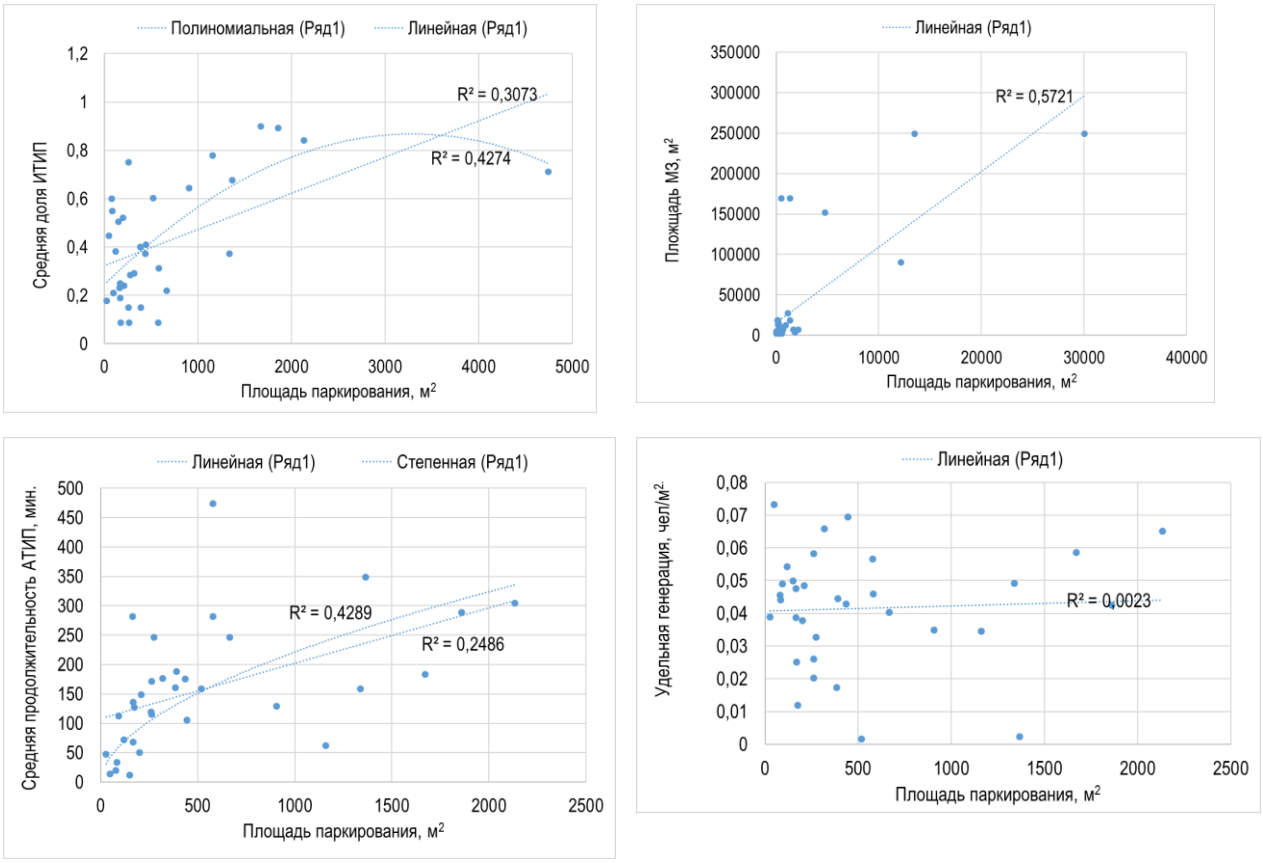


Рисунок 2.7 - Зависимость площади паркирования от а) средней доли АТИП; б) площади многоэтажной застройки; в) средней продолжительности паркирования; г) удельной генерации корреспонденций.

Таким образом, важно отметить, что наибольшее влияние на потребную площадь паркирования оказывает средняя доля АТИП, площадь многоэтажной застройки и средняя продолжительность паркирования,

соответственно, именно эти параметры должны входить в модель оценки потребной площади паркирования.

2.3 Математическое описание количественных характеристик, функционирования многоэтажных жилых объектов

Предлагаемые количественные характеристики достаточно часто используются в качестве критериев оценки транспортного спроса, интенсивности АТИП, функционирования центров массового тяготения распределения загрузки по часам суток и др. В частности, рассматриваемые характеристики можно встретить в работах Зедгенизова А.В., Буркова Д.Г., Корчевой Д.В. и др. [45;22;61]. Поэтому, учитывая специфику решаемых задач в настоящем диссертационном исследовании необходимо рассмотреть их физический смысл.

Удельная генерация корреспонденций [45]:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^{n} N}{S}, \tag{2.1}$$

где N – число корреспонденций, совершенных к прилегающей территории за рассматриваемый период (сутки), чел; S – площадь рассматриваемой прилегающей территории с учётом этажности, м^2; n – число случаев. Рассматриваемая, характеристика может быть полезна не только при количественной оценке, но и показывать эффективность функционирования МЖЗ, степень стеснённости. Статистическая оценка этой характеристике представлена в главе 4.

Средняя продолжительность паркирования [45]:

$$t_p = \frac{\sum_{i=1}^{n} (t_{\text{у}} - t_{\text{п}})}{n}, \tag{2.2}$$

где t_p – средняя продолжительность паркирования, мин; t_y – время убытия, ч:мин; t_n – время прибытия, ч:мин; n – число замеров (число автомобилей за день/смену.

Коэффициенты суточной неравномерности [45]:

$$k_{\text{сн}} = \frac{N_{\text{час}}}{N_{\text{сут}}}, \tag{2.3}$$

где $k_{\text{сн}}$ – коэффициент суточной неравномерности за рассматриваемый час, $N_{\text{час}}$ – число корреспонденций, совершенных за рассматриваемый час; $N_{\text{сут}}$ – суммарное число корреспонденций за сутки.

Для практических расчётов применяют пиковые показатели, характеризующие максимальные значения потребления, классифицируются как коэффициенты суточного максимума. Прилегающая территория (Многоэтажная жилая застройка) является примером классического распределения коэффициентов суточной неравномерности (рис. 2.8).

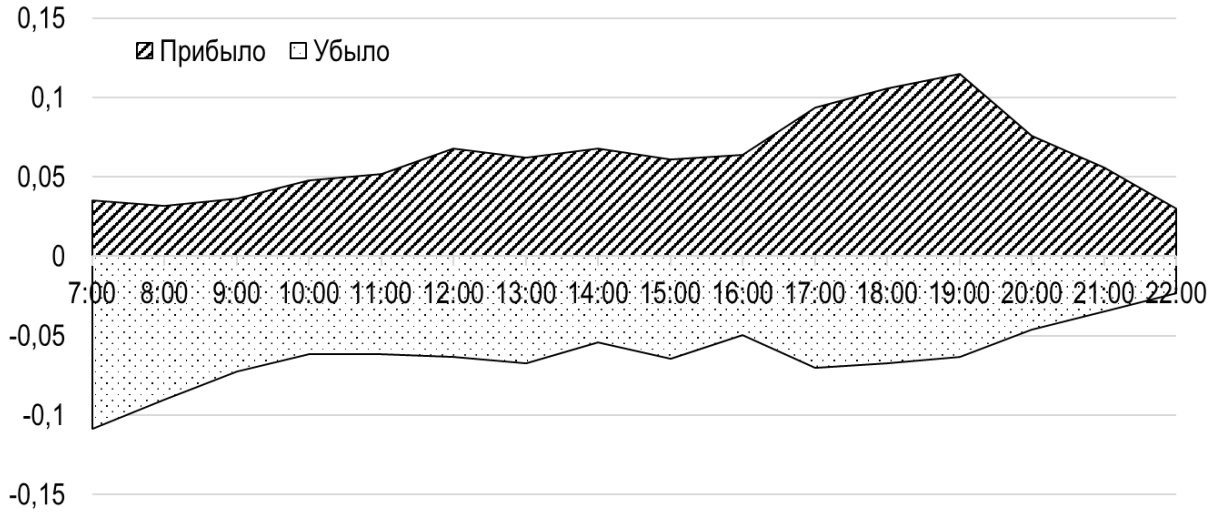


Рис. 2.8 – Зависимость коэффициента суточной неравномерности прилегающей территории по часам суток

Коэффициент суточного максимума по прибытию приходится на вечерние часы пик близко к 19:00 часам. А максимальное убытие соответствует 7:00. Минимальная активность приходится на период с 9:00 до 11:00 часов.

Доля жителей, использующих АТИП. Этот показатель является весьма сложным с точки зрения поиска факторов, способных объяснить его значение, поэтому наиболее явные факторы, по нашему мнению, являются такие как удалённость от магистральных улиц, по которым курсирует

общественный транспорт, стоимость проезда в общественном транспорте, косвенно может влиять уровень автомобилизации, поло-возрастная структура, например, среди людей пожилого возраста меньше водителей, и наоборот, почти вся молодёжь, включая, девушек стремятся получить водительское удостоверение. Кроме этого, материальное благосостояние, также в значительной степени может повлиять на выбор способа передвижения. В данном разделе важно установить зависимость доли жильцов использующих АТИП от общеизвестных данных, в противном случае, придётся использовать среднестатистические данные натурного эксперимента.

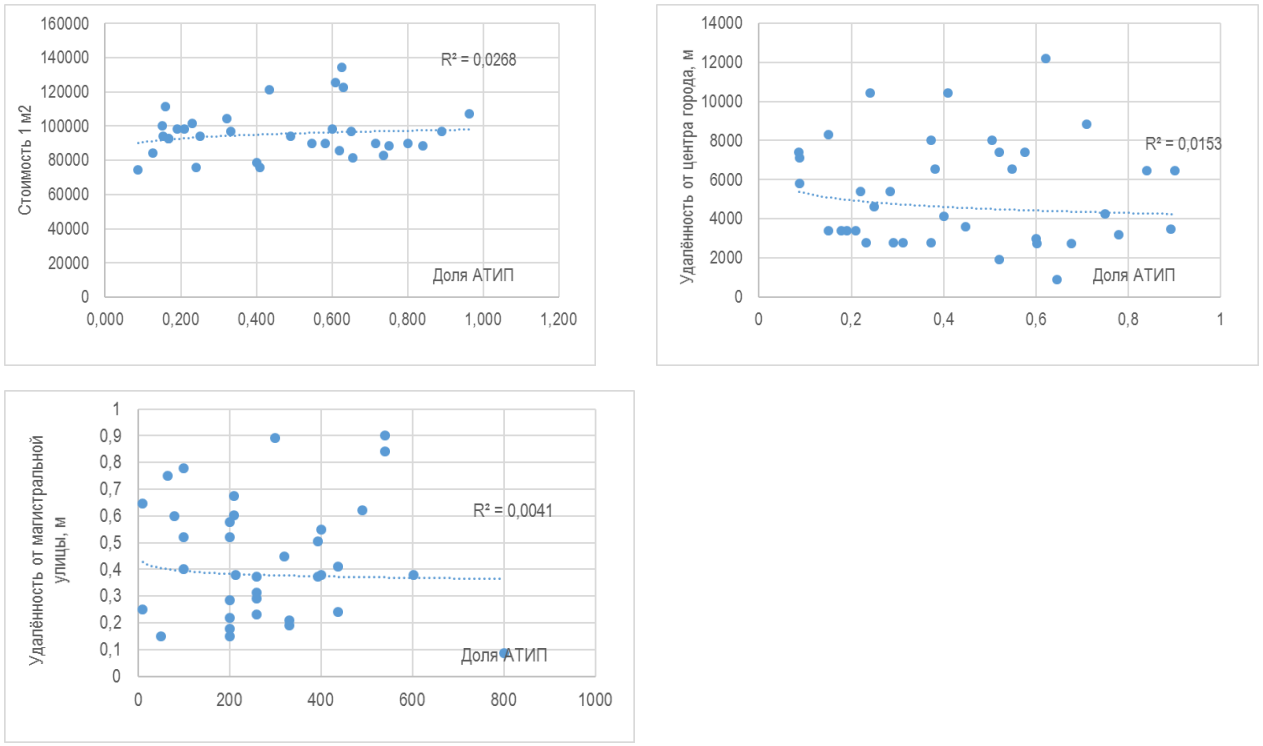


Рис. 2.9 – Зависимость доли АТИП от: стоимости одного квадратного метра; удалённости от центра города; удаленности от магистральной улицы

Как видно из представленных зависимостей обуславливающую взаимосвязь между долей АТИП, тяготеющих к прилегающей территории и общедоступными факторами установить не удалось, следовательно, необходимо пользоваться статистическими данными натурного эксперимента

с соответствующими ограничениями (размах, среднее, медиана и др.), которые подробно разобраны и приведены в главе 4.

Среднее наполнение АТИП. Данный показатель характеризует производительность автомобильного транспорта, и несмотря на вместимость подавляющего большинства АТИП от 4 до 7 мест, средняя наполняемость редко превышает 1,7 – 1,9 человека на одно ТС. С точки зрения математического вклада этого показателя в оценку интенсивности АТИП, тяготеющих к МЖЗ следует выделить следующий вклад – среднее наполнение АТИП является характеристикой, позволяющей осуществить перерасчёт транспортного спроса на АТИП, выраженного в корреспонденциях в интенсивность АТИП. Совершенно очевидно, что чем большее значение этого параметра будет реализовано на практике, тем меньшая интенсивность АТИП будет наблюдаться и, соответственно, наоборот. Кроме этого, следует отметить, что среднее наполнение может зависеть от многих факторов, в частности, от материального достатка домохозяйства, от того на сколько совпадают маршруты членов одного домохозяйства по времени и направлению, развитости и удобств общественного транспорта, в т.ч. метрополитена, удобства использования АТИП и др. К сожалению, в данном исследовании нет возможности установить зависимость между средним наполнением АТИП и общедоступными факторами, которые, скорее всего, завуалированы в социальных процессах нашего общества, поэтому необходимо пользоваться статистическими данными натурного эксперимента с соответствующими ограничениями.

2.4 Математическое описание потребности в парковочном пространстве в прилегающей территории

Потребность в парковочном пространстве определяется по нормативным документам:

- «Жилые зоны» СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений (с Изменениями № 1, 2);
- Диссертация Зедгенизов (представлены скорректированные зависимости)

В перечисленных источниках потребность в паркировании указывается в качестве нормативного числа мест по отношению к площади центра массового тяготения. В качестве исключений могут рассматриваться койко-места для медицинских стационаров или число офисных работников (мест). Второй источник более скуп на параметры оценки потребного числа мест для паркирования. И предлагает для жилья средней этажности 0,36 парко места на каждые 100 м^2. Жилье средней этажности, особенно в крупных городах имеет, как правило, схожую планировку (панельные «хрущёвки, «девятиэтажки» и т.п.). Высокоэтажное жильё в таких городах стали строить несколько позже, начиная с 2000-эх годов и то в качестве исключений и экспериментов, массовым это явление стало с 2010-эх годов. Соответственно, планировка, доля квартир, имеющих менее 40 м^2 площади и другие параметры, влияющие на плотность размещения домохозяйств в жилье высокой этажности будет другой. Таким образом, необходимо учесть и скорректировать имеющиеся нормативные данные.

Учитывая, прежде всего, данные о продолжительности паркирования, полученные в ходе натурных экспериментов, можно предложить математическую зависимость, позволяющую проводить расчет потребной площади. В состав такой зависимости должны войти данные о суточной генерации корреспонденций, доле посетителей на ИТ, наполнения ИТ, коэффициенты суточной неравномерности [15;19]. Учитывая перечисленные факторы, имеем:

$$S_{\text{п}} = \frac{S_{\text{м}} \cdot G \cdot S \cdot d_{\text{ит}} \cdot k_{\text{сн}} \cdot t_p}{e_{\text{ит}} \cdot 60}, \qquad (2.4)$$

где $S_м$ – площадь одного машиноместа с учётом проездов, м^2; G – удельная генерация корреспонденций, чел/м^2; $d_{\text{ит}}$ – доля посетителей на ИТ; $k_{\text{сн}}$ –

коэффициент суточной неравномерности (как правило, для часа с максимальной загрузкой); $e_{\text{ит}}$ – среднее наполнение АТИП, чел.; t_p – средняя продолжительность паркирования АТИП, мин; 60 – переводной коэффициент из минут в часы; S – площадь прилегающей территории, м^2.

Таким образом, предложенная математическая модель (2.3) на основе изысканий [45] позволяет, непосредственно, получить потребную площадь для паркирования, что и требуется для принятия градостроительно-транспортных решений.

2.5 Математическое описание критериев эффективности транспортного обеспечения использующих АТИП

Эффективность транспортного обеспечения прилегающей территории, использующих АТИП можно оценить в двух основных направлениях, первое связано с задержками, возникающими на УДС, прежде всего, на пересечениях, запитывающих прилегающую территорию. Важно понимать, что рассматриваемые задержки возникают вследствие исчерпания пропускной способности запитывающих пересечений или отдельных направлений на таких пересечениях. Второе направление связано с возможностью кратковременного хранения (паркирования) АТИП в непосредственной близости от прилегающей территории.

Эффективность транспортного обеспечения на элементах УДС, в том числе и на пересечениях, оценивается в соответствии с нормативным законодательством – руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог [72]. В соответствии с предлагаемым документом качество транспортного обеспечения можно оценивать на основании уровня обслуживания (LOS), базирующегося, как правило, на коэффициенте загрузки движения или на задержках АТИП, вызванных проездом рассматриваемых участков. При выборе критерия эффективности, важно отметить, что оценка задержек, например, на нерегулируемых пересечениях,

требуется специальная процедура, методика, учитывающая пропускную способность этих участков. Справедливости ради, нужно отметить, что и коэффициент загрузки требует расчёта пропускной способности выбранных подходов и(или) отдельных направлений на пересечении:

$$z = N/P, \tag{2.5}$$

где N – интенсивность движения АТИП, авт/ч; P – фактическая пропускная способность, авт/ч. Важно отметить, что при приближении значения коэффициента загрузки к 70-100 % задержки увеличиваются более чем в 3-5 раз. Таким образом, математическое описание эффективности транспортного обеспечения прилегающей территории сводиться, с одной стороны, к определению Интенсивности АТИП, рассматриваемого объекта и существующего транзитного потока ТС, которые в совокупности составляют числитель выражения 2.5 т.е. $N=N_{АТИП}+N_m$. Знаменатель этого выражения, т.е. пропускную способность запитывающего пересечения рассчитывается стандартным способ, приведённым в [72]:

$$P_{\text{п}} = N_{\text{гл}}\left(\text{A}\frac{e^{-\beta q_1 \cdot \gamma \cdot \Delta t_{\text{гр}}}}{1-e^{-\beta_1 \cdot \gamma \cdot \delta t}} + B\frac{e^{-\beta q_2 \cdot \gamma \cdot \Delta t_{\text{гр}}}}{1-e^{-\beta_2 \cdot \gamma \cdot \delta t}} + C\frac{e^{-\beta q_3 \cdot \gamma \cdot \Delta t_{\text{гр}}}}{1-e^{-\beta_3 \cdot \gamma \cdot \delta t}}\right), \tag{2.6}$$

где $N_{\text{гл}}$ – интенсивность движения на главной дороге, авт/ч; $\gamma = N_{\text{гл}}/3600$; A – коэффициент, характеризующий свободно движущиеся автомобили; B – коэффициент, характеризующий частично связанную часть потока автомобилей; C – коэффициент, характеризующий связанную часть потока автомобилей; $\text{A} = \epsilon_{\text{м}} - \epsilon_{\text{п}}$ – для участков подъемов; $\epsilon_{\text{м}}$ – коэффициент, учитывающий количество медленно движущихся автомобилей в потоке; $\epsilon_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий крутизну уклона и длину подъема; $\Delta t_{\text{гр}}$ – граничный интервал, принимаемый водителем; δt – интервал между выходами автомобилей из очереди на второстепенной дороге, с; $\beta_{q_1}, \beta_{q_2}, \beta_{q_3}$ – коэффициенты, характеризующие плотность потока автомобилей; A + B + C = 1.

Справедливости ради, следует учесть, что пропускную способность нерегулируемого пересечения можно выполнить на основе методики [103]:

$$G_i = \frac{3600}{t_f} e^{-\frac{q_p}{3600}\left(t_g - \frac{t_f}{2}\right)}, \quad (2.7)$$

где G_i – базовая пропускная способность второстепенного потока i, авт/ч; q_p – интенсивность приоритетного направления первого ранга, конфликтующего с рассматриваемым, авт/ч; t_g – средний граничный интервал, с; t_f – средний интервал следования, с.

В современном мегаполисе, где автомобили заполонили улицы, каждый дополнительный участник движения словно сжимает пространство между машинами. Граничный интервал – тот самый безопасный промежуток между транспортными потоками – неумолимо сокращается по мере роста числа машин на дорогах.

Чтобы понять, как ведут себя автомобили в условиях свободного пересечения дорог, специалисты проводят полевые исследования. Именно на нерегулируемых перекрестках можно наблюдать, как водители самостоятельно определяют этот критически важный временной зазор.

В контексте исследования транспортных потоков и их взаимодействия на нерегулируемых перекрестках, особое внимание следует уделить анализу пропускной способности периферийных транспортных артерий (потоков третьего ранга).

Ключевым параметром в данной системе является обеспечение беспрепятственной проходимости для магистрального потока (второго ранга), что достигается посредством детального изучения вероятностных характеристик пересечения транспортных траекторий.

Математическое моделирование данной ситуации демонстрирует, что эффективность функционирования всей транспортной системы напрямую зависит от способности периферийного потока корректно интегрироваться в общий транспортный процесс без создания зон локального затора.

Таким образом, комплексный анализ вероятностных характеристик пересечения транспортных потоков позволяет создать оптимальные условия

для обеспечения комфортного и безопасного движения всех участников дорожного движения в рамках существующей инфраструктуры.

$$p = 1 - \frac{N}{c}, \tag{2.8}$$

где p – вероятность беспрепятственного движения потоков 2-го и 3-го рангов; N – интенсивность движения рассматриваемого потока, ед/ч; c – пропускная способность рассматриваемого потока, авт/ч.

Пропускная способность потока 3-го ранга определяется, исходя из формулы:

$$c_3 = \prod_{i=1}^{n} p_{02i} G_3, \tag{2.9}$$

где G_3 – базовая пропускная способность потока 3-го ранга, ед/ч;

Пропускная способность потока 4-го ранга определяется, исходя из формулы:

$$c_4 = \prod_{i=1}^{n} p_{02i} \prod_{j=1}^{m} p_{03j} G_4, \tag{2.10}$$

где $\prod_{i=1}^{n} p_{02i} \prod_{j=1}^{m} p_{03j}$ – произведение вероятностей беспрепятственного движения всех потоков 2-го и 3-го ранга, которым уступает рассматриваемый поток 4-го ранга.

Формулы по оценке пропускной способности регулируемых пересечений:

- пропускная способность группы полос:

$$P_{ij} = \frac{S_{ij} \cdot G_i}{C}, \tag{2.11}$$

где P_{ij} – пропускная способность группы полос j в течение фазы регулирования i, прив. ед/ч; S_{ij} – поток насыщения группы полос j в течение фазы регулирования i, прив. ед/ч; G_i – эффективная длительность фазы регулирования i, с; C – длительность цикла регулирования, с.

- поток насыщения:

$$S = S_0 \cdot n \cdot f_{ш} \cdot f_{у} \cdot f_{п} \cdot f_{а} \cdot f_{т} \cdot f_{н} \cdot f_{ш} \cdot f_{лп} \cdot f_{Лпеш} \cdot f_{Ппеш}, \qquad (2.12)$$

где S_o – идеальный поток насыщения, прив. авт/ч; n – количество полос движения в составе группы; $f_{ш}$– коэффициент, учитывающий ширину полосы движения; $f_{у}$ – коэффициент, учитывающий продольные уклоны; $f_{п}$ – коэффициент, учитывающий наличие уличных стоянок; $f_{а}$ – коэффициент, учитывающий помехи , создаваемые останавливающимися на остановках автобусами; $f_{т}$ – коэффициент, учитывающий тип территории; $f_{н}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки полос движения; $f_{ш}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими налево транспортными средствами в составе группы полос; $f_{лп}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими направо транспортными средствами в составе группы полос; $f_{Лпеш}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте налево; $f_{Ппеш}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте направо.

- длительность цикла регулирования:

$$C = \frac{(1{,}5L+5)}{(1-\sum_{i=1}^{n} y_i)} \quad , \qquad (2.13)$$

где L – продолжительность потерянного времени в цикле, с; $\sum_{i=1}^{n} y_i$ – сумма фазовых коэффициентов; n – число фаз.

- фазовый коэффициент:

$$y_i = \max(\frac{N_{ij}}{S_{ij}}), \qquad (2.14)$$

где N_{ij} – интенсивность движения на группе полос j в течение фазы регулирования i; S_{ij} – поток насыщения группы полос j в течение фазы регулирования i.

- эффективная длительность фазы регулирования:

$$G_i = \frac{y_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i} \cdot \sum_{i=1}^{n} G_i \quad , \qquad (2.15)$$

где $\sum_{i=1}^{n} G_i$ – суммарная эффективная длительность зеленых сигналов в цикле.

$$\sum_{i=1}^{n} G_i = \mathrm{C} - L \quad . \qquad (2.16)$$

В диссертационном исследовании имеется полный инструментарий, позволяющий оценить коэффициент загрузки и, соответственно, LOS, запитывающего пересечения с учётом прогнозного объёма строительства прилегающей территории.

