

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

На правах рукописи

ЗЕДГЕНИЗОВ Антон Викторович

**МЕТОДОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ  
ДВИЖЕНИЯ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ЦЕНТРОВ  
МАССОВОГО ТЯГОТЕНИЯ**

05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

**ДИССЕРТАЦИЯ**  
на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Научный консультант  
д.э.н, доцент, заслуженный работник транспорта РФ,  
почетный дорожник России Солодкий Александр Иванович

Санкт-Петербург – 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>6</b>
<b>ГЛАВА 1 Современное состояние теории и практики организации дорожного движения и оценки транспортного спроса .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. Основы организации дорожного движения при обслуживании ЦМТ 20</b>	
<b>1.2. Основы оценки транспортного спроса и его прогнозирования на перспективу .....</b>	<b>23</b>
<b>1.3. Особенности оценки транспортного спроса по целевым корреспонденциям.....</b>	<b>34</b>
<b>1.4. Математические модели оценки транспортного спроса на досетевом уровне.....</b>	<b>38</b>
<b>1.5. Особенности функционирования городской территории .....</b>	<b>45</b>
1.5.1. Основные функциональные зоны города.....	45
1.5.2. Транспортное зонирование территории города.....	47
<b>Выводы по главе: .....</b>	<b>49</b>
<b>ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОРГАНИЗАЦИЮ ДВИЖЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА.....</b>	<b>52</b>
<b>2.1 Формирование типологии ЦМТ.....</b>	<b>54</b>
<b>2.2 Факторы, влияющие на формирование транспортного расчетного района .....</b>	<b>62</b>
2.2.1 Транспортные расчетные районы на примере г. Иркутск .....	63
2.2.2. Формирование устойчивых агломерационных связей города и зоны его влияния.....	79
2.2.3. Оценка транспортного спроса на разных уровнях проектирования .....	90
2.2.4. Экспресс-метод оценки транспортного спроса к ТРР .....	93
<b>2.3. Количественные характеристики функционирования ЦМТ и их влияние на формирование транспортного спроса .....</b>	<b>97</b>
2.3.1 Факторы, влияющие на удельную генерацию корреспонденций.....	98
2.3.2 Факторы, влияющие на продолжительность парковки .....	104
2.3.3 Факторы, влияющие на коэффициенты суточной неравномерности....	118
2.3.4 Факторы, влияющие на долю посетителей ЦМТ на ИТ .....	120
2.3.5 Факторы, влияющие на среднее наполнение ИТ.....	134

<b>2.4. Математическое описание транспортного спроса на основе количественных характеристик функционирования урбанизированных территорий.....</b>	<b>141</b>
<b>2.5. Математическое описание организации движения ТС на основе оценки транспортного спроса к ЦМТ .....</b>	<b>144</b>
2.5.1. Математическое описание уровня обслуживания движения.....	144
2.5.2. Математическое описание коэффициента загрузки нерегулируемых пересечений .....	145
2.5.3. Математическое описание коэффициента загрузки регулируемых пересечений .....	155
<b>Выводы по главе: .....</b>	<b>158</b>
<b>ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ..</b>	<b>162</b>
<b>3.1. Выявление общей информации функционирования ЦМТ .....</b>	<b>162</b>
<b>3.2. Оценка количественных характеристик функционирования ЦМТ ...</b>	<b>169</b>
<b>3.3. Обработка и группировка данных натурных исследований .....</b>	<b>176</b>
<b>3.4. Проведение кластерного анализа.....</b>	<b>180</b>
3.4.1. Особенности применения кластерного анализа для классификации ЦМТ .....	181