2.6 Выводы по главе

1. Процесс развития городов сопровождается ростом времени, затрачиваемого на передвижение людей на ограниченном пространстве городской среды. На передвижение по трудовым нуждам в крупнейших городах человек тратит примерно 45 минут. Данные нормы прописаны в нормативных документах.
2. На сегодняшний день происходит уплотнение и увеличение этажности жилой застройки. В крупных городах России средняя этажность – 12,6 этажа.
3. «Рост» жилых домов провоцирует рост нагрузки на УДС, а также на объекты инфраструктуры, расположенные на прилегающей территории.
4. Жилые объекты, как и любые другие объекты массового тяготения, имеют свою классификацию. Классификация жилых объектов, как в Российской, так и в зарубежной практике, насчитывает порядка 15 типов жилья.
5. Проведя исследование факторов, влияющих на интенсивность транспортных потоков, и необходимую парковочную площадь, были выявлены зависимости интенсивности АТИП от площади прилегающей территории с учётом этажности, от доли корреспонденций, совершаемых на АТИП, от удаленности от центра города. Зависимость интенсивности АТИП от удаленности от магистральной улицы отсутствует.
6. Оценивая необходимость парковочных площадей жилых многоэтажных объектов, можем сделать вывод, что наиболее важными факторами

являются площадь объекта, средняя доля АТИП, средняя продолжительность паркирования.

7. На сегодняшний день необходимые парковочные места определяются СП 2016 Градостроительство планировка и застройка сельских поселений. Корректировка зависимостей, учитывая нынешнюю ситуацию, представлена в диссертационной работе Зедгенизова А.В., однако, не для всех типов центров массового тяготения, в частности, отсутствует для многоэтажной жилой застройки.
8. Разработана математическая зависимость, с помощью которой рассчитывается необходимая площадь парковки. Данная математическая зависимость учитывает такие факторы как продолжительность паркирования, удельная генерация, доля посетителей на индивидуальном транспорте, наполнение АТИП.

ГЛАВА 3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью множества исследований, посвященных проблеме удовлетворения потребностей населения городов в передвижениях, является повышение эффективности транспортного обеспечения. Изучение перемещений людей базируется на следующих вопросах: куда осуществляется перемещение, зачем осуществляется и сколько времени занимает. В условиях современной урбанизации наблюдается трансформация паттернов пространственной мобильности населения, характеризующаяся усложнением структуры и динамики перемещений. Городская мобильность представляет собой комплексную систему, интегрирующую в себе как сервисную составляющую, направленную на удовлетворение потребностей горожан в перемещении, так и управленческий компонент, обеспечивающий координацию потоков населения, материальных и информационных ресурсов в рамках городской логистической инфраструктуры.

Методология исследования паттернов пространственной мобильности и анализ транспортного спроса к центрам агломерационного притяжения позволяют сформировать репрезентативную базу данных для разработки мультимодальных транспортных моделей. Полученные результаты являются фундаментальной основой для обоснования целесообразности инвестиционных вложений в перспективные инфраструктурные проекты, направленных на оптимизацию городской среды и повышение качества жизни населения.

Системный подход к изучению мобильности населения позволяет выявить ключевые закономерности и тенденции в организации городских перемещений, что, в свою очередь, способствует формированию эффективных управленческих решений в сфере городского планирования и развития транспортной инфраструктуры [77].

Таким образом, современная городская мобильность представляет собой многокомпонентную систему, требующую комплексного научного подхода к исследованию и управлению, что обуславливает необходимость дальнейшего развития методологической базы и совершенствования инструментария анализа пространственных перемещений населения.

Своевременное и качественное удовлетворение спроса в перевозках должно базироваться на точных оценках истоков возникновения такой потребности и стоков, в которые, соответственно, тяготеют корреспонденции. Однако, для получения такой информации особенно с учётом текущей конъектуры, может быть слишком трудоёмким и затратным, что в значительной степени может снижать точность прогнозов при планировании перевозочного процесса, и, следовательно, снижать его качество при той же транспортной работе. Особенно остро проблема стоит в тех районах города, где осуществляется точечная застройка, которая, вне всякого сомнения, вносит значительные, а в некоторых случаях и кардинальные изменения потребностях на перевозку. Ситуация усложняется выбором способа передвижения жильцов, который преимущественно зависит от удалённости от магистральных улиц, на которых, как правило, сосредотачиваются маршруты городского пассажирского транспорта (ГПТ). Учитывая, что современный город представляет собой непрерывно развивающуюся урбанизированную территорию, то оценка влияния жилых территорий на формирование транспортных потоков является важной научной и практической задачей.

3.1 Методика проведения натурных обследований

Исследование транспортного спроса к центрам тяготения необходимо для установления основных количественных характеристик их функционирования. При исследовании центров массового тяготения наиболее важными характеристиками являются интенсивность въезда и

выезда индивидуального транспорта, структура потока и наполнение транспортных средств, объем и продолжительность паркирования, интенсивность пешеходного потока [45]. Все перечисленные выше характеристики можно получить посредством проведения натурных обследований.

Выбирая объекты обследований необходимо учесть, обязательные факторы, такие как: срок эксплуатации объекта не должен быть менее 3 лет, исследуемый объект должен быть освоен не меньше чем на 85%. У объекта должен отсутствовать аварийный режим. Также не должны проходить транзитные потоки на прилегающей территории объекта. Транзитные потоки значительно затрудняют исследователям проведение эксперимента, так как въезд и выезд на территорию объекта не ограничивается одним сечением [29].

Также необходимо при выборе объекта обследования обращать внимание на наличие торговых объектов, располагающихся на первых этажах. Наличие торговых объектов в жилом доме существенно снижает точность исследований, поскольку имеет иной характер формирования транспортного спроса [18].

Учитывая, приведённые ограничения, были выбраны исследуемые объекты. Каждый интересующий нас объект и прилегающая к нему улично-дорожная сеть были изучены с помощью электронных карт, таких как Google Earth, Google Maps, Яндекс Карты, 2GIS. Карты доступны в четырёх вариантах: схемы, спутниковые снимки, спутниковые снимки с надписями и условными обозначениями (гибрид). Все перечисленные выше сервисы находятся в свободном доступе и удобны в использовании. Для изучения необходимого объекта и прилегающей к нему территории необходимо задействование нескольких программных продуктов. К примеру, для определения площади здания, количества этажей, организаций, расположенных в здании или во дворе исследуемого объекта удобно и информативно воспользоваться программным продуктом 2GIS (рисунок 3.1).

Схема, составленная при помощи 2GIS, позволяет нам выявить места оптимального размещения постов учета транспортных средств и посетителей.

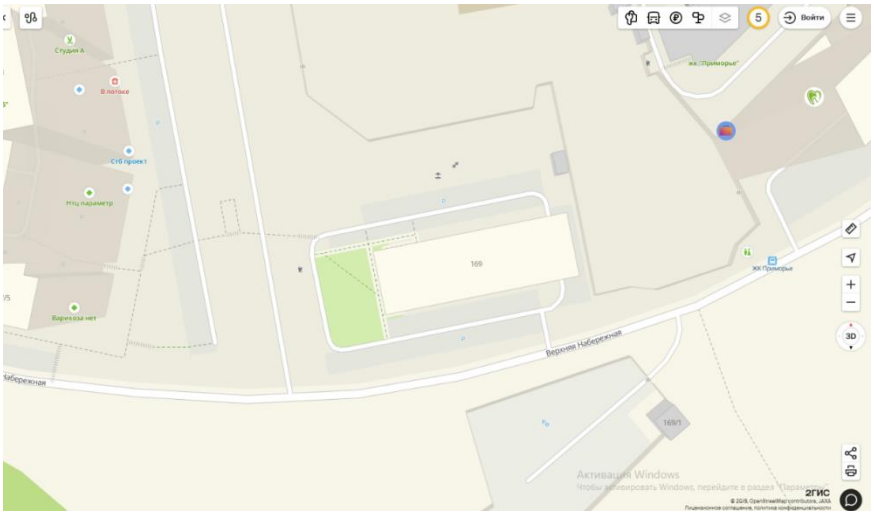


Рисунок 3.1 – Схема исследуемого объекта и прилегающей территории

В рамках проведения комплексного мониторинга транспортных и пешеходных потоков на исследуемой территории представляется целесообразным оптимизировать дислокацию наблюдательных постов с целью обеспечения максимальной репрезентативности получаемых данных.

Приоритетным направлением наблюдения является идентификация автотранспортных средств, осуществляющих маневрирование на дворовой территории. В частности, требуется осуществление систематического учета регистрационных знаков транспортных средств при их въезде и выезде, а также проведение визуальной оценки пассажироемкости салона каждого транспортного средства.

Параллельно осуществляется мониторинг пешеходного трафика, включающий регистрацию всех посетителей объекта независимо от способа их прибытия на территорию (использование индивидуального или общественного транспорта).

В контексте оптимизации процесса наблюдения особое значение приобретает выбор стратегических точек размещения наблюдательных постов, обеспечивающих возможность синхронной фиксации как транспортных, так и пешеходных потоков. Подобная интеграция наблюдательных функций обусловлена значительной территориальной экспансией исследуемых объектов при ограниченном ресурсном обеспечении в части количества задействованных наблюдателей и измерительного оборудования. Также к идеальным условиям следует стремиться при выборе дней проведения эксперимента – исключить выходные дни и летний период. Необходимо учитывать и погодные условия, такие как температура воздуха, скорость ветра и выпадение осадков.

Эксперимент возможно проводить как с помощью только учетчиков, так и используя технику для фиксации транспортных и пешеходных потоков. Эксперимент протекает с 7 до 22 часов, считается что именно в этот временной промежуток реализуется более 95 % всех истоковых и стоковых корреспонденций [22]. Натурное обследование проводится в течении 15 часов, исходя из того, что учетчик может качественно выполнять свои функции в течении 3 часов, то на один пост исследуемого объекта необходимо 5 учетчиков. С каждым учетчиком, находящийся на посту, заранее был проведен инструктаж, в котором были обозначены цели и задачи обследования, проведен инструктаж по технике безопасности, также разъяснены способы заполнения форм учета. Очень важным критерием проведения исследований является непрерывность учета. Если непрерывность процесса сбора данных нарушена, то собранные данные для дальнейшей обработки не используются. В соответствии с регламентированным временным протоколом, каждый специалист-наблюдатель осуществляет прибытие на контрольно-измерительный пункт в установленное графиком время. Предварительно каждый исследователь получает детальный методический план, включающий топографическую

схему исследуемой территории с нанесенной системой условных обозначений.

На представленной топографической карте графически визуализированы следующие элементы:

- демаркационные линии въездов и выездов на/с анализируемой территории;
- локальные зоны входа и выхода посетителей объекта;
- периметральные границы парковочных зон;
- координатные точки размещения наблюдательных постов.

В дополнение к топографической схеме предоставляется стандартизированный образец документации для регистрации полученных данных, включающий унифицированные формы фиксации показателей как транспортных, так и пешеходных потоков.



Рисунок 3.2 – План проведения эксперимента по адресу ул. Верхняя Набережная 169 г. Иркутск

Фиксируются все входящие и выходящие (пост №1 рис. 3.2) в рассматриваемый жилой объект, и въезжающие и выезжающие автомобили

(пост № 2 рис. 3.2). Важно отметить, что прилегающая территория жилого дома имеет всего один въезд и выезд, что позволит существенно снизить трудоёмкость эксперимента.

Зафиксированные данные транспорта и пешеходов заносятся в таблицу. В ней фиксируются номер въезжающего/выезжающего транспортного средства, наполнение транспортного средства (таблица 3.1). Все данные натурного обследования заносятся в единую таблицу Microsoft Excel.

Таблица 3.1

Пример исходных данных натурного эксперимента

Пост № 2				
	Прибывающие		Убыв-е	
Время	Номер	Кол-во	Номер	Кол-во
7:00	а215	1	к450	1
	в312	2		
	к317	1		
7:10	к148	2	р445	2
	н345	1	о515	3
			м323	
			н315	2
7:20	в452	1	о225	2
	н220	1	к135	
	м442	1	н148	1

Время	Пост № 1	
	Вход	Выход
7:00		
7:10		
7:20		

Система мониторинга транспортных потоков реализуется через специальную таблицу учета. В её основе лежит четкая структура данных, где ключевым элементом выступает временной интервал в 10 минут – это оптимальный период для последующей аналитической обработки информации.

Регистрационная часть включает несколько важных параметров. В первую очередь фиксируется идентификационный код транспортного средства – достаточно указать начальную букву в нижнем регистре и три

последующие цифры номерного знака. Это позволяет минимизировать объем данных при сохранении их уникальности [14;16].

Анализ пассажиропотока осуществляется путем подсчета количества людей в каждом автомобиле. При этом предусмотрены особые правила для транспортных средств с ограниченной видимостью салона (из-за тонировки или штор). В таких случаях данные не вносятся в таблицу, что исключает возможные искажения при дальнейшем статистическом анализе.

Двойной контроль обеспечивается за счет параллельного учета как въезжающих, так и выезжающих автомобилей, каждый из которых проходит через ту же систему регистрации.

Пешеходная статистика ведется в упрощенном формате с использованием трех основных параметров: временной интервал (также 10 минут), количество входящих и выходящих людей. Такая структура позволяет создать целостную картину перемещения потоков, как на транспорте, так и пешком [38].

Дальнейшая статистическая обработка ведётся с использованием пакетов прикладных программ, которые позволяют на основе исходных данных эксперимента получить целый перечень количественных характеристик.

3.2 Обработка результатов

Обработка данных происходит с помощью программы Microsoft Excel и программы, разработанной в ИРНИТУ, «Parkovka». Данная программа позволяет автоматически определять время нахождения автомобиля на парковке.

В программе Microsoft Excel создан «Шаблон генерации», состоящий из 6 листов: «Исходная», «Транспорт», «Пешеходы», «Коэффициенты суточного максимума», «Интенсивности» и «Выводы». Формулы, занесенные в вышеперечисленные листы связаны между собой, расчете

выполняются автоматически при занесении исходных (собранных) данных. Также автоматически происходит построение графиков.

Первая вкладка, в которую заносятся собранные данные «Исходная». В данную вкладку вносятся все транспортные средства, которые зафиксировали учетчики, их государственные номера приводятся к единому формату. Далее суммируются въезжающие и выезжающие автомобили, также производится расчет среднего наполнения автомобилей.

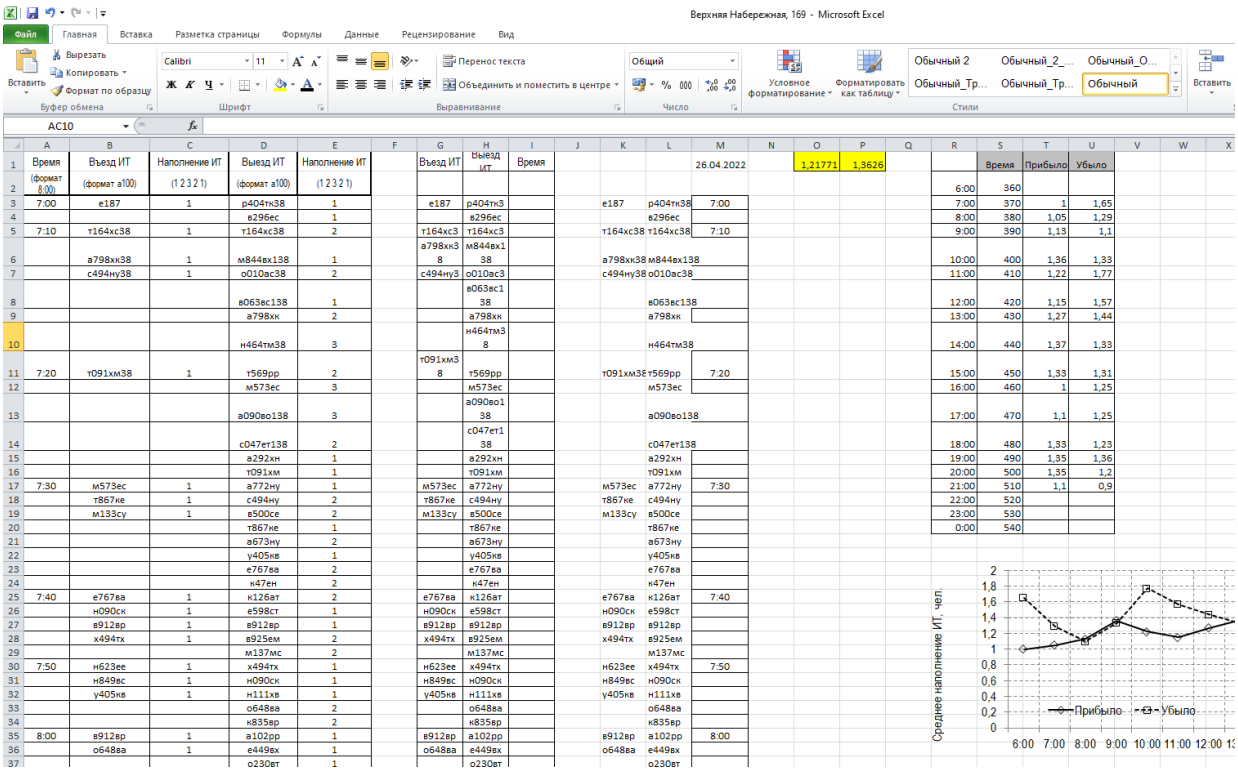


Рисунок 3.3 – Пример обработки данных в программе Microsoft Excel

В рамках инструментария аналитической платформы «Шаблон генерации» особое внимание заслуживает модуль «Транспорт», специализирующийся на комплексной обработке данных парковочного пространства. Данный модуль реализует алгоритм вычисления средней продолжительности пребывания автотранспортных средств на парковочных территориях.

Следует отметить ограниченные возможности стандартной реализации подобных вычислений в рамках табличного процессора Microsoft Excel, где отсутствует функционал для проведения итерационного сопоставления регистрационных идентификаторов транспортных средств и автоматического фиксирования временных интервалов въезда-выезда на исследуемую территорию.

Умная программа под названием «Parkovka» создана специально для эффективного управления парковочными зонами города. Реализованна данная программа на базе системы управления базами данных Microsoft Access (автор разработки - А.Г. Левашев).

Архитектура приложения предусматривает модульную структуру, включающую: компонент последовательного ввода исходных данных, механизм настройки временных параметров исследования, модуль формирования выходных аналитических материалов.

Визуальная реализация пользовательского интерфейса программы «Parkovka» представлена на графическом материале 3.4, демонстрирующем эргономичность и функциональную направленность разработанного программного продукта.

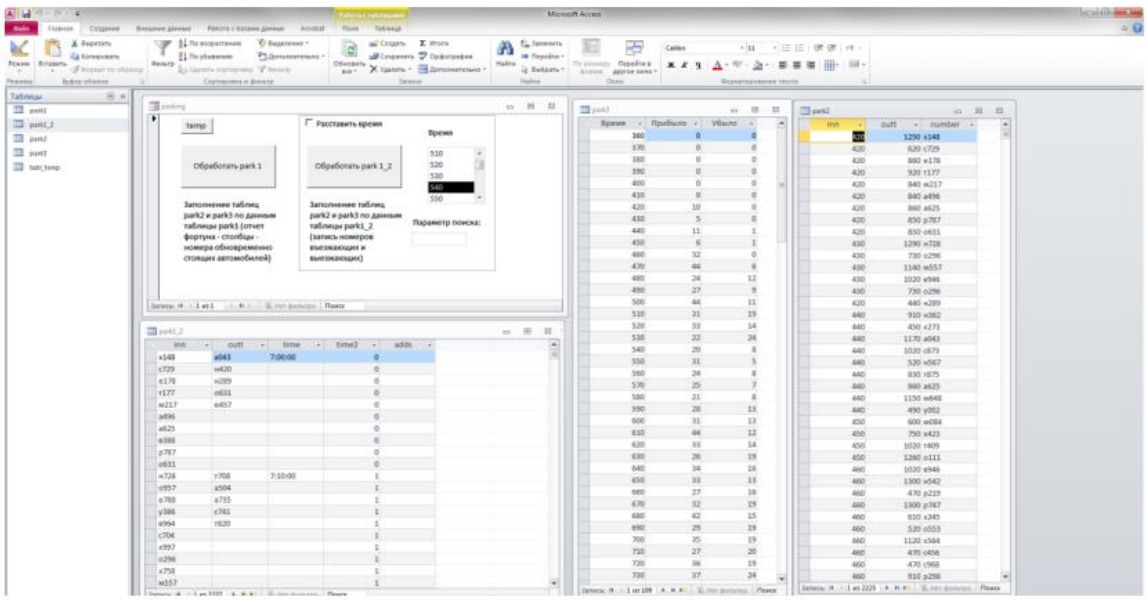
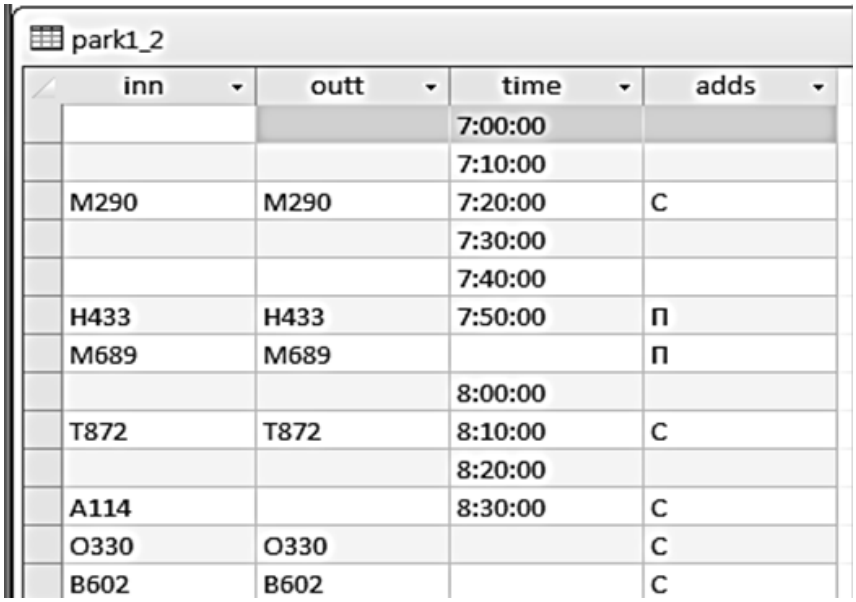


Рисунок 3.4 – Внешний вид интерфейса программы «Parkovka»

Существенным методологическим преимуществом разработанного подхода является возможность количественной оценки погрешности экспериментальных данных, что позволяет осуществлять обоснованный отбор информации для включения в совокупный статистический массив [38].

Визуализация процедуры обработки данных демонстрируется на графическом материале, представленном в приложении (рис. 3.5). Алгоритм обработки полученных результатов предусматривает предварительную настройку временных параметров и конфигурирование поисковых критериев (рис. 3.6). После инициализации процесса посредством активации кнопки «обработать парк 1_2» система генерирует итоговый отчет с результатами аналитической обработки данных.



park1_2

inn	outt	time	adds
		7:00:00	
		7:10:00	
M290	M290	7:20:00	C
		7:30:00	
		7:40:00	
H433	H433	7:50:00	П
M689	M689		П
		8:00:00	
T872	T872	8:10:00	C
		8:20:00	
A114		8:30:00	C
O330	O330		C
B602	B602		C

Рисунок 3.5 – Пример внесения исходных данных в таблицу «Parkovka»

В рамках функционирования программного обеспечения «Parkovka» осуществляется структурированное хранение временных параметров движения автотранспортных средств. Временные характеристики фиксируются посредством записи в специализированные поля базы данных: в колонну Inn регистрируется момент въезда транспортного средства на территорию объекта, в колонку out протоколируется время его выезда.

Дополнительно в поле adds осуществляется кодификация объектов посредством присвоения им унифицированных идентификаторов.

Анализ визуализированных данных, представленных на графическом материале (рис. 3.7), позволяет констатировать корректность регистрации хронометрических показателей въезда и выезда транспортных средств, а также верифицировать количественные параметры автотранспортного потока, включая число прибывших и убывших единиц транспорта.

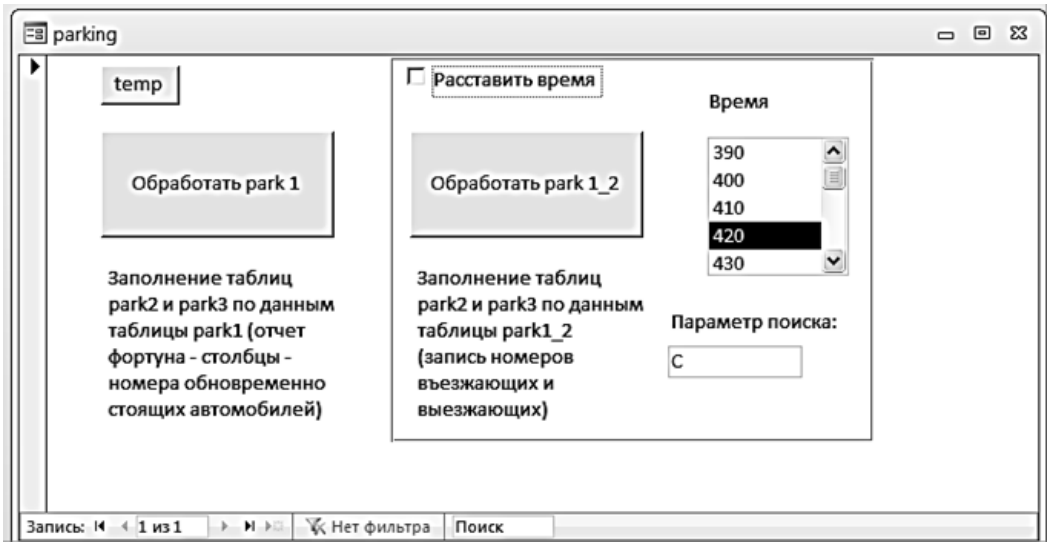


Рисунок 3.6 – Процесс обработки данных в программе «Parkovka»

park3

Время	Прибыло	Убыло
420	0	0
430	0	0
440	1	0
450	0	1
460	0	0
470	0	0
480	0	0
490	1	0
500	0	1
510	3	0
520	2	2
530	3	1
540	5	3
550	2	5
560	3	1
570	2	3
580	4	1
590	4	1
600	3	3
610	2	3

park2

inn	outt	number
440	450	M290
490	500	T872
510	550	A114
510	520	O330
510	520	B602
520	530	B299
520	540	T017
530	540	У008
530	680	У748
530	540	M571
540	550	P719
540	550	T017
540	550	A529
540	550	O486
550	1120	E038
550	560	H455
560	570	P916
560	570	A872
560	570	B851
570	580	A981

Рисунок 3.7 – Результаты после обработки данных в программе «Parkovka»

Полученные результаты заносятся во вкладку «Транспорт» программе Microsoft Excel. По внесенным данным приложение автоматически строит диаграммы процентного распределения прибывших/убывших автомобилей по часам суток (рисунок 3.8).

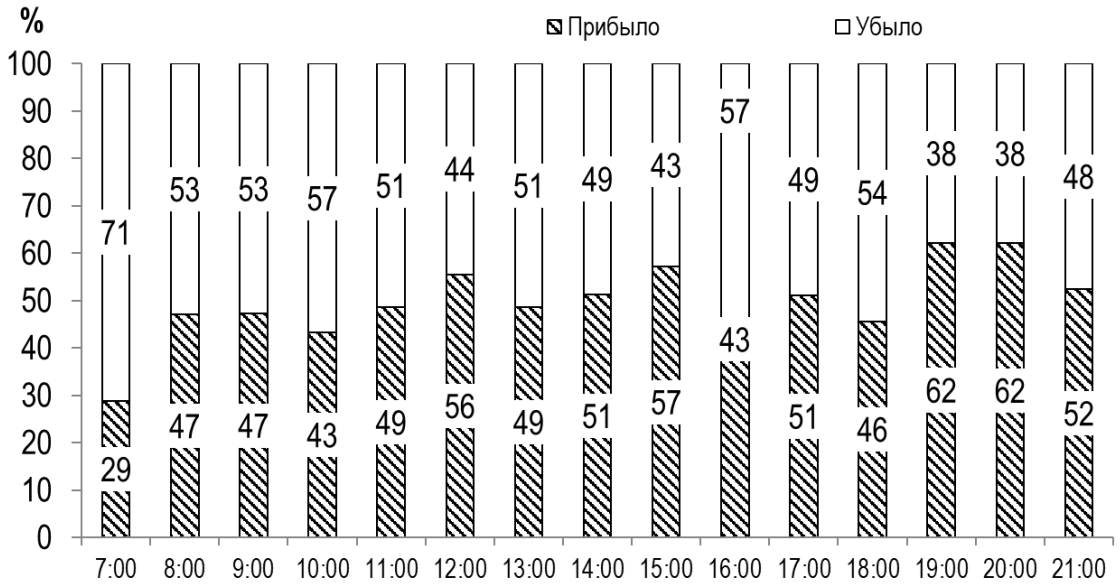


Рисунок 3.8 – Распределение транспортных средств по часам суток

В процессе проведения экспериментальных исследований для определения количественных характеристик функционирования центров массового тяготения (ЦМТ) необходимо учитывать фундаментальную взаимосвязь всех измеряемых параметров. Системный анализ полученных в ходе эксперимента данных демонстрирует, что отдельные показатели образуют целостную взаимозависимую структуру.

В частности, при оценке транспортной доступности ЦМТ наблюдается следующая корреляция: интенсивность транспортного потока на индивидуальном транспорте является функцией двух переменных – количества автотранспортных средств и среднего коэффициента заполнения салона. Аналогичным образом, интенсивность корреспонденции определяется через комплексный показатель, учитывающий общее количество посетителей и площадь исследуемого центра массового тяготения.

В связи с выявленной взаимосвязью параметров особую актуальность приобретает разработка интегрированной информационной системы, обеспечивающей: стандартизированный ввод данных натурного эксперимента, автоматизированную обработку полученных результатов, вычисление производных показателей функционирования ЦМТ, формирование целостной картины взаимодействия всех исследуемых параметров.

Создание подобной электронной среды позволит обеспечить корректность и достоверность получаемых результатов, а также существенно повысить эффективность аналитической обработки экспериментальных данных [38].

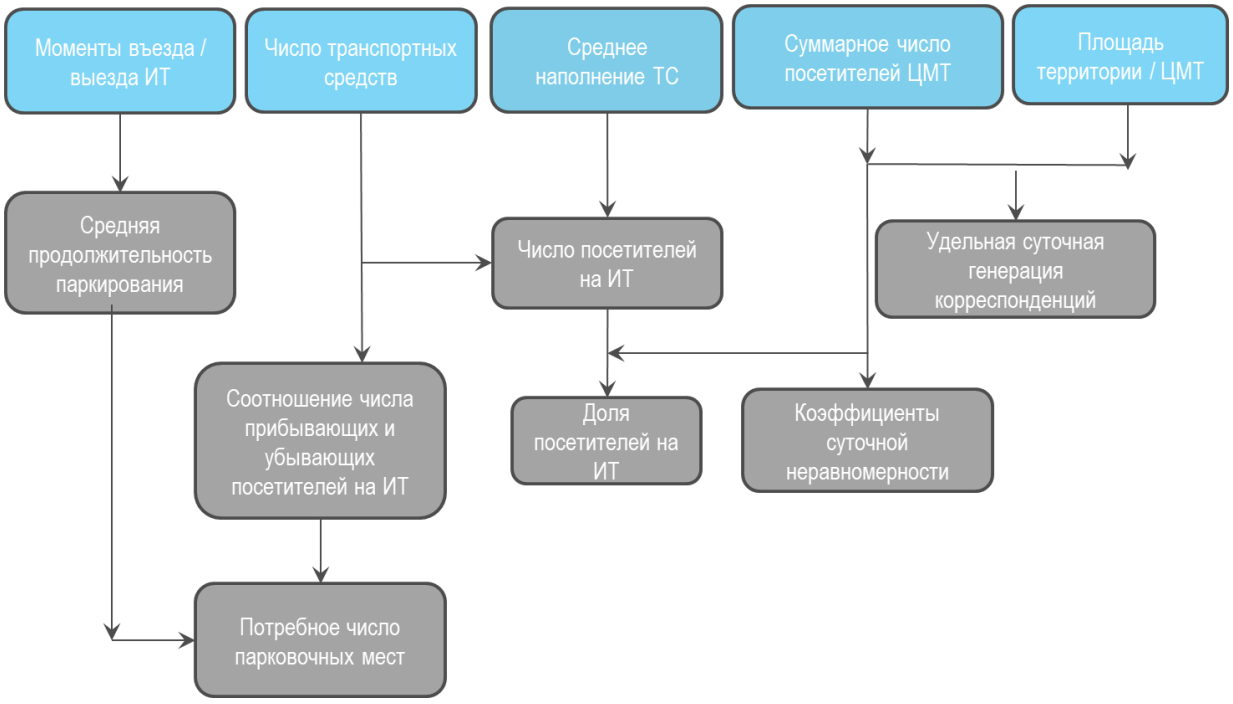


Рисунок 3.9 – Связь параметров натурных исследований

Комплексный анализ функционирования центрального мультимодального транспортного узла (ЦМТ) базируется на обширном массиве данных, представленных в графической форме (рис. 3.9).

Информационно-аналитическая система мониторинга пассажиропотоков реализована в специализированном модуле Microsoft

Excel, где отдельный рабочий лист «Пешеходы» содержит структурированные данные о потоках посетителей объекта.

Статистический массив включает временные параметры перемещения индивидов через контрольные точки мониторинга, что позволяет осуществлять временной анализ и статистическую обработку полученных данных. На основе количественных показателей формируется система диаграмм, отражающих динамику распределения пешеходного трафика в суточном временном интервале.

Методология исследования предполагает последовательную обработку входных и выходных потоков с последующим построением графиков, демонстрирующих интенсивность движения пешеходов в различные временные периоды.

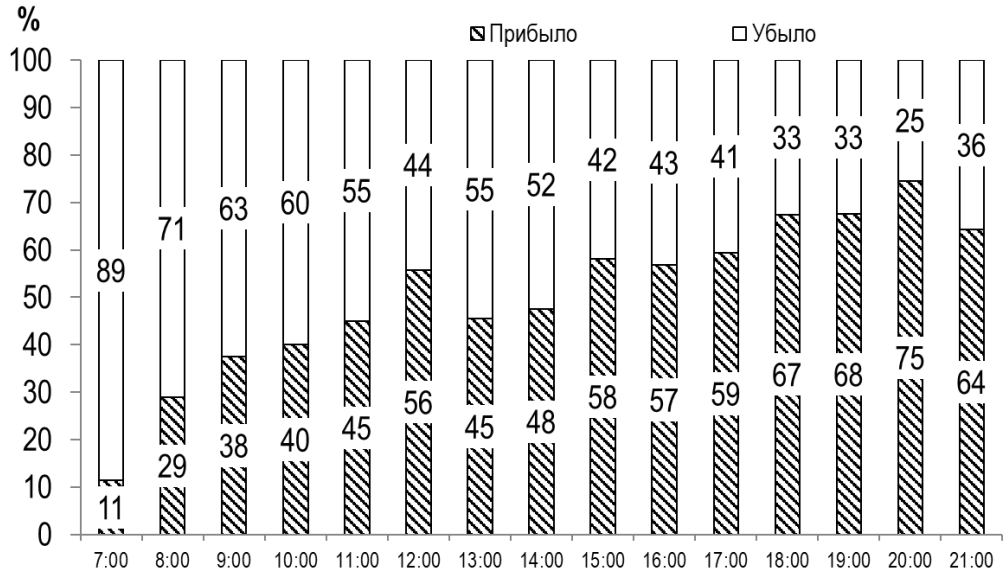


Рисунок 3.10 – Общая динамика числа прибывающих и убывающих посетителей жилого дома

В рамках проведения исследовательских работ в программном модуле «КСН» был осуществлен комплексный анализ временных характеристик транспортных потоков. В ходе эксперимента выполнялся расчет коэффициентов суточной неравномерности распределения транспортных средств как по прибытию, так и по убытию.

Методология исследования предусматривала параллельное определение трех основных статистических характеристик: максимального, среднего и минимального значений показателя неравномерности для каждого часового интервала. На основании полученных эмпирических данных была построена графическая интерпретация зависимости коэффициента суточной неравномерности от временного периода суток. Результаты визуализации представлены на диаграмме (рисунок 3.11).

Полученные данные позволяют провести детальный анализ временных закономерностей распределения транспортных потоков и выявить характерные особенности их суточной динамики. Следующая расчетная вкладка приложения - «Интенсивность». В ней производится расчет интенсивности прибывающих и убывающих посетителей. Нас интересуют посетители, прибывшие и на индивидуальном транспорте, и на общественном. По итоговым данным строится график зависимости интенсивности транспортных средств от времени суток (рисунок 3.12).

Обработав все данные, полученные экспериментальным путем, в приложении Microsoft Excel «Шаблон генерации», переносим их в базу данных, содержащую результаты обработки всех проведенных нами экспериментов (рисунок 3.13).

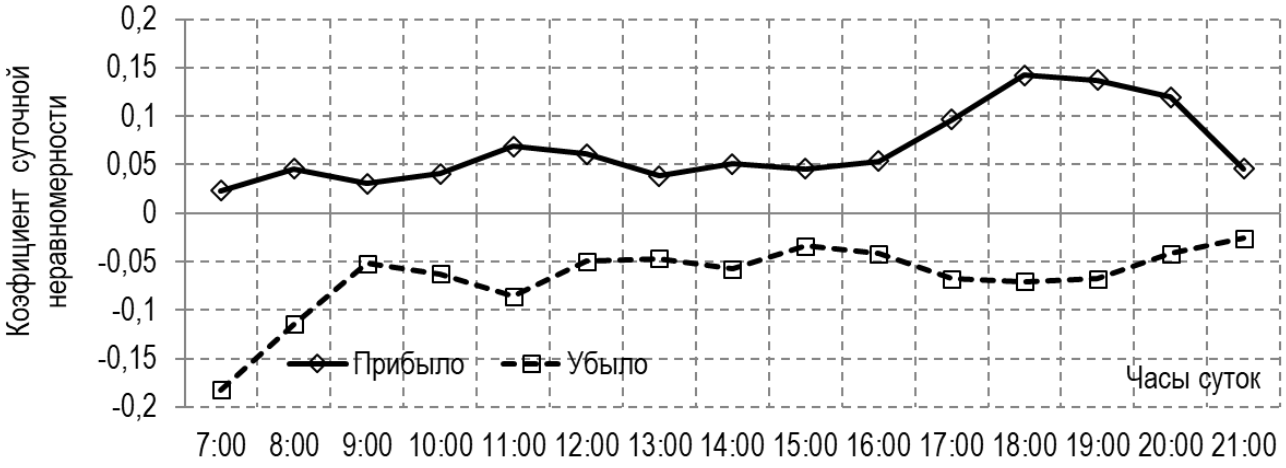


Рисунок 3.11 – Зависимость коэффициента суточной неравномерности от времени суток

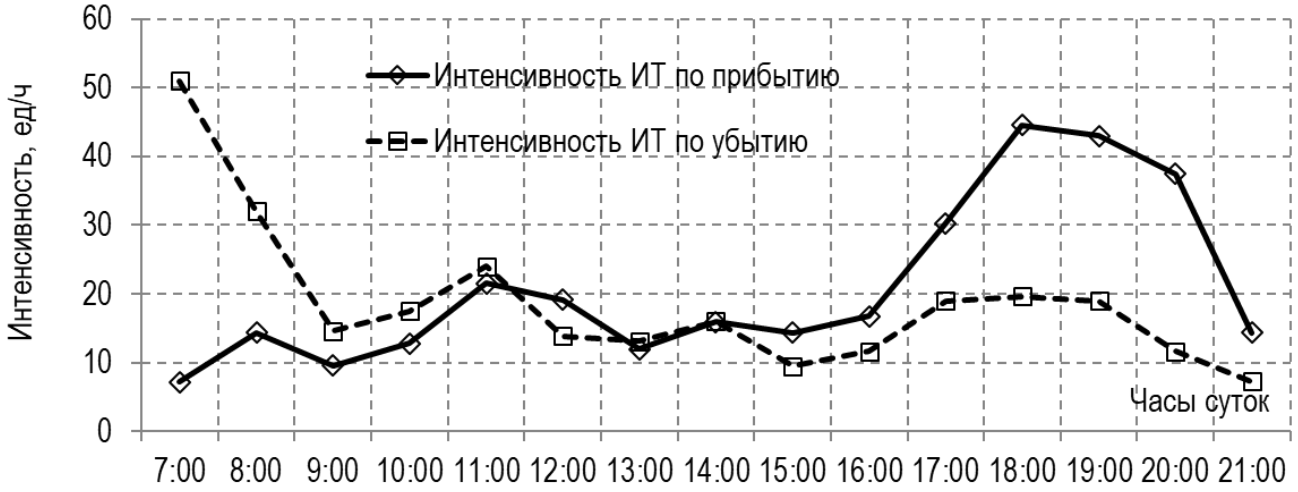


Рисунок 3.12 – Зависимость интенсивности транспортных средств от времени суток

База данных включает в себя порядка 40 исследований.

Код использования территории	Код использования территории	Наименование типа использования территории	Название объекта	Тип корреспонденций	Время замера	День недели	Месяц года	год	Число корреспонденций, корр/сутки	Число корреспонденций, корр/час	Площадь объекта, м2	Средняя продолжительность паркирования, мин	Средняя продолжительность паркирования выброс	Доля работников / выбросов	Удаленность от магистральной улицы	Расстояние объекта от центра города, м	Доля ИТ	Доля ИТ средняя	Уд. генерация корр., чел/м2	Численность города, тыс. чел.	КСН, по прибытию	КСМ, по прибытию	КСН, по убытию	Наполнение ИТ по прибытию, чел
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	7:00	6	9	2011	920	27	18715	159		1	394	8000	0,229		0,049158	600000	0,0289256		0,03631	1,66
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	8:00	6	9	2011	920	31	18715	159		1	394	8000	0,465		0,049158	600000	0,0340909		0,053974	1,18
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	9:00	6	9	2011	920	34	18715	159		1	394	8000	0,432		0,049158	600000	0,0371901		0,066732	1
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	10:00	6	9	2011	920	52	18715	159		1	394	8000	0,304		0,049158	600000	0,0568182		0,087341	1
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	11:00	6	9	2011	920	70	18715	159		1	394	8000	0,180	0,373	0,049158	600000	0,0764463	0,1188017	0,088322	1,23
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	12:00	6	9	2011	920	46	18715	159		1	394	8000	0,637		0,049158	600000	0,0495868		0,047105	1,61
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	13:00	6	9	2011	920	90	18715	159		1	394	8000	0,341		0,049158	600000	0,0981405		0,09421	1,41
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	14:00	6	9	2011	920	60	18715	159		1	394	8000	0,432		0,049158	600000	0,0650826		0,062807	1,7
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	15:00	6	9	2011	920	68	18715	159		1	394	8000	0,413		0,049158	600000	0,0743802		0,065751	1,75
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	16:00	6	9	2011	920	102	18715	159		1	394	8000	0,236		0,049158	600000	0,1105372		0,077527	2,53
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	17:00	6	9	2011	920	76	18715	159		1	394	8000	0,637		0,049158	600000	0,0826446		0,070658	2,038
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	18:00	6	9	2011	920	79	18715	159		1	394	8000	0,258		0,049158	600000	0,0857438		0,101079	1,95
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	19:00	6	9	2011	920	109	18715	159		1	394	8000	0,407		0,049158	600000	0,1188017		0,07949	1,87
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	20:00	6	9	2011	920	68	18715	159		1	394	8000	0,246		0,049158	600000	0,0743802		0,059863	1,61
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	21:00	6	9	2011	920	7	18715	159		1	394	8000			0,049158	600000	0,0072314		0,008832	1,67
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	7:00	4	9	2011	933	38	18715	12	252	0,22	394	8000	0,689		0,049866	600000	0,0406147		0,175457	1,48
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	8:00	4	9	2011	933	58	18715	12	252	0,22	394	8000	1,000		0,049866	600000	0,0625686		0,11733	1,86
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	9:00	4	9	2011	933	32	18715	12	252	0,22	394	8000	0,622		0,049866	600000	0,0340285		0,100108	1,43
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	10:00	4	9	2011	933	44	18715	12	252	0,22	394	8000	0,464		0,049866	600000	0,0472009		0,094726	1,32
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	11:00	4	9	2011	933	37	18715	12	252	0,22	394	8000	0,546	0,504	0,049866	600000	0,039517	0,1251372	0,074273	1,35
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	12:00	4	9	2011	933	43	18715	12	252	0,22	394	8000	0,179		0,049866	600000	0,0461032		0,062433	1,4
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	13:00	4	9	2011	933	79	18715	12	252	0,22	394	8000	0,368		0,049866	600000	0,0845225		0,058127	1,47
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	14:00	4	9	2011	933	51	18715	12	252	0,22	394	8000	1,000		0,049866	600000	0,0548847		0,040904	1,53
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	15:00	4	9	2011	933	56	18715	12	252	0,22	394	8000	0,369		0,049866	600000	0,0603732		0,036598	1,33
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	16:00	4	9	2011	933	83	18715	12	252	0,22	394	8000	0,314		0,049866	600000	0,0889133		0,051668	1,38
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	17:00	4	9	2011	933	88	18715	12	252	0,22	394	8000	0,243		0,049866	600000	0,0944018		0,044133	1,35
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	18:00	4	9	2011	933	99	18715	12	252	0,22	394	8000	0,348		0,049866	600000	0,1064764		0,057051	1,77
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	19:00	4	9	2011	933	117	18715	12	252	0,22	394	8000	0,416		0,049866	600000	0,1251372		0,050592	1,93
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	жилейный_группа домов (66,67	т	20:00	4	9	2011	933	108	18715	12	252	0,22	394	8000			0,049866	600000	0,115258		0,036598	2,28
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	Зеленый берег	т	7:00	2	5	2013	4759	201	151564	62	411	0,13	1260	8830			0,031397	600000	0,0422022		0,118553	1,2
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	Зеленый берег	т	8:00	2	5	2013	4759	313	151564	62	411	0,13	1260	8830	0,55		0,031397	600000	0,0658387		0,113189	1
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	Зеленый берег	т	9:00	2	5	2013	4759	216	151564	62	411	0,13	1260	8830	0,54		0,031397	600000	0,0454065		0,065705	1,28
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	Зеленый берег	т	10:00	2	5	2013	4759	339	151564	62	411	0,13	1260	8830	0,69		0,031397	600000	0,0711682		0,073803	1,6
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	Зеленый берег	т	11:00	2	5	2013	4759	318	151564	62	411	0,13	1260	8830	0,74	0,71	0,031397	600000	0,0668922	0,0968205	0,052862	1,66
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	Зеленый берег	т	12:00	2	5	2013	4759	228	151564	62	411	0,13	1260	8830	0,71		0,031397	600000	0,0480166		0,034375	1,66
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	Зеленый берег	т	13:00	2	5	2013	4759	461	151564	62	411	0,13	1260	8830	0,75		0,031397	600000	0,0968205		0,078409	1,4
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	Зеленый берег	т	14:00	2	5	2013	4759	342	151564	62	411	0,13	1260	8830	0,74		0,031397	600000	0,0719009		0,064525	1,16
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	Зеленый берег	т	15:00	2	5	2013	4759	309	151564	62	411	0,13	1260	8830	0,80		0,031397	600000	0,064869		0,054475	1
1	12	Жилые средней этажности (до 10 этажей)	Зеленый берег	т	16:00	2	5	2013	4759	314	151564	62	411	0,13	1260	8830	0,66		0,031397	600000	0,0659553		0,057444	1,83

Рисунок 3.13 – База данных

В рамках представленной структуры данных представляется возможным осуществлять выборку релевантных метрических параметров с последующей их классификацией по заданным критериям и выполнением комплексного статистического анализа полученных данных.

Реализация данного методологического подхода позволяет проводить многоаспектную обработку информационных массивов, включая идентификацию целевых показателей, их систематизацию в соответствии с установленными категориями и выполнение количественной оценки посредством применения статистических методов исследования.

3.3 Регрессионный анализ

Для моделирования и прогнозирования пиковой интенсивности транспортного потока, который будет загружать улично-дорожную сеть, прилегающую к исследуемому объекту, необходимо выявить количественные характеристики функционирования жилого дома [45].

Установление зависимостей между интенсивностью движения и площадью жилого объекта или между площадью и потребным количеством мест для паркирования и т.д. происходит посредством регрессионного анализа. Регрессионный анализ — это статистический метод, позволяющий выявлять соотношения между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными. В результате применения этого анализа исследователь получает так называемую регрессионную модель, которую можно интерпретировать и использовать для получения прогнозных значений зависимой переменной [58].

Регрессионная модель в общем виде записывается так:

$$y_i=F(\alpha;x_{i1};x_{i2};...x_{im})+\varepsilon_i, \quad i=\overline{1,n} \tag{3.1}$$

где F (x_{i1}; x_{i2};...x_{im})– некоторая вещественная аппроксимирующая функция;

ε_i, $i=\overline{1,n}$– ошибки аппроксимации;

α – вектор неизвестных параметров модели;

y_i, $i = \overline{1,n}$ - значения зависимой (объясняемой, выходной) переменной;

x_{ij}, $i = \overline{1,n}$; $j = \overline{1,n}$ - значения независимой (объясняющей, входной) переменной;

n - количество наблюдений;

m - количество независимых переменных.

Выбор подходящей математической модели зависит от распределения значений переменных *X* и *Y* на диаграмме разброса. Различные виды зависимости переменных показаны на рисунке 3.14.

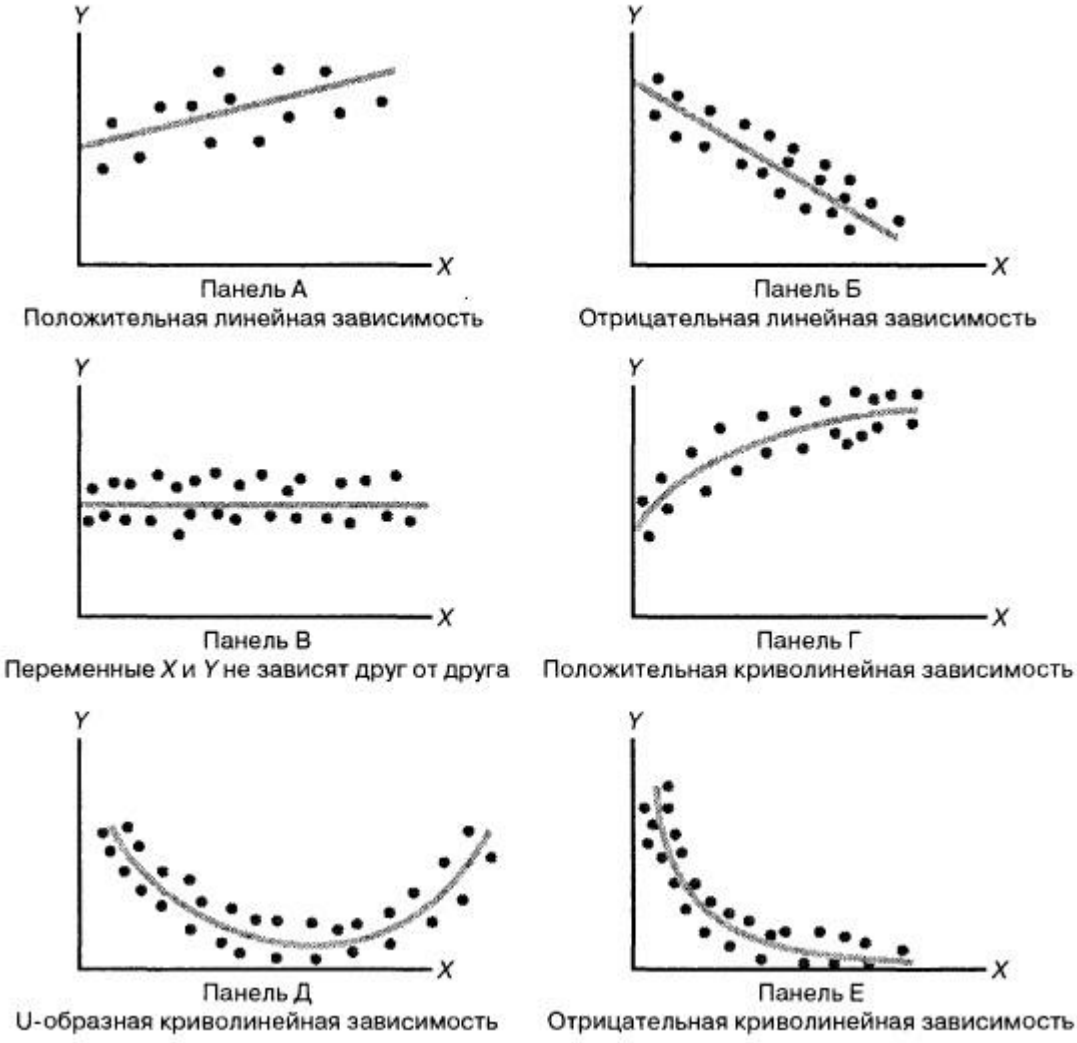


Рисунок 3.14 – Диаграммы разброса, иллюстрирующие разные виды зависимостей

В ходе анализа представленных графических материалов были выявлены различные типы функциональных зависимостей между исследуемыми переменными X и Y.

На диаграмме А наблюдается практически линейная положительная корреляция между переменными, характеризующаяся монотонным возрастанием значений Y при увеличении X. Данный паттерн аналогичен зависимости, представленной на рисунке 1, где демонстрируется прямая связь между торговой площадью объекта (в квадратных футах) и годовым товарооборотом.

Диаграмма Б иллюстрирует обратную линейную корреляцию, где значения Y демонстрируют тенденцию к убыванию при возрастании X. Типичным примером такой зависимости служит взаимосвязь между ценой товара и объемом его реализации.

На диаграмме В зафиксирован случай слабой корреляционной связи между переменными, где значения Y демонстрируют значительный разброс при любом фиксированном значении X.

Диаграмма Г демонстрирует наличие криволинейной зависимости с насыщением, при которой темпы прироста Y замедляются после достижения определенного порогового значения X. Подобная динамика характерна для зависимости затрат на техническое обслуживание транспортных средств от их возраста.

Диаграмма Д представляет параболическую зависимость U-образного типа, где значения Y сначала убывают, достигая минимума, а затем возрастают при дальнейшем увеличении X. Данная закономерность наблюдается в динамике количества производственных ошибок в зависимости от продолжительности рабочей смены.

Диаграмма Е отражает экспоненциальный характер взаимосвязи между переменными, характеризующийся первоначально быстрым убыванием Y с последующим замедлением темпов снижения при возрастании X [62].

Регрессионный анализ в рамках данного исследования, описанный в главе 4, проводится с помощью программы Microsoft Excel.

3.4 Выводы по главе

В третьей главе диссертационного исследования сформулированы следующие выводы:

1. Необходимые данные об объектах исследования возможно получить, применяя электронный справочник 2GIS, картографический сервис Google Maps и поисково-информационную картографическую службу Яндекса - Яндекс-Карты.
2. Выявлены необходимые критерии для выбора объекта натурного исследования.
3. Проведенные натурные исследования необходимы для установления основных количественных характеристик. Выявлены наиболее важные характеристики, такие как интенсивность въезда и выезда индивидуального транспорта, структура потока и наполнение транспортных средств, объем и продолжительность паркирования, интенсивность пешеходного потока.
4. Обработка собранных в ходе натурного исследования данных производилась с помощью приложения Microsoft Excel «Шаблон генерации» и программы «Parkovka».
5. Методом регрессионного анализа, позволяющего на основе выборочных статистических данных определить существование и силу взаимосвязи интересующих нас факторов. Анализ осуществлялся с помощью программных продуктов «Statistica» и Microsoft Excel.

ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Приведённая актуальность, рассматриваемой научной задачи в соответствующем разделе и первой главе требует проведения не только натурных экспериментов с целью выявления количественных характеристик функционирования жилых объектов, но и статистического анализа собранных экспериментальных данных. Именно в процессе статистического анализа, уже с математической достоверностью можно говорить о результатах, полученных в виде эмпирических и функциональных зависимостях. Кроме этого, при статистической обработке подготовленных и сгруппированных данных натурного эксперимента важно все полученные данные выстроить в четкую логическую последовательность и определить очерёдность их использования с целью получить конечный результат. В данной работе конечный результат подразумевает вывод о соответствии критериев транспортной инфраструктуры многоэтажной застройки мощности и транспортным потребностям её жителей.

4.1 Результаты анализа экспериментальных данных количественных характеристик функционирования жилой многоэтажной застройки

Ключевой количественной характеристикой функционирования многоэтажной застройки является удельная генерация корреспонденций. Транспортная активность представляет собой количественный показатель, характеризующий интенсивность использования территории многоэтажной жилой застройки (МЖЗ) в транспортном отношении. Данный показатель определяется как отношение количества транспортных и пешеходных потоков к единице площади анализируемой территории.

Методика определения транспортной активности базируется на проведении комплексных натурных исследований в течение календарного суток. В ходе эксперимента осуществляется: количественный учет

посетителей и транспортных средств на исследуемой территории, геодезическая оценка общей площади анализируемого участка, корректировка данных с учетом этажности застройки.

Полученные результаты позволяют сформировать объективную картину транспортного использования территории и являются основой для дальнейшего анализа эффективности существующей транспортной инфраструктуры и планирования градостроительных решений.

Точность измерений обеспечивается комплексным подходом к сбору данных и их последующей статистической обработкой, что позволяет минимизировать погрешность исследования и получить репрезентативные результаты. Проведённые суточные натурные эксперименты, позволяют получить одномерный массив данных этой характеристики, расположенный по возрастанию: 0,0017; 0,0024; 0,007; 0,0173; 0,020; 0,0202; 0,025; 0,027; 0,0314; 0,033; 0,0331; 0,0344; 0,0348; 0,0378; 0,0386; 0,0389; 0,0403; 0,0425; 0,0428; 0,0431; 0,0441; 0,0444; 0,0455; 0,0458; 0,0475; 0,0484; 0,0490; 0,0491; 0,049; 0,0541; 0,0565; 0,0582; 0,0586; 0,0651; 0,0657; 0,0669; 0,0694; 0,0733.

Проверка гипотезы о принадлежности крайних значений к данной выборке осуществляется на основе критерия выпада [36] по формуле:

$$\mathrm{T} = \frac{\mathrm{x_к} - \mathrm{x_{ср}}}{\sigma} \geq \mathrm{T_т}\,, \qquad (4.1)$$

где T – экспериментальное значение критерия выпада; T_m – критическое значение критерия выпада; $x_{ср}$ – среднее арифметическое значение выборки с учетом крайних значений; $x_к$ – крайнее значение; σ – среднее квадратическое отклонение (стандартное). В случае, если расчётное значение превышает критическое (табл. 4.1), то гипотеза о принадлежности крайнего значения отвергается, и оно подлежит изъятию из выборки. Процедура повторяется до тех пор, пока все артефакты не будут извлечены из выборки. Следует отметить, что чем меньше таких артефактов в выборке, тем меньше разброс значений относительно среднего арифметического.

Таблица 4.1

Критическое значение критерия выпада

n	T_{st}
2	2,0
3-4	2,1
5-9	2,1
10-15	2,3
16-20	2,4
21-28	2,5
29-34	2,6
35-46	2,7
47-66	2,8
67-84	2,9
85-104	3,0
105-124	3,1
125-174	3,2
175-349	3,3
350-599	3,4
>600	3,5

Крайнее значение взято из приведённого вариационного ряда. Пример расчёта:

$$\mathrm{T} = \frac{0{,}04343 - 0{,}1301}{0{,}0225} = 3{,}85 \geq 2{,}7$$

Из приведённого расчёта видно, что расчётное значение критерия выпада превышает критическое, соответствующее объёму выборки (табл. 4.1) и, следовательно, крайнее значение 0,1301 подлежит изъятию из выборки. Далее расчёты повторяются аналогично и завершаются на второй итерации при следующих результатах:

Таблица 4.2

Статистические параметры удельной генерации корреспонденций, чел/м^2

Статистический параметр	Значение параметра
Среднеарифметическое	0,0434
Стандартное отклонение	0,017
Минимальное значение	0,0168
Максимальное значение	0,0733
Размах выборки	0,0716

Следующей не менее важной характеристикой, обеспечивающей восприятие функционирования прилегающей территории является продолжительность паркирования, которая лежит в основе понимания потребного числа мест для паркирования и, соответственно, необходимой для этого площади. В целом за период исследований был накоплен огромный массив данных составляющих более тысячи значений продолжительности паркирования и в рамках каждого натурного исследования была проведена первичная статистическая обработка, позволяющая определить основные статистические характеристики, прежде всего, среднеарифметического значения: 159, 12, 62, 129, 62, 258, 68, 289, 14, 136, 112, 188, 47, 246, 246, 20, 172, 161, 149, 105,175, 282, 282, 176, 171, 304, 183, 349, 185, 119, 177, 34, 72, 50, 474, 408. По выражению 4.1 имеем:

$$\mathrm{T} = \frac{168{,}8 - 474}{111{,}5} = 2{,}758 \geq 2{,}7$$

Из приведённого расчёта видно, что расчётное значение критерия выпада, хотя и незначительно, но всё же превышает критическое и, следовательно, крайнее значение 474 мин. подлежит изъятию из выборки. Далее расчёты повторяются аналогично и завершаются на второй итерации при расчётном значении критерия выпада 2,5 и следующих результатах (табл. 4.3):

Таблица 4.3

Статистические параметры средней продолжительности паркирования АТИП, мин

Статистический параметр	Значение параметра
Среднеарифметическое	160
Стандартное отклонение	99,9
Минимальное значение	62
Максимальное значение	408
Размах выборки	346

Значительный размах выборки указывает на разную культуру временного хранения автомобилей. В последнее время значительная часть охраняемых автомобильных стоянок, расположенных в непосредственной близости от прилегающей территории значительно сократилась в виду

уплотнения застройки. Вместе с этим, существенно снизились цены на автострахование «КАСКО», что позволяет автовладельцам в зависимости от таких факторов, как наличие достаточного числа мест для паркирования в местах проживания, наличия предложений в шаговой доступности на охраняемых платных стоянках, а также ряда других факторов, например, криминогенный обстановки принимать решение о способе кратковременного хранения АТИП. Например, низкая продолжительность паркирования в группе домов микрорайона «Юбилейный» обусловлена именно этими факторами, в том числе и с учётом того, что это периферийный район города. С другой стороны, продолжительность паркирования 200 и более минут, как правило, характерна для территорий новой застройки с достаточным количеством мест для паркирования.

Доля посетителей (жильцов) использующих АТИП. Эта характеристика является весьма важной не только с точки зрения выявления транспортного спроса, но и при установлении интенсивности АТИП, тяготеющих к рассматриваемой территории. Данная характеристика, также, как и средняя продолжительность паркирования имеет более 1000 зафиксированных экспериментальных значений, что при проведении статистической обработке требует усреднение этих данных по объектам исследования: 8,7; 15,0;15,0; 17,8; 19,0; 21,0; 21,9; 23,1; 24,0; 25,0; 28,5; 29,1; 31,3; 37,3; 37,3; 38,1; 40,0; 41,0; 44,7; 50,4; 52,0; 52,0;4 54,8; 55,9; 57,6; 60,0; 60,2; 62,1; 63,0; 63,1; 64,5; 67,6; 71,0; 75,0; 77,9; 84,0; 89,1; 90,0. По выражению 4.1 имеем:

$$\mathrm{T} = \frac{46{,}5 - 90}{22{,}5} = 1{,}9 \leq 2{,}7$$

Из приведённого расчёта видно, что расчётное значение критерия выпада не превышает критическое и, следовательно, крайнее значение 90 % не подлежит изъятию из выборки. Таким образом, расчёты завершаются на первой итерации при расчётном значении критерия выпада 1,9 и следующих результатах (табл. 4.4):

Таблица 4.4

Статистические параметры распределения доли жильцов и посетителей на АТИП, чел.

Статистический параметр	Значение параметра
Среднеарифметическое	46,5
Стандартное отклонение	22,5
Минимальное значение	20
Максимальное значение	89
Размах выборки	69

В последние десятилетия автомобиль перестаёт, а в ряде экономически развитых стран перестал быть роскошью. Его использование, как правило, ограничивается физической возможностью, здоровьем и наличием водительского удостоверения на право управления ТС. В остальном же, такие ключевые факторы, как удалённость объекта исследования от магистральной улицы или центра города, а также, стоимостные характеристики существенного влияния не оказывают.

В аспекте учёта доли посетителей использующих АТИП важной характеристикой является среднее наполнение АТИП, которое характеризует, с одной стороны, степень загрузки ИТИП, а с другой служит переводным коэффициентом, показывающим взаимосвязь между интенсивностью АТИП и транспортным спросом. Данная характеристика, также как две предыдущие имеет более 1000 зафиксированных экспериментальных значений, что при проведении статистической обработке требует усреднения этих данных по объектам исследования: 1,15; 1,22; 1,25; 1,25; 1,27; 1,31;1,32; 1,32; 1,34; 1,36; 1,37; 1,45; 1,46; 1,48; 1,56; 1,56; 1,56; 1,59; 1,61; 1,61; 1,67; 1,67; 1,68; 1,75; 1,77; 1,78; 1,80; 1,90; 1,98. По выражению 4.1 имеем:

$$\mathrm{T} = \frac{1{,}49 - 1{,}98}{0{,}2} = 2{,}5 \leq 2{,}7$$

Из приведённого расчёта видно, что расчётное значение критерия выпада не превышает критическое и, следовательно, крайнее значение 1,98 не подлежит изъятию из выборки. Таким образом, расчёты завершаются на первой

итерации при расчётном значении критерия выпада 2,5 и следующих результатах (табл. 4.5):

Таблица 4.5

Статистические параметры среднего наполнения АТИП, чел.

Статистический параметр	Значение параметра
Среднеарифметическое	1,49
Стандартное отклонение	0,194
Минимальное значение	1,15
Максимальное значение	1,97
Размах выборки	0,82

Следует отметить, что максимальная вместимость АТИП с учётом численности зарегистрированных АТИП в РФ составляет 4,25 чел/авт., его среднее значение 1,49. Из этого следует, что АТИП, как правило, используется одним водителем-собственником.

Учитывая, что коэффициенты суточной неравномерности не могут рассматриваться по разным часам суток, одного объекта, то их следует проверить на предмет выбросов в один час, но по разным объектам. В качестве единого часа следует выбрать час пик, однако и в этом случае возможна значительная ошибка, связанная со смещение пиковых периодов в зависимости от удалённости от центра города. Решением такой задачи является выявление коэффициента суточной неравномерности, являющегося максимальным в каждом из исследований. В транспортной терминологии такой коэффициент получил название коэффициента суточного максимума: 0,067; 0,083; 0,083; 0,093; 0,097; 0,098; 0,102; 0,102; 0,106; 0,107; 0,117; 0,119; 0,121; 0,122; 0,125; 0,125; 0,126; 0,136; 0,136; 0,141; 0,145; 0,148; 0,152; 0,155; 0,164; 0,16; 0,170; 0,174; 0,176; 0,176; 0,184; 0,191; 0,213; 0,222; 0,248; 0,282; 0,316. По выражению 4.1 имеем:

$$\mathrm{T} = \frac{0{,}148 - 0{,}316}{0{,}055} = 3{,}050 \geq 2{,}7$$

Из приведённого расчёта видно, что расчётное значение критерия выпада превышает критическое и, следовательно, крайнее значение 0,316 подлежит изъятию из выборки. Таким образом, расчёты повторяются и заканчиваются

на третьей итерации при расчётном значении критерия выпада 2,56 и следующих результатах (табл. 4.6):

Таблица 4.6

Статистические параметры коэффициента суточного максимума

Статистический параметр	Значение параметра
Среднеарифметическое	0,14
Стандартное отклонение	0,042
Минимальное значение	0,066
Максимальное значение	0,248
Размах выборки	0,182

Следует отметить, что артефакты, исключённые из рассматриваемой выборки, принадлежали не весьма типичной прилегающей территории, например, один из рассмотренных вариантов, принадлежал студенческому городку, режим работы которого, на 90-95 % зависит от текущего расписания занятий в университете.

Справедливости ради, стоит отметить, что коэффициенты суточной неравномерности в практическом аспекте могут быть востребованы не только на максимальный (пиковый) период, хотя при решении задач организации движения важны именно значения суточного максимума, например, при выявлении потребного числа мест для паркирования при комбинированном использовании парковочного пространства в вечерние и ночные часы будних дней, а также выходные и праздничные дни прилегающей территории, а в рабочие часы будних дней работниками организаций, расположенных шаговой доступности. Поэтому, аналогичным способом проводится статистическая обработка коэффициентов суточной неравномерности по часам суток, результаты сводятся в таблицу 4.7.

Таблица 4.7

Часы суток	Коэффициенты суточной неравномерности	
	По прибытию	По отправлению
7:00	0,0374	0,11
8:00	0,034	0,092
9:00	0,0382	0,074
10:00	0,05	0,063

продолжение таблицы 4.7

11:00	0,054	0,063
12:00	0,07	0,065
13:00	0,064	0,069
14:00	0,07	0,056
15:00	0,063	0,066
16:00	0,066	0,051
17:00	0,096	0,072
18:00	0,1078	0,069
19:00	0,117	0,065

На основании данных таблицы 4.7 строится график зависимости коэффициентов суточной неравномерности, который приведён во второй главе.

4.2 Результаты анализа типа теоретического распределения вероятности количественных характеристик функционирования жилой многоэтажной застройки

В практике статистической обработки данных существуют сотни теоретических распределений, позволяющих описывать процессы и явления нашего мира, однако, наиболее часто встречаются 15 распределений, например, нормальное, логарифмически нормальное, Пуассона и др. Распределения вероятности описывают то, как мы видим вероятность каждого события, что, зачастую, гораздо интереснее, чем знать только один, наиболее возможный, исход. Распределения могут принимать разные формы, но они всегда строго одного размера: сумма всех вероятностей в распределении равна единице. Кроме этого, для применения регрессионного анализа, одним из важнейших условий является наличие признаков нормальности распределения. Например, продолжительность паркирования подчиняется нормальному закону распределения о чём свидетельствует значение хи^2 Пирсона 0,89, не превышающее критическое значение 3,84 для рассматриваемого уровня значимости (рис. 4.2).

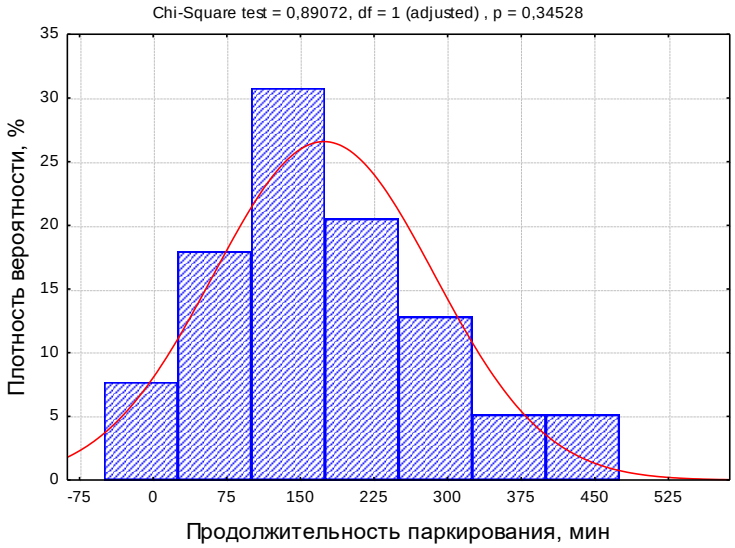


Рисунок 4.2 - Распределение плотности вероятности продолжительности паркирования

Наиболее высокая вероятность продолжительности паркирования сосредоточена в диапазоне от 100 до 180 минут, что соответствует вероятности порядка 32 % и среднему значению этой характеристике в 160 мин. Следующая характеристика – удельная генерация корреспонденций является наиболее значимой с точки зрения оценки транспортного спроса и, соответственно, объёма трафика, формирующегося на основе этого спроса. Результаты оценки распределения плотности вероятности представлены на рисунке 4.3.

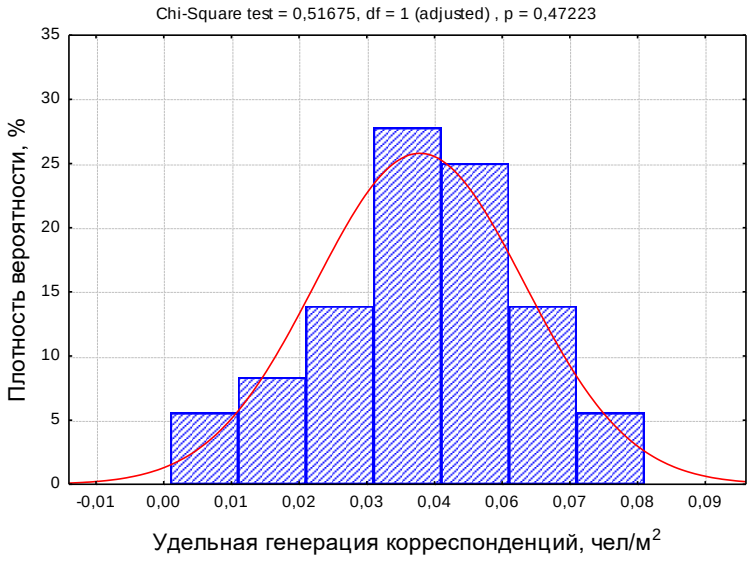


Рисунок 4.3 - Распределение плотности вероятности удельной генерации корреспонденций

Основываясь на значении хи^2 Пирсона 0,51, что не превышает критическое значение 3,84 для рассматриваемого уровня значимости распределения, можно констатировать, что, рассматриваемая характеристика распределена по нормальному закону с наибольшей вероятностью реализации в 28 % в диапазоне от 0,03 до 0,06 чел/м^2.

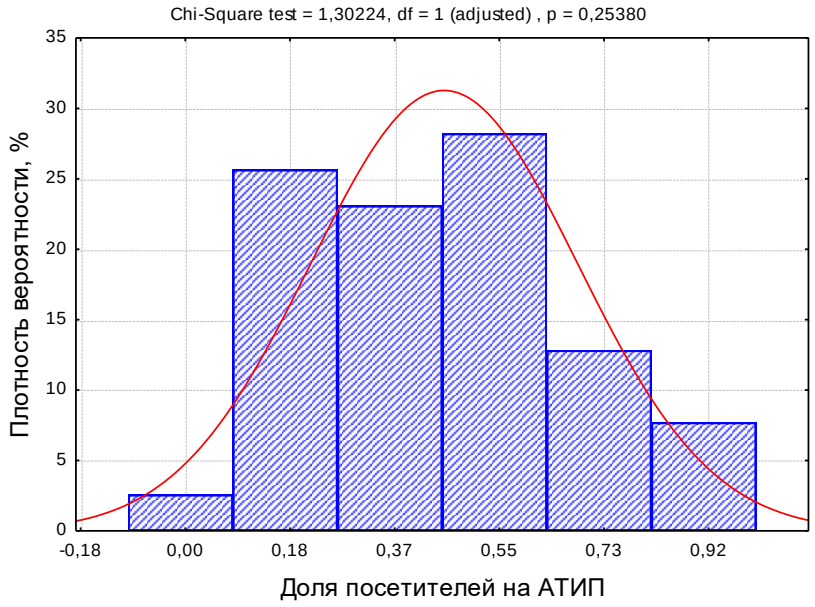


Рисунок 4.4 - Распределение плотности вероятности доли посетителей на АТИП

Основываясь на значении хи^2 Пирсона 1,3, что не превышает критическое значение 3,84 для рассматриваемого уровня значимости распределения, можно констатировать, что, рассматриваемая характеристика распределена по нормальному закону с наибольшей вероятностью реализации в 28 % в диапазоне от 0,18 до 0,6.

Не менее важной считается характеристика, отражающая взаимосвязью между общим количеством корреспонденций, тяготеющих к многоэтажной застройке и числом АТИП, фактически это и есть интенсивность ТС. Плотность вероятности распределения среднего наполнения представлена на рисунке 4.5.

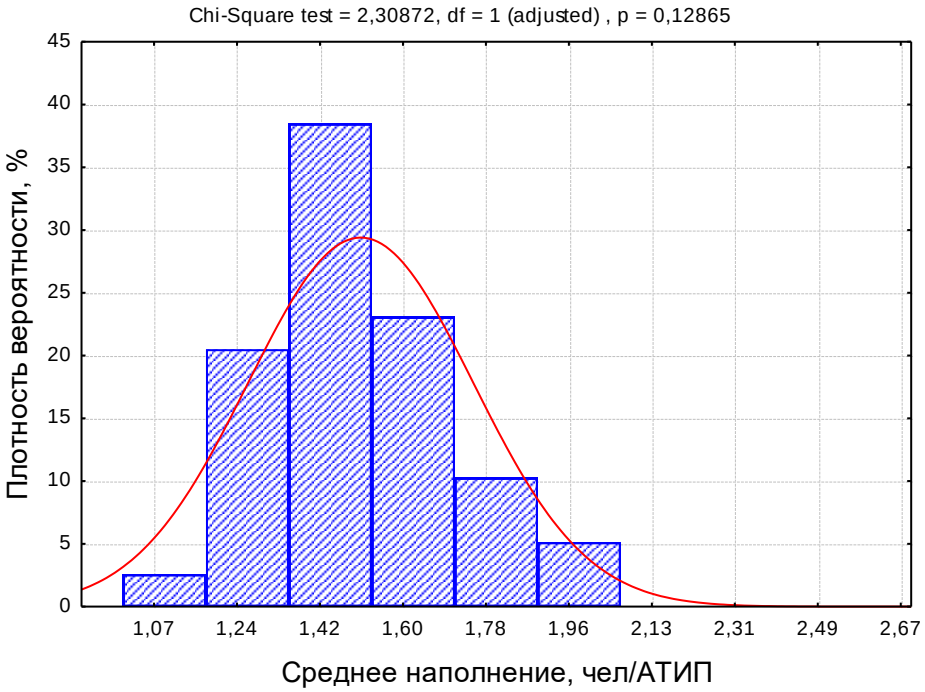


Рисунок 4.5 - Распределение плотности вероятности среднего наполнения АТИП

В рассматриваемом примере, значение хи^2 Пирсона составило 2,3, что не превышает критическое значение 3,84 для рассматриваемого уровня значимости, следовательно, можно констатировать, что, рассматриваемая характеристика распределена по нормальному закону с наибольшей вероятностью реализации в 38 % в диапазоне от 1,3 до 1,5 чел/АТИП.

Таким образом, следует констатировать, что все рассматриваемые массивы данных, отражающие статистические распределения основных количественных характеристик функционирования многоэтажной застройки распределены по нормальному закону с максимальными вероятностями реализации от 25 до 38 %.

Учитывая, что коэффициенты суточной неравномерности не могут рассматриваться по разным часам суток, одного объекта, то их следует проверить на предмет распределения по теоретическому закону в аспекте уже упомянутого в разделе 4.1. коэффициента суточного максимума (рис. 4.6):

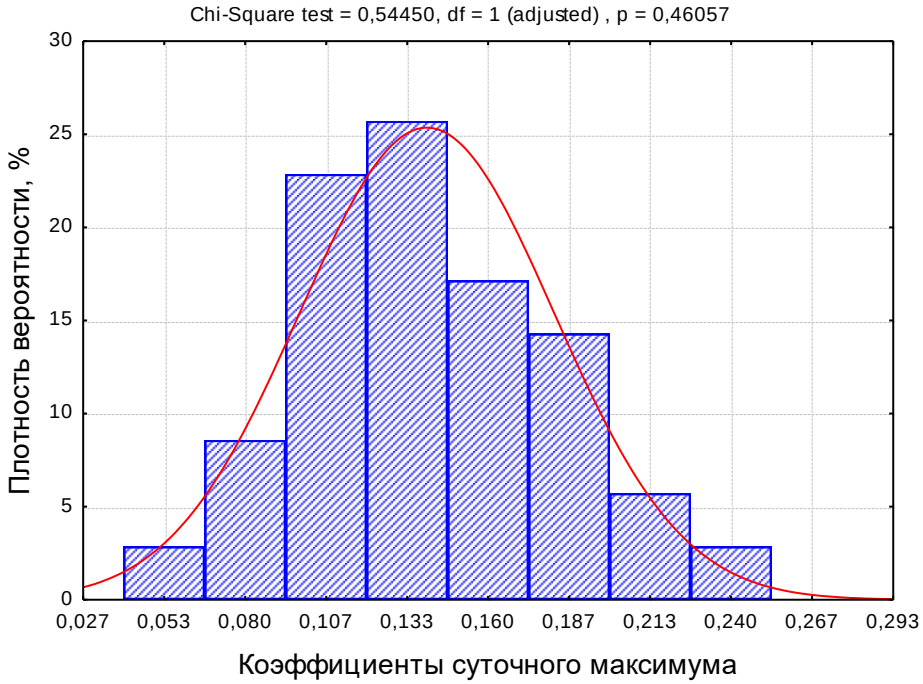


Рисунок 4.6 - Распределение плотности вероятности коэффициентов суточного максимума

В рассматриваемом примере, значение хи^2 Пирсона составило 0,54, что не превышает критическое значение 3,84 для рассматриваемого уровня значимости, следовательно, можно констатировать, что, рассматриваемая характеристика распределена по нормальному закону с наибольшей вероятностью реализации в 26 % в диапазоне от 0,107 до 0,160.

Таким образом, следует констатировать, что все рассматриваемые массивы данных, отражающие статистические распределения основных количественных характеристик функционирования многоэтажной застройки распределены по нормальному закону с максимальными вероятностями реализации от 25 до 38 %.

4.3 Результаты анализа факторов, влияющих на формирование интенсивности АТИП к прилегающей территории

Основной целью любого научного исследования является необходимость установления зависимостей, которые можно было бы оценить

количественно между такими процессами и явлениями, которые, на первый взгляд, не связаны или, по крайней мере, эта взаимосвязь не проявлена в явном виде. Кроме этого, часто вызывает интерес в установлении зависимости в социально-технических сферах, другими словами, желание найти зависимость между запросами общества на качество жизни людей и какими -либо техническими критериями, изменяя которые можно также изменять и качество жизни. Одним из таких ярких примеров является зависимость между качеством транспортного обеспечения прилегающей территории и интенсивностью АТИП, которая возникает в результате его использования. Общеизвестно, что, с одной стороны, транспортная инфраструктура имеет ограниченную пропускную способность, а, с другой стороны, интенсивность АТИП зависит от изучаемых в этой работе количественных характеристик, прежде всего, транспортного спроса, характеризуемого удельной генерацией корреспонденций, долей жителей прилегающей территории, использующих АТИП, среднего наполнения АТИП и др. Следовательно, качество транспортного обеспечения будет в значительной степени зависеть от соотношения интенсивности АТИП и пропускной способности транспортной инфраструктуры, обслуживающей прилегающую территорию. Таким образом, одной из ключевых задач данного исследования является выявление зависимости интенсивности АТИП от характеристик многоэтажной застройки.

Одной из особенностей регрессионного анализа является возможность использования самых разнообразных факторов в том числе и социального характера, имеющих количественную оценку. Из главы 2 известно, на интенсивность АТИП, возникающую в результате функционирования прилегающей территории преимущественно влияют такие факторы как её площадь, удалённость от центра города, доля поездок, совершаемых на АТИП и его наполнение. В таблице 4.8-4.9 представлены результаты регрессионного анализа перечисленных факторов к интенсивности АТИП как функции отклика этих факторов.

Таблица 4.8

Результаты корреляционного анализа интенсивности АТИП

	Y Число корреспонденций, корр/сутки	X_1 Площадь объекта, $м^2$	X_2 Доля ИТ средняя	X_3 Расстояние объекта от центра города, м	X_4 Среднее Наполнение ИТ, чел
Y Число корреспонденций, корр/сутки	1				
X_1 Площадь объекта, $м^2$	0,80	1			
X_2 Доля ИТ средняя	0,31	0,30	1		
X_3 Расстояние объекта от центра города, м	0,42	0,19	-0,0059	1	
X_4 Среднее Наполнение ИТ, чел	-0,15	0,20	0,25	-0,04	1

Из таблицы 4.8 можно сделать целый ряд выводов, во-первых, матрица корреляции показывает, что, по меньшей мере, в соответствии со шкалой Чеддока, два фактора имеют высокую корреляцию с функцией отклика, а именно, площадь объекта, и расстояние объекта от центра города. Доля посетителей на ИТ, оказывает меньшую корреляционное влияние, однако оно может существенно дополнить значимость регрессионной модели. Кроме этого, следует учитывать, что корреляция между рассматриваемыми факторами минимальна, что в свою очередь обеспечивает отсутствие мультиколинеарности. В этом же аспекте, следует добавить, что множественный коэффициент корреляции между функцией отклика (интенсивность АТИП) и средним наполнением АТИП имеет отрицательное значение, что свидетельствует об обратно пропорциональной связи. Другими словами, чем больше значение наполнения АТИП, тем меньшая интенсивность АТИП будет наблюдаться на пересечениях запитывающих прилегающую территорию. Учитывая, что все рассматриваемые параметры (разд. 4.2) распределены нормально (разд. 4.2), то это обстоятельство позволяет воспользоваться регрессионным анализом (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Результаты регрессионного анализа интенсивности АТИП

Регрессионного-корреляционная статистика					
Коэффициент корреляции R			0,91		
R-квадрат			0,82		
Нормированный R-квадрат			0,80		
Стандартная ошибка			34,94		
Групп наблюдений/выборка			37/4670		
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера-Снедекора F		
			$F_{расч}$	$F_{95\%;4;32}$	
Регрессия	4	188982,11	38,69	2,87	
Остаток	32	39067,53			
Итого	36	228049,65			
t-статистика					
	Коэффициенты регрессии	t-статистика	95%-й доверительный предел		
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;32}$	нижний	верхний
Y Интенсивность АТИП, ед/сутки	106,00	2,65	2,02	24,60	187,40
$\mathbf{X_1}$ Площадь прилегающей территории, $м^2$	0,00089	9,64		0,0007	0,001
$\mathbf{X_2}$ Доля АТИП средняя	58,27	2,08		1,39	115,15
$\mathbf{X_3}$ Расстояние объекта от центра города, м	0,00770	3,47		0,003	0,01
$\mathbf{X_4}$ Среднее наполнение АТИП, чел	-109,88	-4,39		-160,78	-58,97

Из таблицы видно, что итоговое значение множественного коэффициента корреляции по шкале Чеддока, определяющая тесноту связи, соответствует весьма высокой связи. Коэффициент детерминации, считающийся наиболее эффективным критерием оценки тесноты связи, показывает высокую связь. Незначительное расхождение стандартного и нормированного коэффициентов детерминации 0,82 и 0,80, что составляет не более 4% свидетельствует о высокой степени репрезентативности выборки. Критерий Фишера -Снедекора – показатель достоверности влияния изучаемых факторов на полученный результат (значимость эмпирического уравнения в целом) 38,69 в значительной степени превышает критическое значение 2,87 для рассматриваемого уровня значимости, что позволяет сделать вывод о том, что перечень рассматриваемых факторов в целом значимо описывает функцию отклика. Критерий Стьюдена, являясь

универсальным инструментом сравнения статистической значимости равенства выборок, также позволяет оценить статистическую значимость коэффициентов регрессии и, соответственно, сделать окончательный вывод на предмет их окончательного включения в регрессионную модель. Из столбца «t-статистика» видно, что ни одно значение расчётного критерия Стьюдента не опускается ниже критического значения 2,02 для рассматриваемого уровня значимости, что в свою очередь, позволяет утверждать, что все используемые факторы статистически значимо влияют на функцию отклика, в том числе и свободный член эмпирической зависимости. Таким образом, для практического применения следует рекомендовать следующую зависимость, позволяющую вычислить интенсивность АТИП, возникающую на запитывающих пересечениях прилегающей территории:

$$N_{\text{АТИП}} = 106 + 0{,}0009 \cdot S + 58{,}27 \cdot D_{\text{АТИП}} + 0{,}008 \cdot L_{\text{ц}} - 109{,}88 \cdot E_{\text{АТИП}} \quad (4.2)$$

где S – площадь прилегающей территории с учётом этажности, м^2; $D_{\text{АТИП}}$ – доля жителей (посетителей) использующих АТИП; $L_{\text{ц}}$ – расстояние прилегающей территории от центра города, м; $E_{\text{АТИП}}$ – среднее наполнение АТИП, чел. Совершенно очевидно, что эмпирическое уравнение будет адекватно отображать функцию отклика только в допустимых пределах, представленных в таблице 4.10.

Таблица 4.10

Допустимые диапазоны факторов

Факторы	Значение диапазона
Площадь объекта, м^2	$2356 \leq S \leq 249000$
Доля АТИП средняя	$0{,}2 \leq D_{\text{АТИП}} \leq 0{,}9$
Расстояние объекта от центра города, м	$880 \leq L_{\text{ц}} \leq 12196$
Среднее наполнение АТИП, чел	$1{,}15 \leq E_{\text{АТИП}} \leq 1{,}97$

Кроме этого, следует отметить, что расчёт выполнялся для межпикового периода суток с 11:00 до 12:00 часов, которому соответствует коэффициент суточной неравномерности 0,063 (табл. 4.7) для получения значений,

утреннего или вечернего часа пик, достаточно применить коэффициент суточной неравномерности.

В рамках применяемого диапазона значений, интенсивность в пиковый период может колебаться от незначительных значений на уровне, не превышающем 5-10 ед/час, до значений в 240-250 ед/час, что при низкой пропускной способности УДС может вызвать существенные задержки и снижение качества транспортного обеспечения. Доля АТИП в рассматриваемом контексте распространяется в весьма широком диапазоне, который обусловлен наличием высокоэтажной застройки, находящейся на достаточном удалении от магистральных улиц и располагающие всей сопутствующей инфраструктурой для использования АТИП в качестве основного средства передвижения. Более подробно об этом написано во 2-ой главе. Совершенно очевидно, что удалённость от центра города также будет иметь влияние на объём корреспонденций и, соответственно на интенсивность АТИП [17]. Минимальная удалённость рассматривает прилегающую территорию в историческом центре города, в котором несмотря на тенденции крупных и крупнейших городов последнего времени в Иркутске она сохраняется. Максимальное удаление на 12 км соответствует самым новейшим тенденциям расширения городских территория, плавно приближая их к субурбанизированым территориям и поглощая последние. Среднее наполнение АТИП показывает разброс от минимума, при котором автомобиль используется почти в одиночку и двумя пассажирами. Зависимость интенсивности АТИП от предложенных факторов продемонстрирована на рисунке 4.6.

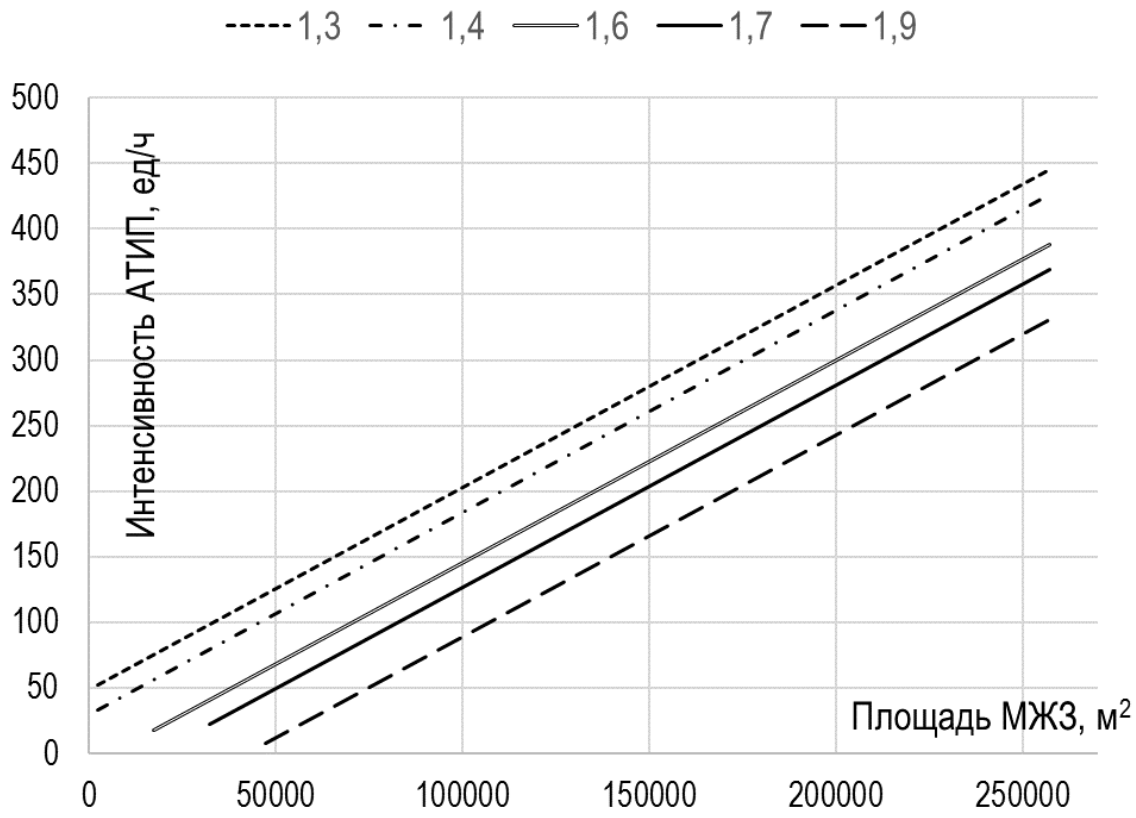


Рисунок 4.6 – Зависимость интенсивности АТИП от площади МЖЗ при разном среднем наполнении АТИП и средней доли АТИП 0,45; расстояния МЖЗ от центра города 5000 м.; коэффициенте суточного максимума 0,11.

Совершенно справедливо следует отметить, что интенсивность АТИП растёт с увеличением площади МЖЗ, а с увеличением среднего наполнения снижается. Например, при площади МЖЗ 150 000 м^2 интенсивность АТИП соответствует 160 ед/ч при наполнении 1,9 чел./ТС и порядка 275 ед/ч при наполнении 1,3 чел./ТС, т.е. **каждая тысяча квадратных метров прилегающей территории (МЖЗ) генерирует примерно 1,73 ед/ч АТИП**, при прочих усреднённых параметрах модели 4.1.

Не менее важным с практической точки зрения являются зависимости АТИП от доли жителей прилегающей территории, использующих АТИП (рис. 4.7).

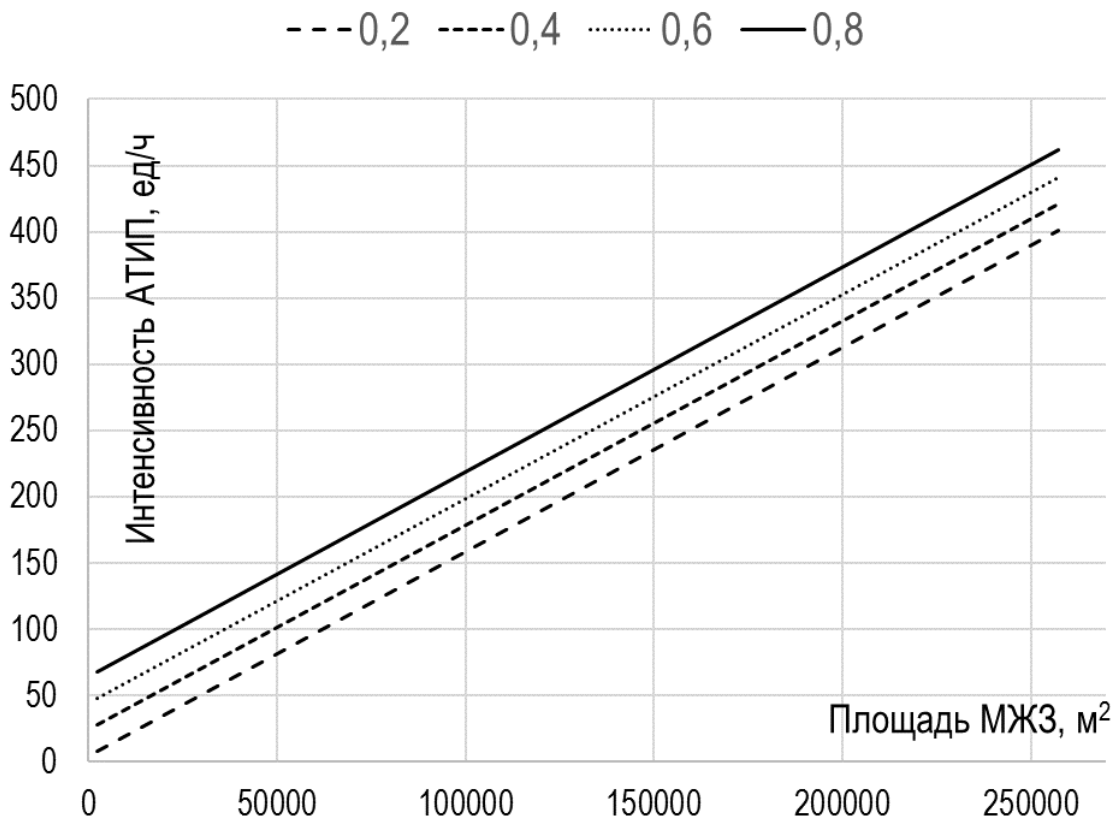


Рисунок 4.7 - Зависимость интенсивности АТИП от площади МЖЗ при разной доле АТИП и среднем наполнении АТИП 1,4 чел/ТС; расстояния МЖЗ от центра города 5000 м.; коэффициенте суточного максимума 0,11.

Интенсивность АТИП также растёт с увеличением площади прилегающей территории и с увеличением доли посетителей на АТИП. Например, при площади МЖЗ 150 000 м^2 интенсивность АТИП соответствует 240 ед/ч при доле АТИП 0,2 и порядка 300 ед/ч при доле 0,8. Для среднего значения доли АТИП закономерность будет носить такой же характер, как и выражение 4.3.

В ходе проведенного исследования было установлено, что существует статистически значимая вариабельность показателей среднего наполнения автоматизированных торгово-информационных пунктов (АТИП) в зависимости от демографических и градостроительных характеристик населенных пунктов.

В частности, выявлены существенные различия в следующих параметрах. Плотность использования АТИП в городах с различной численностью населения. Интенсивность эксплуатации автоматизированных систем в различных планировочных структурах. Статистические показатели использования АТИП в отдельных микрорайонах внутри одного городского образования.

При этом наиболее значимым параметром является не абсолютное количество пользователей, а относительная доля жителей и посетителей, активно использующих АТИП в общей численности населения исследуемой территории.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости дифференцированного подхода к планированию и размещению АТИП с учетом специфических особенностей каждого территориального образования. В этом случае, используя наши зависимости, можно корректировать расчётные значения. При отсутствии соответствующих исследований рекомендуются усреднённые значения.

4.4 Результаты анализа факторов, влияющих на формирование потребности в парковочном пространстве АТИП в прилегающей территории

Транспортное обеспечение прилегающей территории, особенно той части, которая использует для удовлетворения спроса на поездки АТИП, требует не только правильных оценок пропускной способности, запитывающих прилегающую УДС, но и правильного, рационального подхода при оценке потребного числа мест для кратковременного хранения АТИП (паркирования). Совершенно очевидно, что АТИП при решении этой задачи должны находиться в шаговой доступности, и лучше всего непосредственно в прилегающей территории, в поле видимости. Для обеспечения этой потребности важно учитывать целый перечень факторов, влияющих на эту потребность (см. главу 2). Кратко перечислим эти факторы:

прежде всего, продолжительность паркирования, именно этот параметр определяет основные параметры парковочного места (оборачиваемость парковочного места, продолжительность работы и продолжительность простоя), кроме этого, важны все перечисленные параметры, учитывающие спрос на паркирование или интенсивность АТИП распределённая во времени.

Транспортный спрос является фундаментальным при разработке стратегических документов, таких как транспортные генеральные планы городов.

Для его корректного определения используются два основных подхода. Первый базируется на статистическом анализе – исследовании типичных паттернов передвижения жителей и их демографических характеристик. Второй предполагает более глубокий анализ, включающий оценку функционального зонирования прилегающей территории и особенностей её использования.

Такой комплексный подход позволяет создать максимально точную картину транспортного поведения населения, что критически важно для принятия обоснованных решений в сфере развития городской транспортной инфраструктуры. Далее полученный транспортный спрос необходимо разбить на тот, который удовлетворяется с помощью АТИП и общественного транспорта, важно отметить, что те корреспонденции, которые совершаются без использования АТИП следует отнести именно к группе общественного транспорта, поскольку они не загружают УДС и не тратят её ценнейший ресурс – пропускную способность. Такое распределение можно учесть на основе доли посетителей, использующих АТИП. Вычисленный спрос будет затрагивать только тех, кто пользуется АТИП в течение суточного периода. Далее требуется установить перевести спрос из людей в АТИП, что возможно на основе среднего наполнения АТИП и применяя коэффициент суточной неравномерности получить спрос на паркирование за интересующий час или иной период суток. Кроме этого, как было указано

выше, одно место для паркирования может удовлетворять несколько запросов на паркирование, следовательно.

Таким образом, можно рассмотреть предложенную модель (2.4 Глава 2) как базу для оценки потребной площади в парковочном пространстве прилегающей УДС. Для выбора ключевого фактора, влияющего на потребную площадь необходимо провести корреляционный анализ (таблица 4.11).

Таблица 4.11

Матрица корреляции факторов, влияющих на потребную площадь паркирования АТИП

	Потребная площадь паркирования, м^2	Доля ИТ средняя	Площадь объекта, м^2	Среднее Наполнение ИТ по прибытию, чел	Средняя продолжительность паркирования, мин	Уд. генерация корр., чел/м^2
Потребная площадь паркирования, м^2	1					
Доля ИТ средняя	0,24	1				
Площадь прилегающей территории, м^2	0,75	0,30	1			
Среднее наполнение ИТ по прибытию, чел	-0,12	0,18	0,20	1		
Средняя продолжительность паркирования, мин	0,18	-0,05	0,15	-0,01	1	
Удельная генерация корр., чел/м^2	-0,21	-0,09	-0,54	-0,23	-0,06	1

Из матрицы корреляции видно, что наибольшую корреляционную связь, а, следовательно, и влияние на потребную площадь для паркирования на прилегающей УДС имеет площадь прилегающей территории. Второй по значимости – доля жильцов, использующих АТИП. Таким образом, учитывая, что площадь прилегающей территории с учётом этажности является ещё и легко доступным на практике фактором известным из задания на проектирование, то именно этот фактор можно считать основополагающим, а другие корректирующими (вспомогательными). Зависимость потребной площади для паркирования АТИП на прилегающей

УДС, основанная на выражении 2.4, а также на имитационном моделировании представлена на рис 4.8.

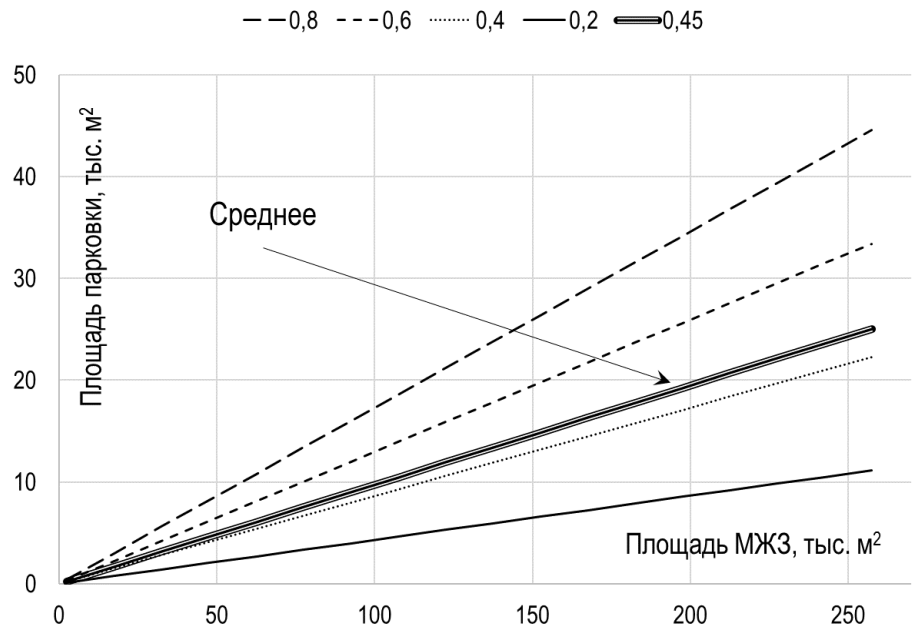


Рисунок 4.8 – Зависимость потребной площади паркирования АТИП на прилегающей УДС при разной доли АТИП и среднем наполнении АТИП 1,4 чел/ТС; удельной генерации 0,04 чел/м^2; коэффициенте суточного максимума 0,148; средней продолжительности паркирования 159 мин.

Важно отметить, что предложенная зависимость на графике предполагает вариацию доли жильцов, использующих АТИП в качестве основного вида транспорта, в случае отсутствия такой информации следует использовать тренд с рекомендуемыми (усреднёнными) значениями параметров. Например, при площади МЖЗ порядка 100 тысяч м^2, что соответствует жилому микрорайону, потребуется обеспечить около 10 тысяч м^2 парковочного пространства (1 Га) или примерно 500 парковочных мест или в среднем на каждые 100 м^2 площади МЖЗ 0,5 парковочных мест, что составляет 10 м^2 парковочного пространства. В источнике [45] этот показатель представлен для жилья средней этажности (4-9) этажей и составляет 0,36 парковочных мест на каждые 100 м^2 площади МЖЗ. Учитывая, что в данном исследовании рассматриваются, в том числе и высокоэтажная застройка, то нивелированное (усреднённое) значение

нормативного параметра несколько выше. Это может быть обусловлено, прежде всего, большей долей использования АТИП, по сравнению, с жильём средней этажности, а также увеличением числа квартир в домах с новой планировкой типа квартира-студия, часто площадь таких квартир не превышает 30-40 м^2. Для аналитического применения графика зависимости на рисунке 4.7 можно пользоваться соответствующими уравнениями тренда (таблица 4.12).

Таблица 4.12

Уравнения тренда зависимости потребной площади паркирования АТИП на прилегающей УДС при разной доли АТИП

Уравнение тренда	Доля АТИП
$S_п = 0{,}04\ S_{МЖЗ}$	0,2
$S_п = 0{,}09\ S_{МЖЗ}$	0,4
$S_п = 0{,}10\ S_{МЖЗ}$	0,45
$S_п = 0{,}13\ S_{МЖЗ}$	0,6
$S_п = 0{,}17\ S_{МЖЗ}$	0,8

В случае более детального учёта среднего наполнения АТИП можно использовать зависимостью, представленной на рис. 4.9.

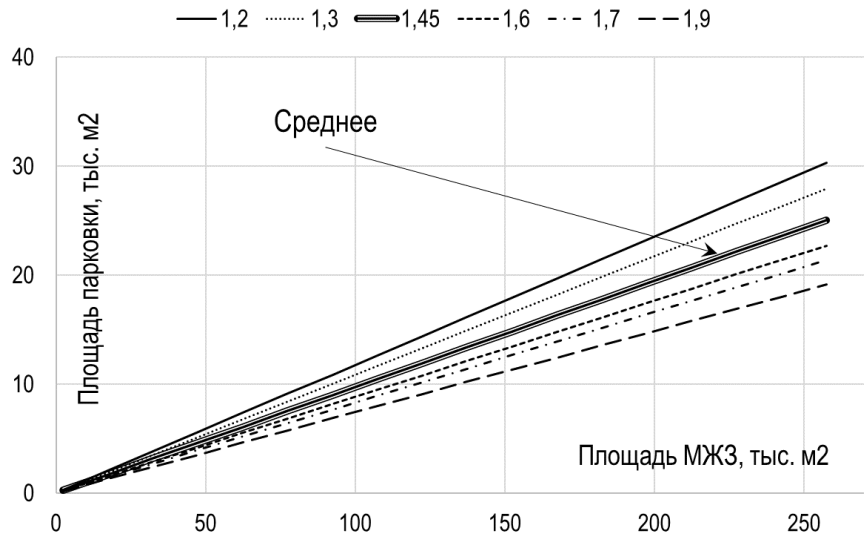


Рисунок 4.9 – Зависимость потребной площади паркирования АТИП в МЖЗ при разном наполнении АТИП и средней доли АТИП 0,45; удельной генерации 0,04 чел/м2; коэффициенте суточного максимума 0,148; средней продолжительности паркирования 159 мин.

Например, при наличии данных о среднем наполнении АТИП не 1,45, а, например, 1,67 может быть задействован тренд, соответствующий наполнению АТИП 1,7, что при той же площади в МЖЗ в 100 тыс. м^2, потребует обеспечения 8,5 тыс. м^2 паркирования или примерно 425 парковочных места. Уравнения тренда рассматриваемой зависимости представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13

Уравнения тренда зависимости потребной площади паркирования АТИП на прилегающей УДС при разном наполнении АТИП

Уравнение тренда	Среднее наполнение АТИП
$S_п = 0,12\ S_{МЖЗ}$	1,2
$S_п = 0,11\ S_{МЖЗ}$	1,3
$S_п = 0,10\ S_{МЖЗ}$	1,45
$S_п = 0,09\ S_{МЖЗ}$	1,6
$S_п = 0,08\ S_{МЖЗ}$	1,7
$S_п = 0,07\ S_{МЖЗ}$	1,9

Кроме этого, важным параметром варьирования является средняя продолжительность паркирования, если имеются данные о вариации этого параметра, то можно пользоваться трендами, представленными на рисунке 4.10. Уравнения тренда рассматриваемой зависимости представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14

Уравнения тренда зависимости потребной площади паркирования АТИП на прилегающей УДС при разной продолжительности паркирования

Уравнение тренда	Средняя продолжительность паркирования, мин.
$S_п = 0,06\ S_{МЖЗ}$	100
$S_п = 0,07\ S_{МЖЗ}$	120
$S_п = 0,09\ S_{МЖЗ}$	140
$S_п = 0,10\ S_{МЖЗ}$	159
$S_п = 0,11\ S_{МЖЗ}$	180
$S_п = 0,12\ S_{МЖЗ}$	200

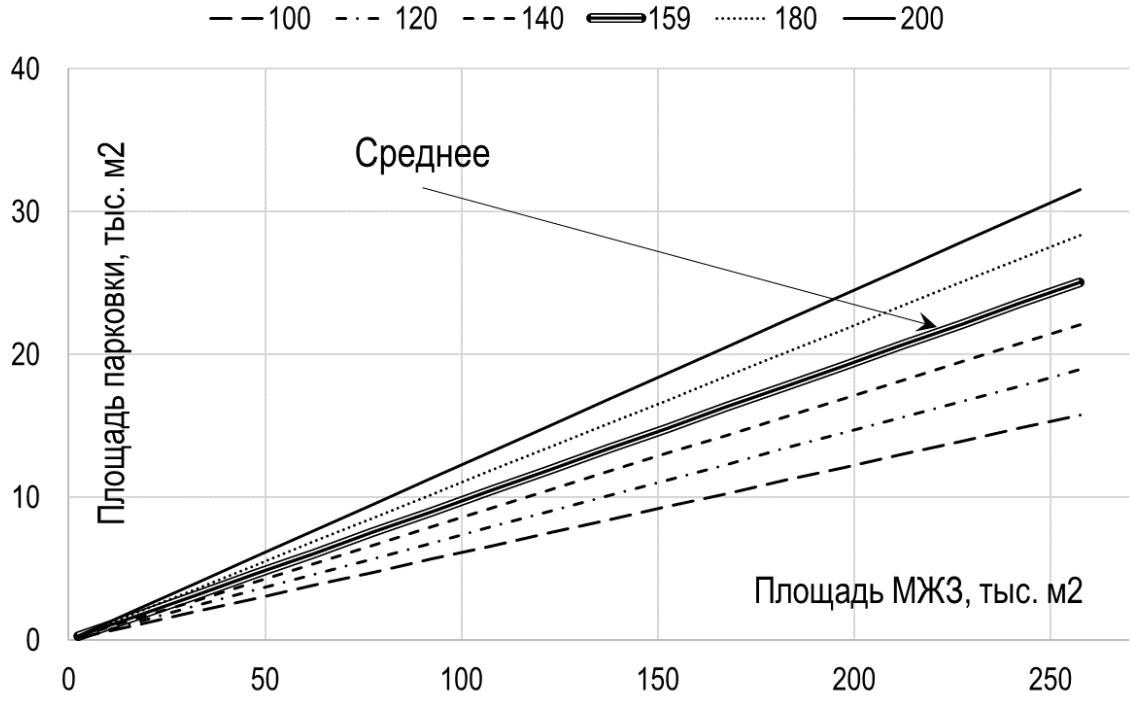


Рисунок 4.10 - Зависимость потребной площади паркирования АТИП в МЖЗ при разной продолжительности паркирования; среднем наполнении АТИП 1,45; средней доли АТИП 0,45; удельной генерации 0,04 чел/м^2; коэффициенте суточного максимума 0,14.

Таким образом, можно заключить, что при прочих усреднённых параметрах модели 2.4 **каждая тысяча квадратных метров прилегающей территории (МЖЗ) требует 100 м^2 площади для паркирования АТИП**, что составит 5 машино-мест. Полученный результат, будет справедлив для дневного периода, которому соответствует продолжительность паркирования 159 минут и который находится в промежутке с 8:00 до 22:00. Учитывая, возрастающую потребность в паркировании в ночной период за счёт увеличения его продолжительности до 600 минут следует соотнести, полученные результаты с рекомендациями СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [88], в котором нормы на удовлетворение спроса на паркирование привязаны к числу квартир и типу комфортности. Например, для жилья экономического класса требуется 1,2 парковочных места на каждую квартиру, а для домов повышенной комфортности 2. Не сложно сделать

перерасчёт, зная среднюю площадь квартиры 63 м^2 и долю квартир в общей площади объекта капитальной строительства (ОКС) – 66% [89]. Сначала необходимо вычислить площадь квартир на 1000 м^2 ОКС: 1000*0,66=660 м^2 , далее определяется количество квартир на 1000 м^2 ОКС: 660/63=10,5 кв. Таким образом, на каждые 10,5 квартир необходимо 5 парковочных мест, а на одну, соответственно: 5/10,5=0,5 парковочных места, для дневного периода. Аналогично, рассчитывая для ночного периода с продолжительностью 600 минут получаем 1,84 парковочных места на одну квартиру, что близко к требованиям [88] для бизнес жилья. Полученное нормативное значение выше значений СП 42.13330.2016 на 0,54 парковочных мест/квартиру или 70 %. Отсюда и возникают сложности в транспортном обеспечении жителей МЖЗ. Следовательно, для создания методики организации движения и транспортного обеспечения жителей многоэтажной жилой застройки имеется весь научно-практический инструментарий.

4.5 Методика транспортного обслуживания жителей прилегающей территории.

Существующая нормативная литература во многих странах, в том числе и в России позволяет оценивать эффективность ОДД практически на любом из элементов УДС [72; 26 и др.]. В основе оценки эффективности ОДД лежит так называемый уровень обслуживания, который в свою очередь оценивается на основании количественных критериев, например, величины транспортной задержки, возникаемой вследствие снижения разрешённой скорости движения и остановки транспортных средств, связанной с ожиданием разрешающего сигнала светофора либо пропуск транспортных средств и пешеходов, двигающихся в приоритетных направлениях. В основе расчёта задержки на регулируемых пересечениях лежит, прежде всего, поток насыщения и отношение длительности разрешающего сигнала светофора к продолжительности цикла регулирования. Для не регулируемых пересечений

в качестве ключевых параметров выступает интенсивность приоритетного потока транспортных средств, которым должен уступать рассматриваемый поток и некоторые особенности в интервалах движения как рассматриваемого, таки приоритетного потока. В любом случае задержка интерпретируется одинаково в соответствии с уровнем обслуживания (LOS) и нивелируется в среднюю величину, приходящуюся на одно транспортное средство. Другим критерием является уровень загрузки, который определяется отношением фактического спроса на проезд пересечения в интересующем направлении, в нашем случае это и есть интенсивность АТИП, к пропускной способности этого направления. Кстати, уровень загрузки также связан с уровнем обслуживания.

Таким образом, как бы мы не оценивали эффективность ОДД, нас, прежде всего, интересует спрос или, если быть точнее, интенсивность АТИП, возникающая в результате функционирования прилегающей территории. Однако, не следует путать интенсивность на пересечении возникшую в результате функционирования других центров массового тяготения или транзитных транспортных средств с теми, которые генерируются рассматриваемой прилегающей территорией. В рамках данного исследования оценить интенсивность других центров массового тяготения, а также транзитных потоков не представляется возможным, более того, в контексте данного исследования интенсивность АТИП исходящая от прочих центров массового тяготения следует отнести к транзитным транспортным потокам. На данном этапе получается, что интенсивность на запитвающем пересечении складывается из двух составляющих, первая – та которую мы можем оценить на основе транспортного спроса и количественных характеристик функционирования прилегающей территории, вторая – та которая формируется из транзитных транспортных потоков и которую мы в рамках данного исследования оценить не можем и должны принять её как условно-постоянную величину, измеряемую натурным способом или

полученную на основе математического моделирования транспортных потоков.

Оценка эффективности транспортного обслуживания с точки зрения обеспечения потребной площадью или потребным числом парковочных мест может оцениваться долей жильцов (посетителей) не получивших возможность разместить АТИП для кратковременного хранения на прилегающей УДС.

Далее, для консолидации предложенных выше решений следует показать алгоритм оценки эффективности транспортного обслуживания прилегающей территории (рис. 4.11).

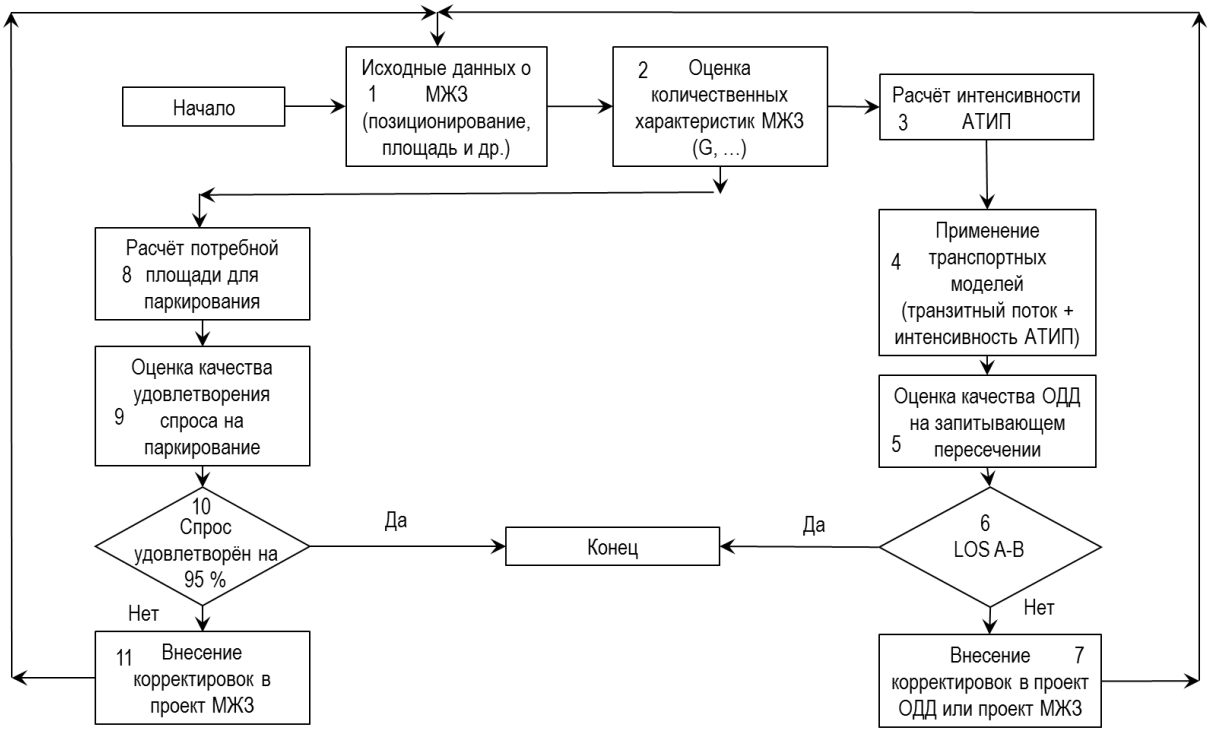


Рисунок 4.11 - Алгоритм оценки эффективности транспортного обеспечения жителей использующих АТИП

В соответствии с предложенным алгоритмом целесообразно описать его итерации. **На первом шаге**, необходимо собрать всю информацию имеющую отношение к проекту размещения прилегающей территории: прежде всего, позиционирование участка застройки, площадь застройки, площадь прилегающей территории, площадь, планируемая под парковку

АТИП, удалённость от центра города и магистральных улицы, дислокация запитывающего пересечения, его тип, сведения об ОДД (циклограмма, знаки приоритета, число полос и др. особенности), интенсивность транспортных потоков запитывающего пересечения на пиковый час и другие сведения при необходимости.

На втором шаге, необходимо оценить и/или принять основные количественные характеристики функционирования прилегающей территории. Значение все характеристик при влиянии основных факторов предложены в начале 4 главы. При отсутствии натурных исследований в конкретной местности следует выбирать предложенные. Далее задачи распределяются на два параллельных потока первый из которых требует вычислить интенсивность АТИП и, соответственно, оценить степень влияния прилегающей территории на эффективность ОДД этого пересечения, второй требует рассчитать потребную площадь для паркирования АТИП и, соответственно, оценить эффективность удовлетворения спроса на паркирования АТИП на прилегающей УДС. Далее весь алгоритм можно условно разделить на правую ветвь, которая оценивает эффективность ОДД на запитывающем пересечении и начинается с **третьего шага** и на левую ветвь, которая оценивает эффективность удовлетворения спроса на паркирование на прилегающей УДС и начинается с **восьмого шага**.

Третий шаг, позволяет рассчитать интенсивность АТИП, возникающую вследствие функционирования прилегающей территории. Для этого используется эмпирическая зависимость 4.1 с учётом ограничений (табл. 4.10). При отклонении среднего наполнения или средней доли АТИП от предложенного среднего значения можно пользоваться графиками, изображёнными на рисунке 4.6 и 4.7. Важно отметить, что прилегающая территория особенно в случае уплотнения требует учёта перераспределения транспортных потоков на сети, что может быть реализовано с помощью средств моделирования, например, в среде PTV Visum.

Четвёртый шаг позволяет получить интенсивность на запитывающем пересечении, для этого, полученное значение на **третьем шаге,** как правило, за пиковый период, необходимо суммировать с уже существующей интенсивностью транзитного транспортного потока на соответствующем подходе пересечения. Если подход, запитывающего пересечения имеет несколько направлений движения (лево, право, прямо), то добавочная интенсивность АТИП распределяется между этими направлениями пропорционально транзитному потоку. В случае применения средств математического моделирования, эмпирическая зависимость может быть использована в качестве норматива при оценке генерирующей способности новой прилегающей территории.

Пятый шаг посвящён оценке эффективности ОДД на запитывающем пересечении, которая осуществляется согласно нормативной литературе [72] с учётом типа пересечения. Важно отметить, что методика позволяет оценить задержки АТИП, длины очередей и уровень обслуживания, который по критериям длин очередей и задержек считается благополучным в диапазоне A-B.

На **шестом шаге** оценивается условие: если полученное значение LOS ниже уровня B, то это показывает необходимость внесения изменений в ОДД при принятии градостроительного решения о размещении МЖЗ в планируемом месте, в противном случае, эффективность ОДД не будет соответствовать действующим нормам. Следует добавить, что вступивший в силу в 2017 г. 417 ФЗ требует выполнения проектов ОДД при принятии градостроительных решений, связанных с уплотнением застройки или изменения её параметров. Кроме этого, следует также отметить, что в некоторых случаях может оказаться так, что LOS на запитывающем пересечении и без планируемой МЖЗ неудовлетворительный, что дополнительно указывает на необходимость реконструкции пересечения или отказе от проекта застройки, который усугубит эффективность ОДД.

В случае, положительного ответа на условие **шестого шага** алгоритм завершается выводом о том, что предлагаемое градостроительное решение не повлечёт значительного изменения эффективности ОДД на прилегающей УДС. В случае, отрицательного ответа на **шестом шаге** выполняется **седьмой шаг**, направленный на внесение корректировок в проект ОДД или проект прилегающей территории. Как правило, корректировке подвергается проект ОДД, но в случае особого территориального расположения предлагаемой прилегающей территории, например, в историческом центре города или районе города, который уже перегружен центрами массового тяготения, например, находятся деловые, торговые центры, то в этом случае целесообразно корректировать проект прилегающей территории. Далее все расчёты повторяются, начиная с **первого шага**. Справедливо будет отметить, что для инженера в случае отвода на **седьмой шаг** необходимо понимать на какую долю интенсивности АТИП или площади прилегающей территории с учётом этажности следует сократить проект, чтобы условие **шестого** шага выполнялось, для этого, необходимо воспользоваться зависимостью 4.2 и соответствующей ей графиками зависимости интенсивности АТИП от площади многоэтажной застройки (рис. 4.6 и 4.7).

С **восьмого шага** начинается левая ветвь алгоритма, направленная на оценку эффективности удовлетворения спроса на паркирование на прилегающей территории. Прежде всего, такая оценка требует расчёта потребной площади для паркирования, которая осуществляется по модели 2.4 или на основании зависимостей, представленных на рисунках 4.8-4.10 и соответствующих им уравнениям тренда.

На **девятом шаге** выявляется эффективность удовлетворения спроса на паркирование. Справедливости ради, стоит отметить, что эффективность паркирования, с точки зрения пользователя, может быть оценено, прежде всего, наличием/отсутствием места для паркирования, причём эта грань настолько «тонкая», что наличие мест от 0 до 100 % может расцениваться как удовлетворительное, однако, как только возникает событие 100% занятость

месть+1 заявка на паркирование, то это событие уже не удовлетворительное с точки зрения эффективности удовлетворения спроса на паркирование. Таким образом, необходимо выявить соотношение числа АТИП спрос на паркирование которых удовлетворяется при первом требовании. 95 % вероятность наличия свободного места на парковке продиктовано правилом 2 сигм: вероятность попадания очередного значения в границы составляет примерно 95,5 %, т. е. шансы примерно 20 к 1.

Если условие на **десятом шаге** выполняется положительно, то алгоритм завершается. В противном случае, алгоритм левой ветви уходит на **одиннадцатый шаг**, направленный на внесение корректировок проекта прилегающей территории. Следует отметить, что современная прилегающая УДС требует достаточно большой площади под паркирование, при усреднённых параметрах, это порядка 10 м^2 на каждые 100 м^2 МЖЗ. В ходе проведенного аналитического исследования [38] было установлено, что нормативная площадь парковочного пространства для среднеэтажной жилой застройки составляет 7,2 квадратных метра на каждые 100 квадратных метров общей площади жилых помещений. Данный показатель коррелирует с исходными данными источника, где определено соотношение парковочных мест к жилой площади в пропорции 0,36 машино-мест на каждые 100 квадратных метров жилищного фонда при стандартной норме площади одного парковочного места, равной 20 квадратным метрам. Таким образом, корректировка сводится к принятию двух решений, с одной стороны, для обеспечения потребной площади для паркирования можно снизить площадь прилегающей территории, например, за счёт снижения этажности, либо увеличить площадь паркирования за счёт, например, строительства паркинга в нескольких уровнях, как правило, подземных. Справедливости ради, следует учесть, что в некоторых случаях может возникнуть потребность в решении обратной задачи – подобрать участок застройки, отвечающий требованиям по паркированию и(или) эффективности ОДД.

Представленный алгоритм (рис. 4.11) требует разработки приложения на ЭВМ, позволяющий автоматически рассчитать условия принятия градостроительно-транспортных решений на основе исходных данных (рис. 4.12).

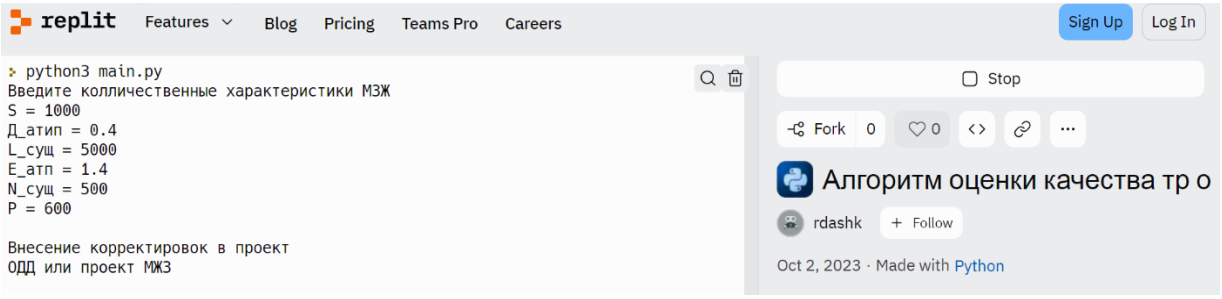


Рисунок 4.12 – Внешний вид интерфейса программы алгоритма оценки эффективности транспортного обеспечения жителей прилегающей территории

В качестве наглядного примера-расчёта стоит рассмотреть возможность размещения МЖЗ в плане г. Иркутска (рис. 4.12) со следующими техническими данными:

- площадь застройки – 62336 м^2
- этажность застройки – 16
- площадь прилегающей территории участка – 800 м^2
- в том числе под паркирование – 500 м^2
- удалённость от магистральной улицы – 100 м.
- удалённость от центра города – 6610 м.
- наличие подземной парковки – нет.

4.6 Социально-экономический эффект при оценке транспортного спроса на микроуровне

Микроуровень в контексте транспортного планирования представляет собой детальный анализ пространственной трансформации локальных территорий и их влияния на транспортную инфраструктуру. Объектами исследования на данном уровне выступают центральные места различного

масштаба: многофункциональные жилые комплексы, торгово-развлекательные кластеры, промышленные площадки и другие урбанистические образования.

Градостроительная трансформация территории, как правило, реализуется посредством двух основных механизмов: функционального перепрофилирования и интенсивной застройки. Данные процессы неизбежно приводят к модификации транспортного спроса, что, в свою очередь, оказывает существенное влияние на функционирование УДС в зоне влияния объекта.

Транспортная система реагирует на подобные изменения комплексной трансформацией параметров: возрастает потребность в парковочном пространстве, модифицируется пассажирооборот остановочных пунктов общественного транспорта, изменяется интенсивность движения по маршрутам ГПТ.

В качестве иллюстративного примера рассмотрим транспортно-планировочный узел, образованный пересечением улиц Академической и Сеченова в городе Иркутске. Планируемое строительство многоэтажного жилого здания в непосредственной близости от данного пересечения инициирует изменение транспортно-пешеходной активности, что потребует корректировки организации движения и модернизации существующей транспортной инфраструктуры узла (рис. 4.12).

а)



б)

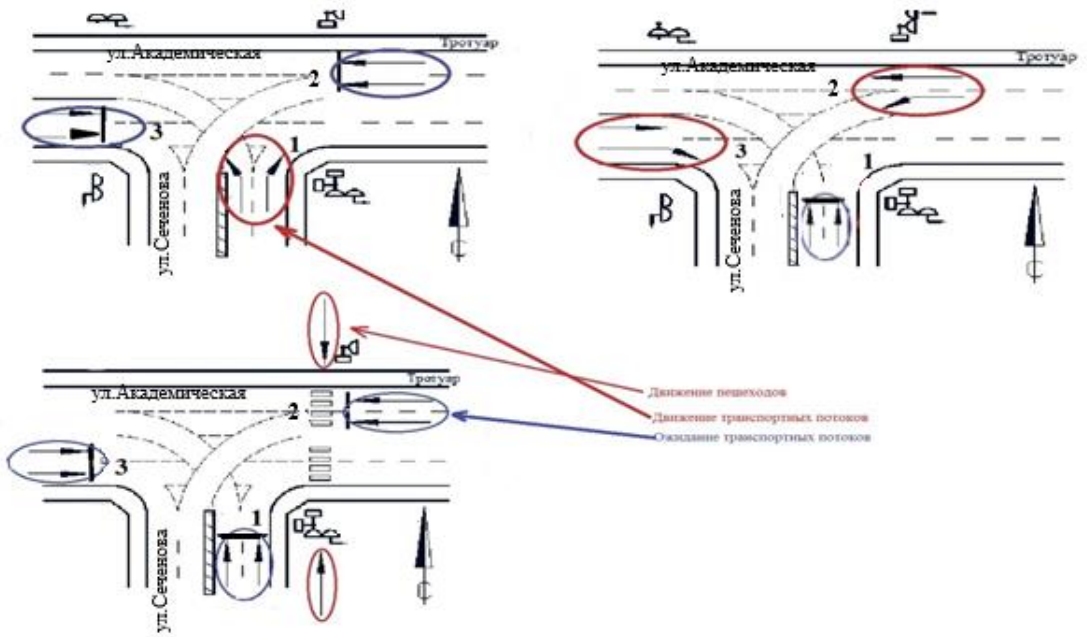


Рисунок 4.12 – Общий вид перекрестка Академическая – Сеченова (а);
план фаз пересечения (б)

Планируется строительство восьми 16-ти этажных жилых зданий, из этого следует, что жилая площадь будет составлять 62336 м^2.

4.6.1. Оценка существующего состояния перекрестка

Регулируемые пересечения представляют собой специализированные транспортные сооружения, выполняющие функцию временного разделения разнонаправленных транспортных и пешеходных потоков в пределах ограниченного пространственного узла, образованного пересечением двух и более магистральных коммуникаций. Реализация данной функции обусловлена наличием исторических, инженерно-технических, архитектурно-планировочных или иных детерминирующих факторов, препятствующих пространственному разделению транспортных потоков.

Институциональный аспект организации светофорного регулирования базируется на нижеперечисленных критериологических показателях. Количественные характеристики интенсивности транспортных и пешеходных потоков (пороговые значения: не менее 400 и 600 единиц транспортного потока в конфликтующих направлениях, а также не менее 150 пешеходов в час). Показатели аварийности (частота дорожно-транспортных происшествий превышает три случая в годичный период). Необходимость реализации специализированных режимов организации движения.

Методология проектирования регулируемых пересечений представляет собой обособленный научно-практический раздел транспортного проектирования, характеризующийся комплексным подходом к решению задач организации дорожного движения. Данный процесс требует от проектировщика фундаментальных теоретических знаний в области транспортного планирования и существенного опыта их практической реализации. В рамках международного научного сообщества проводятся интенсивные исследования, направленные на разработку инновационных методик проектирования оптимальных режимов светофорного регулирования и комплексную оценку их эксплуатационной эффективности.

Расчетный алгоритм предусматривает определение потока насыщения для каждой идентифицированной группы полос движения.

Расчетное значение потока насыщения S группы полос в конкретных дорожных условиях определяется по формуле:

$$S = S_0 \cdot n \cdot f_{ш} \cdot f_{у} \cdot f_{п} \cdot f_{а} \cdot f_{т} \cdot f_{н} \cdot f_{ш} \cdot f_{лп} \cdot f_{Лпеш} \cdot f_{Ппеш}, \quad (4.4)$$

где S_o – идеальный поток насыщения, прив. авт/ч; n – количество полос движения в составе группы; $f_{ш}$– коэффициент, учитывающий ширину полосы движения; $f_{у}$ – коэффициент, учитывающий продольные уклоны; $f_{п}$ – коэффициент, учитывающий наличие уличных стоянок; $f_{а}$ – коэффициент, учитывающий помехи , создаваемые останавливающимися на остановках автобусами; $f_{т}$ – коэффициент, учитывающий тип территории; $f_{н}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки полос движения; $f_{ш}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими налево транспортными средствами в составе группы полос; $f_{лп}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими направо транспортными средствами в составе группы полос; $f_{Лпеш}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте налево; $f_{Ппеш}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте направо.

Таким образом, поток насыщения для первой группы полос равен:

S_1=2986·1,37·1·1·1·0,6·0,95·0,85=1981,9

S_1=1981,9 ед/ч

Аналогично рассчитываются потоки насыщения для остальных групп полос.

S_2=1261,2 ед/ч

S_3=1318,6 ед/ч

Пропускная способность полосы движения на регулируемом пересечении определяется по формуле:

$$C_1 = \frac{S_{ij} \cdot G_i}{C}, \quad (4.5)$$

где P_{ij} – пропускная способность группы полос j в течение фазы регулирования i, прив. ед/ч; S_{ij} – поток насыщения группы полос j в течение

фазы регулирования i, прив. ед/ч; G_i – эффективная длительность фазы регулирования i, с; C – длительность цикла регулирования, с.

c_1=(1981,9·44)/56=1541,5 ед/ч

Далее были произведены расчеты для всех групп полос движения. Были рассчитаны: пропускная способность, коэффициент загрузки каждой группы полос движения, величина средней задержки одного автомобиля, стандартная задержка автомобиля, дополнительная задержка автомобилей.

Количественная оценка данного параметра осуществляется посредством применения математической модели, формализованной в формуле (4.8), базирующейся на фундаментальной концепции задержки, разработанной Ф. Вебстером.

4.6.2 Оценка основных количественных характеристик пересечения в случае увеличения площади жилой застройки

Для оценки количественных характеристик пересечения рассмотрим вариант с увеличением площади застройки до 62336 м^2. Исходя из такой площади застройки интенсивность движения транспорта индивидуального пользования будет 81,8 ед/час. Результаты всех расчетов, перечисленных в этом и предыдущих разделах, отображены в таблице 4.15.

Таблица 4.15

Показатели организации дорожного движения

Показатель	Исходный вариант			Прогнозируемый вариант		
N, ед/ч	1981	1261	1318	2040	1261	1318
C, авт/ч	1541	840	899	1603	840	899
x	0,77	0,66	0,68	0,85	0,66	0,68
d_1, с/ед	5,9	6,2	4,95	5,9	6,2	4,95
d_2, с/ед	3,15	3,8	2,5	3,83	3,8	2,5
d, с/ед	9,05	10,0	7,45	9,73	10,0	7,45
$d_{агр}$, с/ед	8,9			9,8		
$G_{пеш}$, с	20			20		
Ожидание пешеходов, с	85			85		

Исходя из данных таблицы 4.16 можно сделать вывод о характеристике уровня обслуживания. Коэффициент загрузки пересечения для первой группы полос в базовом и проектном вариантах равен 0,77 и 0,85 соответственно. Согласно данным, представленным в таблице 1.1, уровень обслуживания движения соответствует уровню D, характеризуя поток автомобилей как сплошной, движущийся с малыми скоростями.

4.6.3 Оценка косвенного экономического эффекта

Косвенный экономический эффект, т.е. потери времени транспортными средствами на рассматриваемом участке дороги, рассчитываются согласно существующей методике [1;71;80]. В указанной литературе представлены формулы для расчета годовых потерь времени транспорта каждого вида, общие потери времени для всех видов транспорта, годовые потери времени пешеходов. Сравнивая расчеты базового и проектного вариантов, мы видим существенную разницу. Общие потери времени в исходном варианте - 41163 ч, а в проектируемом варианте – 45859 ч. Годовые потери времени пешеходов в исходном варианте составляет 1151,1 ч, а в проектируемом варианте – 1324,5 ч.

Также рассчитывались косвенный экономический эффект. Рассчитывался он путем сложения эффектов от сокращения потерь времени, эффектов от сокращения потерь времени пешеходов, эффектов от сокращения ущерба от дорожно-транспортных происшествий и эффектов от снижения ущерба от загрязнения воздуха. Все вышеперечисленные эффекты рассчитываются в рублях. Эффект от сокращения потерь времени транспортными средствами получился при расчетах -2500800 рублей, эффект от сокращения потерь времени пешеходов составил -86500 рублей, соответственно косвенный экономический эффект составляет -2587477 рублей.

В результате реализации нового строительного проекта прогнозируется возникновение существенных экономических потерь в размере 2 587 477 рублей ежегодно. Указанная сумма обусловлена транспортными заторами на примыкающем к застройке пересечении при условии сохранения текущей организации дорожного движения без внесения корректировок.

Необходимо подчеркнуть, что величина косвенных экономических потерь является расчетной и может варьироваться в зависимости от двух ключевых факторов: параметров организации дорожного движения и интенсивности транспортного потока в зоне строительства. При этом эффективность принимаемых мер по оптимизации движения будет напрямую влиять на снижение потенциального экономического ущерба.

В рамках проведенного исследования установлено, что интенсивность транспортных потоков демонстрирует прямую корреляционную зависимость от генерирующей способности анализируемых центров массового тяготения. Количественная оценка данной зависимости свидетельствует о прямо пропорциональной связи: повышение генерирующей способности центра влечет за собой соответствующее увеличение интенсивности транспортных потоков.

В контексте экономической оценки следует отметить, что определение косвенного экономического эффекта требует учета специфики конкретного типа центра массового тяготения, в частности, его генерирующей способности. Применительно к рассматриваемой ситуации, с учетом дополнительной площади малоэтажного жилищного строительства (62336 м^2), расчетные показатели демонстрируют отрицательный относительный косвенный экономический эффект в размере 212677 рублей в год.

Проведенный анализ позволяет констатировать, что при отсутствии комплекса мероприятий по оптимизации организации дорожного движения на исследуемом участке прогнозируется существенный экономический ущерб. Количественная оценка потенциального ущерба составляет 2587477

рублей в год, обусловленного временными потерями участников дорожного движения в результате транспортных заторов.

4.6.4 Экономический эффект, связанный с внедрением методики транспортного обеспечения прилегающей территории.

Косвенный экономический эффект на один ПОД, в случае отсутствия мероприятий по корректировке ОДД составит -2 587 477 руб/год для МЖЗ 62336 м^2, следовательно, на каждые 1000 м^2, будет приходиться **41 508 руб/1000 м^2**. Ежегодно в Иркутске строится примерно 300 000 м^2, следовательно, в масштабах Иркутска это 776 243 100 руб./год.

В рамках комплексной оценки ресурсоемкости диссертационного исследования установлено, что совокупная трудоемкость реализации научно-исследовательского компонента составляет 1232 человеко-часа, при этом разработка методологического аппарата исследования требует дополнительных временных затрат в объеме 1500 человеко-часов.

При применении нормативной ставки стоимости одного человеко-часа в размере 600 рублей, расчетная величина совокупных материальных затрат на реализацию диссертационного проекта определяется в сумме 1 639 200 (один миллион шестьсот тридцать девять тысяч двести) рублей. Также возможно рассчитать срок окупаемости нашего проекта. Согласно расчетам, он составит 0,63 года или 229 дней.

4.7 Валидация результатов исследования

При выполнении проектов научной и изыскательской деятельности важным аспектом является практическая апробация и валидация полученных результатов. Практическая апробация, как правило, выполняется при проектировании и строительстве реальных объектов, что позволяет подтвердить правильность и соответствующую точность предлагаемых теоретических результатов исследования. Процесс валидации заключается в

математико-статистическом сравнении результатов реального натурного эксперимента с результатами камеральных расчётов, выполненных при помощи, предлагаемых теоретических положений. Чем меньше разница между расчётными и натурными значениями, тем выше точность и обоснованность теоретических положений. Важно отметить, что в качестве сравниваемого объекта должен быть выбран такой, который, во-первых, «не участвовал» в разработке и получении теоретических положений, а во-вторых, отвечает критериям ограничений, налагаемых на теоретические положения.

Таким образом, для валидации теоретических положений, направленных на оценку интенсивности АТИП вследствие функционирования прилегающей территории, а также расчёт потребной площади для удовлетворения спроса на паркирование АТИП было проведено отдельное натурное обследование МЖЗ «Изумрудный город» по адресу: 664074 г. Иркутск ул. Лермонтова 81. Жилой комплекс имеет высотность – 10 этажей, общую площадь – 27576 м^2, удалённость от центра города – 3200 м., удалённость от магистральной улицы – 100 м., суммарная суточная генерация – 950 чел., доля АТИП 0,77 общее число АТИП – 454 ед/сут., среднее наполнение 1,4 чел/ед., коэффициент суточной неравномерности 0,14. Кроме этого, на рисунке 4.13, и 4.14 приведена зафиксированная интенсивность АТИП по часам суток.

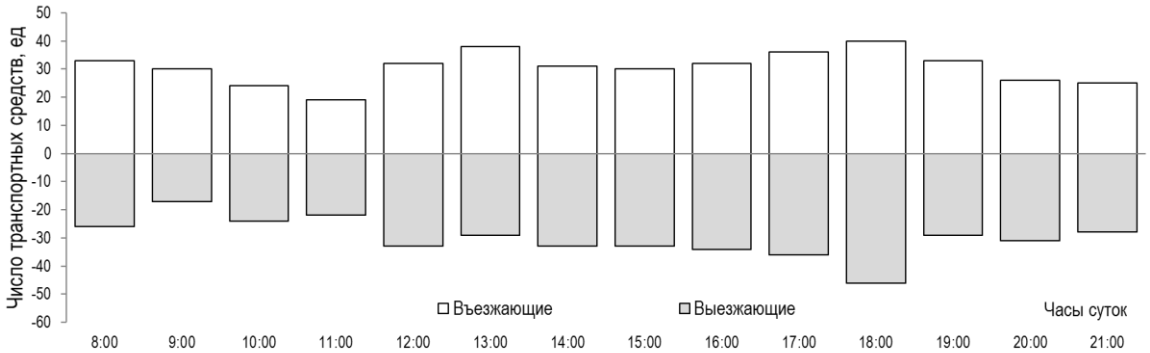


Рисунок 4.13 – Распределение числа АТИП

В соответствии с 4.2 расчётная интенсивность АТИП составит:

$N_{\text{АТИП}} = 106 + 0{,}0009 \cdot 27576 + 58{,}27 \cdot 0{,}77 + 0{,}008 \cdot 3200 - 109{,}88 \cdot 1{,}4$

$N_{\text{АТИП}} = 106 + 24{,}8 + 44{,}86 + 25{,}6 - 153{,}8 = 48$ ед/ч

Учитывая, что коэффициент суточной неравномерности 0,14, соответствует 18 часам, то разница между расчётным значением 48 и фактическим 46 ед/ч составляет не более 5 %.

В таблице 4.13 в зависимости от среднего наполнения $S_п = 0{,}0974\ S_{МЖЗ}$

$S_п = 0{,}0974\ 27576 = 2685$ м^2,

что соответствует 97 м^2 парковочного пространства на каждую 1000 м^2 жилья. Этот результат можно сравнить с усреднёнными рекомендациями 100 м^2 парковочного пространства на каждую 1000 м^2, что, в свою очередь, составляет погрешность в 3 %.

Кроме этого, справедливо будет сравнить коэффициенты суточной неравномерности.

Таблица 4.16

Сравнение коэффициентов суточной неравномерности

Часы суток	Прибыло		Убыло		Прибыло отклонение, %	Убыло отклонение, %
	Замер	Расчёт	Замер	Расчёт		
7:00	0,03	0,0374	0,09	0,11	19,79	22,22
8:00	0,05	0,034	0,12	0,11	32,00	9,09
9:00	0,04	0,0382	0,06	0,074	4,50	23,33
10:00	0,05	0,05	0,06	0,063	0,00	5,00
11:00	0,03	0,054	0,07	0,063	44,44	11,11
12:00	0,05	0,07	0,05	0,065	28,57	30,00
13:00	0,06	0,064	0,05	0,06	6,25	20,00
14:00	0,06	0,07	0,05	0,056	14,29	12,00
15:00	0,06	0,063	0,06	0,066	4,76	10,00
16:00	0,07	0,066	0,06	0,051	5,71	17,65
17:00	0,1	0,096	0,082	0,072	4,00	13,89
18:00	0,11	0,1078	0,08	0,069	2,00	15,94
19:00	0,11	0,117	0,07	0,065	5,98	7,69
20:00	0,09	0,078	0,05	0,048	13,33	4,17
21:00	0,06	0,058	0,04	0,036	3,33	11,11
Среднее					12,60	14,21

Как видно из таблицы 4.19 погрешность теоретических распределений не превышает 15 %. Для наглядности таблица 4.19 Может быть представлена в виде рисунка 4.14.

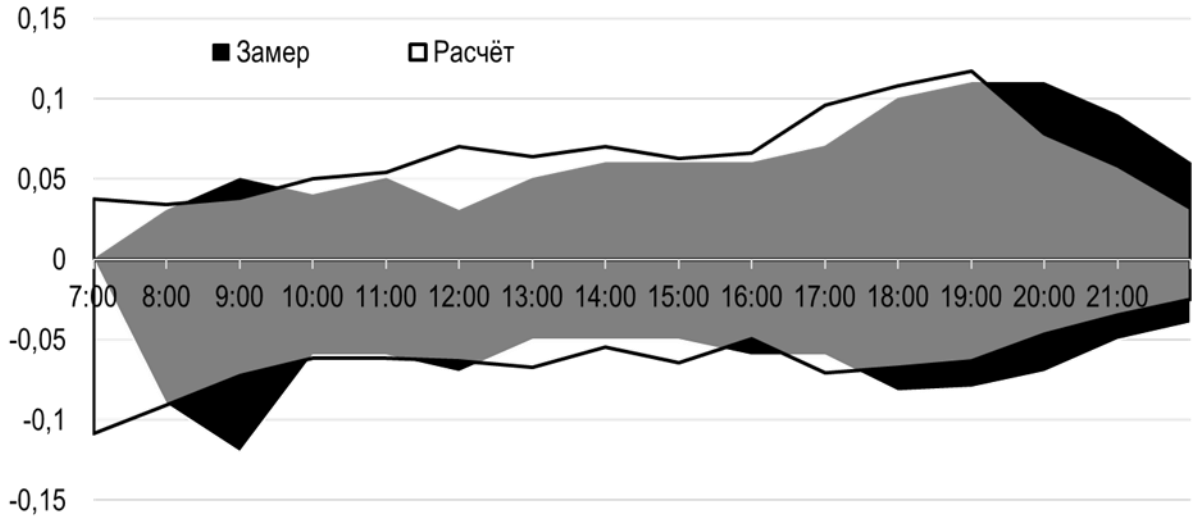


Рисунок 4.14 - Валидация коэффициентов суточной неравномерности

Проведённая комплексная валидация полученных результатов исследования демонстрирует высокую степень достоверности разработанных теоретических положений. При детальном анализе установлено, что максимальная погрешность эмпирических и функциональных зависимостей не превышает 15% от расчётных значений, при этом среднее значение отклонения составляет 7,6%.

Подобные показатели точности являются более чем удовлетворительными для проведения укрупнённых транспортных расчётов, что подтверждается многолетней практикой аналогичных исследований в данной области. Важно отметить, что полученные значения погрешности находятся в допустимом диапазоне для инженерных расчётов такого типа, что позволяет использовать разработанную методологию в практических приложениях.

При этом следует учитывать, что даже при максимальных значениях погрешности (15%) результаты остаются в рамках приемлемых допусков для транспортных расчётов, что делает возможным их применение в различных

задачах моделирования транспортных процессов. Средняя погрешность в 7,6% свидетельствует о высокой степени корреляции между теоретическими положениями и экспериментальными данными, что является важным показателем качества проведённого исследования.

Таким образом, проведённая валидация подтверждает адекватность разработанных теоретических положений и их применимость для решения широкого спектра задач в области транспортных расчётов, что делает полученные результаты ценным вкладом в развитие данной научной области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Квалификация работы. В диссертационной работе на основе теоретических и научно-методических положений, разработанных научных положений, реализованных в функциональных и эмпирических зависимостях, а также экспериментальных исследованиях решена важная научная задача – разработана методика транспортного обеспечения жителей многоэтажной жилой застройки с новыми научно обоснованными техническими и технологическими решениями, внедрение которых вносит значительный вклад в социально-экономическое развитие автотранспортной отрасли страны.

1. На основе выполненных аналитического обзора и экспериментальных исследований функционирования прилегающей территории и её статистической обработки, выявлены количественные характеристики:

- удельная генерация корреспонденций, варьирующаяся в диапазоне от 0,0168 до 0,0733 чел/ м^2, среднее 0,043 чел/ м^2. Наибольшей генерирующей способностью обладают территории с одно-двух комнатными квартирами;
- коэффициенты суточной неравномерности: утренний час пик с 7-8 часов характеризуется значением 0,11 по убытию, а вечерний с 18 до 19 часов значением 0,1078 по прибытию;
- средняя продолжительность паркирования АТИП, направлена на выявление потребности в паркировании на прилегающей УДС и характеризуется средним значением – 160 мин., при диапазоне варьирования от 62 до 408 мин., что указывает на разную культуру временного хранения АТИП;
- распределение доли жильцов на АТИП, необходима для выявления потребной площади паркирования и оценки загрузки,

прилегающей УДС, характеризуется средним значением в 46,5 % в диапазоне варьирования от 20 до 89 %. Большие значения характерны для более удалённой территории от линий ГПТ;

- среднее наполнение АТИП позволяет выявить интенсивность АТИП и характеризуется средним значением в 1,49 чел./авт. в диапазоне варьирования от 1,15 до 1,97 чел./авт. Большие значения характерны для жилья с более низкой стоимостью.

2. Получена закономерность регрессионной связи (R^2 =0,82) между интенсивностью АТИП, обусловленной функционированием прилегающей УДС и параметрами её позиционирования. Зависимость имеет линейный характер, ключевыми факторами являются площадь прилегающей территории с учётом этажности, варьирующаяся в диапазоне от 2 365 до 249 000 м^2, доля АТИП, его среднее наполнение, а также расстояние от центра города не превышающее 12196 м. Для усреднённых параметров закономерности можно констатировать, что каждая тысяча квадратных метров прилегающей территории генерирует 1,73 ед./ч АТИП.

3. Получены функциональные зависимости, позволяющие оценивать потребную площадь для паркирования АТИП на основе количественных характеристик функционирования прилегающей территории. Зависимость носит линейный характер и при усреднённых значениях 1000 м^2 прилегающей территории с учётом этажности требует 100 м^2 площади для паркирования АТИП в дневной и 367 м^2 в ночной периоды. В соответствии с действующим нормативным значением точнее на 70%.

4. Разработана методика транспортного обеспечения жителей прилегающих территорий на основе выявленных закономерностей между интенсивностью АТИП и параметрами позиционирования прилегающей УДС, а также функциональных зависимостей, позволяющих оценивать потребную площадь для паркирования АТИП. Методика, в частности, оценивает эффективность ОДД прилегающей УДС и, при необходимости,

позволяет принимать градостроительно-транспортные решения развития территории на перспективу.

5. Разработано прикладное программное обеспечение и реализован расчётный цикл методики, позволяющий автоматизировать и снизить трудоёмкость расчётов, а также дать исчерпывающее градостроительно-транспортное решение, подтверждающее рабочую гипотезу.

6. Выполненная оценка технико-экономической эффективности методики на основе производственного внедрения её результатов подтверждает выдвинутую рабочую гипотезу и с высокой точностью отражает эффективность транспортного обеспечения жителей прилегающих территорий. При оценке добавочной интенсивности транспортного потока на прилегающие узлы УДС в случае уплотнения застройки возможна экономия до 41508 руб/1000 $м^2$ в год. Срок окупаемости результатов научных исследований в масштабах Иркутска составил 229 дней.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. Аксенов В.А., Попова Е.П., Дивочкин О.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения. – М.: Транспорт, 1987. – 128 с.
2. Аксенова Е. Г., Шевченко О.Ю. Развитие планировочной структуры городского поселения // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (часть 1) URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1173.
3. Алексеев Ю.В. Теоретические основы повышения эффективности градостроительного освоения территорий: автореф. дис. … д-ра архитектуры / ЦНИИП Градостроительства. – М., 1983.
4. Алексеев Ю.В., Сомов Г.Ю. Организация градостроительного проектирования: учеб. пособ. – М.: МГСУ, 1996. – 59 с.
5. Алоян А.А. Развитие планировочно-коммуникационной структуры центра крупного города: авторефер. дис. ... канд. архитектуры. – М., 1983.
6. Алфимов А.Н. Комплексная застройка новых районов Санкт-Петербурга. – СПб.: Изд-во «Два Три», 1991. – 144 с.
7. Амбарцумян В.В., Бабанин В.Н., Гуджоян О.П., Петридис А.В. Безопасность дорожного движения: учеб. пособ. – М.: Машиностроение, 1999. – 304 с.
8. Андерсен, Б. Проектирование и строительство автостоянок / Б. Андерсен, Г. Бентфельд, П. Бенеке ; под ред. Г. Е. Голубева ; пер. с нем. Е. Ш. Фельдмана. - Москва : Стройиздат, 1986. - 391 с.
9. Ассоциация «Российские автомобильные дилеры» [Электронный ресурс]. URL: https://www.asroad.org/stat/uroven-avtomobilizatsii-v-rossii/ (дата обращения: 18.03.2023)
10. Бирюкова Л.Г., Бобрик Г.И. и др. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособ. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 287 с.
11. Блюдин А.А., Романкова А.А., Буркина В.А., Власов А.А. Моделирование работы парковок // Современная техника и технологии. 2014. № 12
12. Боровиков В.В. Statistica: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с.
13. Бочаров Ю.Н., Кудрявцев О.К. Планировочная структура современного города. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. – 160 с.
14. Брянских Т.Б. Выявление зависимостей количественных характеристик центров массового тяготения на примере жилья высокой этажности в г. Иркутске / Т. Б. Брянских, А. В. Зедгенизов, Н. И. Коломыльцев // ВЕСТНИК НЦБЖД. – 2024. -№ 1 (59). С. 127-133.
15. Брянских Т.Б. Оценка потребной площади при размещении жилых комплексов в плане урбанизированных территорий и их влияние на качество организации дорожного движения прилегающих улично-дорожной сети / Т.Б. Брянских, А.В. Зедгенизов, О.Н. Ларин // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №3-4(78). – С.88-94.

16. Брянских Т.Б. Оценка интенсивности движения индивидуального транспорта к жилым объектам высокой этажности в г. Иркутске / Т.Б. Брянских, А.В. Зедгенизов // Вестник гражданских инженеров. – 2023. – № 3 (98). С. 97-104.
17. Брянских Т.Б. Организация дорожного движения при транспортном обслуживании жителей многоэтажной застройки / Брянских Т.Б., Зедгенизов А.В., Курдюков С.Ю. // Мир транспорта и технологических машин. - 2023. № 3-3 (82). С. 96-101.
18. Брянских Т.Б. Оценка количественных характеристик центров массового тяготения на примере жилья высокой этажности в г. Иркутске. / Брянских Т.Б., Зедгенизов А.В. // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации. Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции, посвященной празднованию 100-летия конструкторского бюро "Туполев", 55-летия Иркутского филиала МГТУ ГА, 75-летия Иркутского авиационного технического колледжа. – 2022. – С. 173-178.
19. Брянских Т.Б. Методика организации паркирования автомобилей индивидуального использования жителей многоэтажной жилой застройки / Брянских Т.Б. // Мир транспорта и технологических машин. - 2023. № 3-4 (82). С. 53-60.
20. Брянских Т.Б. Методы оценки качества ОДД с учетом транспортного спроса // Транспортные системы и дорожная инфраструктура Крайнего Севера. Сборник материалов III всероссийского форума. – 2022. – С. 201-207.
21. Буреева Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «STATISTICA»: учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». – Нижний Новгород, 2007. – 112 с.
22. Бурков Д.Г. Совершенствование организации движения при обслуживании центров культурно-бытового назначения с учетом прогнозирования транспортного спроса : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.10 / Бурков Дмитрий Германович; [Место защиты: С.-Петерб. гос. архитектур.-строит. ун-т]. - Санкт-Петербург, 2018. - 20 с.
23. Бурков Д.Г., Зедгенизов А.В. Совершенствование математической модели расчета интенсивности транспортных средств к объектам тяготения урбанизированных территорий Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции, 13-14 ноября 2018 г. СПб.: ИПТ РАН. – Санкт-Петербург. 2018. Том 1. 317-321 с.
24. Бурков Д.Г., Муковкина В.Е., Зедгенизов А.В. Оценка емкости по прибытию жилого района средней этажности. Молодежный вестник ИрГТУ, 2012. - №2.

25. Веретенников Д.Б. Формирование планировочной структуры города с учетом тенденций предшествующего развития: автореф. дис. ... канд. архитектуры. – М., 1989.
26. Вучик В.Р.«Транспорт в городах, удобных для жизни»/ В. Р. Вучик. - М.: «Территория будущего», 2011. - 576 с.
27. Гаражи и стоянки: учеб. пособ для вузов / В.В. Шештокас, В.И. Адомавичюс, П.В. Юшкявичюс; под общ. ред. В.В. Шештокаса. – М.: Стройиздат, 1984. – 214 с, ил.
28. Глущенко Е.И., Харузин В.Э., Боровской А.Е. ПОСТРОЕНИЕ ИЗОХРОН ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ СРЕДСТВАМИ GRASS GIS И QGIS // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» ОДМ 218.2.020-2012 «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог»
29. Градостроительство: справочник проектировщика / под ред. В.Н. Белоусова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1978. – 367 с.
30. Гудков В.А. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / В.А. Гудков [и др.]; под ред. В.А. Гудкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 448 с.
31. Гудков В.А. Технология, организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник для вузов / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин; под ред. Л.Б. Миротина. – М.: Транспорт, 1997. – 254 с.
32. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.
33. Джурук Д.С. Зедгенизов А.В. Анализ состояния безопасности дорожного движения в России и в мире // Безопасность дорожного движения: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции «Наука и практика в обеспечении безопасности дорожного движения: вчера, сегодня, завтра», посвященной 80-летию образования Госавтоинспекции (Москва 21-22 июня 2016 г.). – Москва : ФКУ НИЦ БДД МВД России, 2016. – 120 с. - С. 3-8
34. Жанказиев, С.В. Анализ состояния дорожного движения методом экспертных оценок [Текст] / С.В. Жанказиев, С.Х. Нгуен // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2019. – №1(87). – С. 7-10.
35. Жанказиев, С.В. Интеллектуальные транспортные системы в автомобильно-дорожном комплексе / В.М.Приходько, В.М. Власов, А.М.Иванов // Книга под общ. ред. В.М.Приходько; МАДИ. М.: ООО «Мэйлер», 2011. - 487 с.
36. Закс Л. Статистическое оценивание / пер. с нем. В.Н. Варыгина, под ред. Ю.П. Аллера, В.Г. Горского. – М., «Статистика», 1976. – 598 с.
37. Зедгенизов А.В., Капский Д.В., Лагерев Р.Ю. Оценка влияния объектов капитального строительства на прилегающую улично-дорожную сеть при организации дорожного движения посредством регулируемых пересечений. НАУКА и ТЕХНИКА. 2021;20(6):506-513.

38. Зедгенизов А.В. Анализ факторов, влияющих на среднее наполнение индивидуального транспорта при посещении территорий / центров массового тяготения разной функциональной направленности. Вестник ИрГТУ, 2016.- № 3(110). – С. 139-144.
39. Зедгенизов А.В. Зедгенизова А.Н.. Особенности сбора исходных данных при оценке числа припаркованных автомобилей возле жилых объектов. Вестник ИрГТУ, 2011.- № 12 (48). – С. 105-108. г. Иркутск.
40. Зедгенизов А.В. Концепция взаимодействия между градостроительной политикой и качеством организации дорожного движения Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. 2019. С. 264-267.
41. Зедгенизов А.В. Лагерев Р.Ю. Левашев А.Г. Методы сбора данных для оценки транспортной доступности. Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния / Материалы XVII международной (двадцатой екатеринбургской) науч.-практ. конф. (16-17 июня 2011 г.) / науч. ред. С.А. Ваксман. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2011. -327 с.
42. Зедгенизов А.В. Методика организации дорожного движения на основе оценки транспортного спроса к центрам массового тяготения по параметрам их расположения на урбанизированных территориях. Информационные технологии и инновации на транспорте / материалы 5-ой Международной научно-практической конференции (22 – 23 мая 2019 года, г. Орёл) // под общей редакцией доктора технических наук, профессора А. Н. Новикова. Орёл: ОГУ имени И. С. Тургенева, 2020. – 47-52 с.
43. Зедгенизов А.В. Организация дорожного движения на основе оценки транспортного спроса к центрам массового тяготения по параметрам их расположения на урбанизированных территориях. Транспортное планирование и моделирование : сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. [11–12 апреля 2019 г.] ; СПбГАСУ. – СПб., 2019. – 68-73 с.
44. Зедгенизов А.В. Оценка влияния объектов капитального строительства на прилегающую улично-дорожную сеть при организации дорожного движения по средствам нерегулируемых пересечений. Техника и технология транспорта, S (13), 2019, 57-63.
45. Зедгенизов А.В. Оценка качества организации дорожного движения на основе транспортного спроса: монография. – Иркутск :Изд-во ИРНИТУ, 2019 – 196 с.
46. Зедгенизов А.В. Оценка транспортного спроса по параметрам функционирования центров массового тяготения на урбанизированных территориях. Мир транспорта и технологических машин № 3(66) 2019 Июль-Сентябрь. – Орёл : Изд-во ОГУ имени И.С. Тургенева, 2019 – 91-97 с.
47. Зедгенизов А.В. Оценка факторов, влияющих на продолжительность парковки возле территорий/центров массового тяготения разной функциональной направленности // Вестник Московского автомобильно-

дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2016. – Вып. 1(44). – С. 100– 105.
48. Зедгенизов А.В. Прогнозирование транспортного спроса к субурбанизированным территориям по параметрам их расположения. Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей X Международной научно-практической конференции (г. Иркутск 21-26 мая 2018 г.) – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2018. 310-316.
49. Зедгенизов А.В. Селянгин К.В. Экспресс-метод оценки ёмкости транспортных расчётных районов при организации дорожного движения на запитывающих пересечениях. Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)» | Выпуск 3 (62), сентябрь 2020. - 72-78.
50. Зедгенизов А.В. Субурбанизация Иркутска: масштаб и последствия // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2016. – № 1(16). – 159–165.
51. Зедгенизов А.В. Факторы, влияющие на формирование транспортных расчетных районов, на примере развития территории г. Иркутска в период с 2005 по 2015 годы. Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость : научный журнал. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2016. – № 2 (17). – 221-228 с.
52. Зедгенизов А.В., Базан А.В. Методика оценки потребного числа мест для паркирования возле центров массового тяготения на урбанизированных территориях. Научный рецензируемый журнал "Вестник СибАДИ". 2020;17(1):72-83.
53. Зедгенизов А.В., Зедгенизова А.Н. Оценка генерации поездок торгово-деловым центром, включающим различные объекты тяготения. Вестник СИБАДИ, 2012. - № 2(24). – С. 18-23 С.
54. Зедгенизов А.В., Зедгенизова А.Н., Михайлов А.Ю. Опыт применения США данных по генерации корреспонденций // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем: материалы IV Междунар. науч.-практ. / под ред. О.Н. Ларина, ЮВ. Рождественского. – Челябинск: ИЦ «ЮУрГУ», 2012. – 350 с.
55. Зедгенизов А.В., Зедгенизова А.Н., Михайлов А.Ю. Основные направления развития транспортного планирования на первой ступени (Trip Generation). Совершенствование образования в области городского транспортного планирования: материалы Рос.-Герм. Конф. По транспортно-градостроительному планированию (Иркутск 25-26 июня 2012 г.). Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – 138 с.
56. Зедгенизова А.Н. Совершенствование методов оценки спроса на услуги автомобильного транспорта на основе характеристик использования городских территорий: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Иркутск, 2013. – 189 с.
57. Игнатьев Ю.В. Возведение автомобильных стоянок и парковок в крупных городах // Вестник ЮУрГУ. 2012. № 17. С. 68-72.

58. Караулова А.В., Базилевский М.П Применение регрессионного анализа при решении реальных задач технического характера // Молодая наука Сибири. 2020. № 3 (9). С. 229-236.
59. Квадрат.ру [Электронный ресурс]. URL: https://www.kvadrat.ru/news/20210428_kak_menyalas_zastroyka_v_rossiyskih_gorodah (дата обращения: 11.01.2023)
60. Конторович, И.Я. Рациональное использование территории городов / И.Я. Конторович, А.Б. Ривкин. − М.: Стройиздат, 1986. − 172 с.
61. Корчева Д.В. Границы рационального использования между общественным и индивидуальным транспортом: дис. … магистранта. Иркутск, 2017
62. Корчева Д.В., Л.П. Догоюсова, А.В. Зедгенизов. Методика проведения натурных исследований в зоне крупных торговых центров. Авиамашиностроение и транспорт Сибири – 2013 :сб. научных трудов студентов и преподавателей института авиамашиностроения и транспорта – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2013. – 98-104 с.
63. Корчева, Д.В., Бурков Д.Г. Зедгенизов А.В. Анализ вариантов расстановки автомобилей на парковке // Авиамашиностроение и транспорт Сибири – 2013: сб. научных трудов студентов и преподавателей Института авиамашиностроения и транспорта. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – С. 89–92.
64. Лагерев Р.Ю., Зедгенизов А.В., Левашев А.Г. Управление насыщенными регулируемыми пересечениями // Городские транспортные системы: вектор развития науки проектирования. Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сб. докл. 10 международной конференции «Организация и безопасность движения в крупных городах. Инновации: ресурс и возможности»; СПбГАСУ. – СПб., 2012. – 516 (148-154) с.
65. Лагерев Р.Ю., Михайлов А.Ю., Зедгенизов А.В. К вопросу о разработке критериев оценки транспортных заторов. Наука образованию, производству, экономике. Материалы десятой международной научно-технической конференции 2012 года. – Минск: Изд-во БНТУ, 2012. 182-183 с.
66. Лапач С.Н. Проблемы построения математических моделей экспериментально-статистическими методами / С.Н. Лапач // Прогресивна техшка і технолопя машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва. Пращ НТУУ "КШ". - Т. 2. - К.: НТУУ "КШ", -1998.- С. 25 - 29.
67. Левашев А.Г. Михайлов А.Ю. Головных И.М. Проектирование регулирумых пересечений: учеб. пособ. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 208 с.
68. Левашев А.Г., Зедгенизов А.В., Иванченко Е.С., Маркова Ю.А. К вопросу об оценке транспортного спроса в зоне крупных центров тяготения. Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния / Материалы XVIII международной (двадцать первой Екатеринбургской) науч.-практ. конф. (16-

17 июня 2012 г.) / науч. ред. С.А. Ваксман. – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2012. – 90-97 с., 406 с.
69. Левин и др. Статистика для менеджеров. – М.: Вильямс, 2004. – с. 792–872.
70. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов. - М.: Транспорт, 1990 г.
71. Методика оценки и расчёта нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий. Р – 03112199 – 0502 – 00 // Минтранс России. – М.: Трансконсалтинг, 2001. – 44 с.
72. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог [Текст] / ОДМ 218.2.020-2012. - – М.: РОСАВТОДОР, 2012. – 110 с.
73. Михайлов А.С. Управление рынком перемещений городского населения / А. С. Михайлов. – Алматы: НИЦ Гылым, 2003. – 237 с.
74. Михайлов А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.
75. Михайлов А.Ю., Шаров М.И., Зедгенизов А.В. Гребенников В.В., Мунин Д.А. Термин транспортная доступность в Российской и зарубежной специальной литературе // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сб. науч. тр., посвященный ежегодной Междунар. науч.-практ. конф. (г. Минск, 24–28 октября 2011 г.). – Минск: Изд-во БНТУ, 2012. – С. 367–373 с.
76. Муковкина В.Е., Бурков Д.Г., Зедгенизов А.В. Предложения по организации паркирования посетителей ТЦ «Город мастеров» // Авиамашиностроение и транспорт Сибири – 2013: сб. науч. тр. студентов и преподавателей Института авиамашиностроения и транспорта. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – С. 116– 121.
77. Муковкина В.Е., Корчева Д.В., Зедгенизов А.В. Оценка продолжительности паркирования транспортных средств возле торгового центра «Город мастеров» // Авиамашиностроение и транспорт Сибири – 2013: сб. науч. тр. студентов и преподавателей Института авиамашиностроения и транспорта. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – С. 104–110.
78. Национальное агентство промышленной безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://napinfo.ru/infographics/uroven-avtomobilizatsii-v-rossii/?utm_source=Sendsay&utm_medium=email (дата обращения: 21.11.2022)
79. Организация дорожного движения в городах: метод. пособ. / под общ. ред. Ю.Д. Шелкова. – М.: Научно-исследовательский центр ГАИ МВД России, 1995. – 143 с.
80. Организация и безопасность движения: метод. указания по выполнению экономической части дипломного проекта для студентов специальности 190702 / сост. Д.С. Фадеев. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. – 26 с.

81. Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. ОДМ 218.2.020-2012.
82. Преловская, Е.С. К вопросу о городской мобильности в современном градостроительстве [Текст] / Е.С. Преловская // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – №4-3. – С. 135-136.
83. Руководство по преобразованию жилой застройки в сложившихся частях городов / ЦНИИП Градостроительства. М.: Стройиздат, 1983. – 74 с.
84. Сакульева Т.Н. Транспортный спрос как функция состояния транспортной сети / Т.Н. Сакульева // Управление. — 2019. — № 3. — С. 47-53.
85. Семчугова Е.Ю. Проблемы организации доступной среды на городском пассажирском транспорте // Инженерный вестник Дона, 2013, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1719 .
86. Сетевое издание «forbes.ru» [Электронный ресурс]. URL: https://www.forbes.ru/biznes/371755-kak-rastut-goroda-etazhnost-rossiyskih-gorodov-vyrosla-v-dva-raza-za-tri-desyatiletiya (дата обращения: 21.11.2022)
87. Сосновский В.А. Планировка городов: учеб. пособ для арх. и строит. спец. вузов / под общ. ред. И.Н. Миловидова, Б.Л. Орловского, А.Н. Белкина. – М.: Высш. шк., 1982. – 104 с.
88. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89. – М.: Минстрой России, 2016. – 94 с.
89. СП 54.13330.2011 Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003.
90. Трофимов А.В. Оценка организации условий дорожного движения на базе системы показателей уровней обслуживания (level of Service). Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания.
91. Черевко С.Н. Строительство парковок в стесненных городских условиях // Инженерный вестник Дона, 2013, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1934.
92. Юдин В.А., Самойлов Д.С. Городской транспорт: учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1975. – 287 с.
93. Юсупов М.Ф. Эффективность организации дорожного движения: проблемы оценки.
94. Яргина З.Н. Градостроительный анализ. – М.: Стройиздат, 1984. – 245 с.
95. Яргина З.Н. Социальные основы градостроительного проектирования: учеб. пособ. – М.: МАРХИ, 1982. – 132 с.
96. Goulias K., Pendylala R., Kitamura R. Practical Method for the Estimation of Trip Generation and Trip Chaining // Transportation Research Record 1285, Transportation Research Board. – Washington, DC. – 1990.
97. Highway Capacity Manual 2000. – Transportation Research Board, National Research Council. – Washington, D.C., USA, 2000.

98. Marsanic, R. Planning Model of Optimal Parking Area Capacity / R. Marsanic, Z. Zenzerovic, E. Mrnjavac // Promet - Traffic&Transportation. - 2010. - Vol. 22, N 6. - pp. 449-457.
99. Meurs H. Dynamic Analysis of Trip Generation // Transportation Research. – 1990. – Vol. 24A, № 6. – P. 427–442.
100. Monzon J., Goulia K., Kitamura R. Trip Generation Models for Infrequent Trips, Transportation Research Record 1288 // Transportation Research Board. – Washington, DC. – 1989.
101. Recker W. The Household Activity Pattern Problem: General Formulation And Solution // Transportation Research. – 1995. – Vol. 29B, № 1. – P. 61–77.
102. Supemak J., Talvitie A., DeJohn A.A. Person-Category Trip-Generation Model // Transportation Research Record 944, Transportation Research Board. – Washington, DC. – 1983.
103. Thomas Richter. Planung von Autobahnen und LandstraBen // Springer Fachmedien Wiesbaden 2016. ISBN 978-3-658-13008-4. https://doi.org/10.1007/978-3-658- 13009-1
104. Tom V. Mathew, K.V. Krishna Rao. Introduction to Transportation Engineering // TRIP GENERATION NPTEL. – May 24. – 2006.
105. Trip Generation Handbook, 2nd Edition: An ITE Recommended Practice. Washington, DC: ITE, 2004.
106. Voorhees A.M. A general theory of traffic movement. ITE, 1955.
107. Wilson A. G. A family of spatial interaction models and associated developments // Envir. & Plan. A. – 1971. – Vol. 3. – P. 255–282.
108. Wilson A.G. A statistical theory of spatial distribution models // Transpn. Res. – 1967. – Vol. 1. – P. 253–270.
109. Yao L., Guan H. Trip generation Model Based on Destination // Attractiveness Tsinghua science and technology. – October 2008. – Vol. 13, No. 5. – P. 632–635.
110. Zedgenizov A.V. The estimation of correspondence generation to the residential district of city center. «Nauka i studia», 2014. – No. 16(126). – P. 76–83.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица П1 – Перечень сокращений, применяемых в диссертации

Сокращение	Расшифровка
АТИП	Автомобильный транспорт индивидуального пользования
МЖЗ	Многоэтажная жилая застройка
УДС	Улично-дорожная сеть
ОДД	Организация дорожного движения

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

МУНИЦИПАЛЬНОЕ КАЗЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ДИРЕКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И МОСТОВ ГОРОДА ТЮМЕНИ»
(МКУ «Дирекция автомобильных дорог и мостов города Тюмени»)

ул. Ленина, д. 57/3, г. Тюмень, 625000;
тел.: (3452) 29-74-83; e-mail: DorMost@tyumen-city.ru;
http://www.tyumen-city.ru

01.09.2023 № б/н
на № _____ от _____

АКТ
о внедрении результатов диссертационного исследования

Выдан старшему преподавателю Т.Б. Брянских для предоставления в диссертационный совет в том, что результаты научного исследования, направленного на повышение качества организации движения и транспортного обслуживания жителей многоэтажной застройки, основанного на оценке и прогнозировании интенсивности транспортных потоков вблизи существующих и строящихся крупных жилых районов внедрены в практическую деятельность МКУ «Дирекция автомобильных дорог и мостов города Тюмени» при выполнении работ по текущему содержанию и ремонту, а также при проектировании автомобильных дорог в г. Тюмень.

Директор Е.А.Захаров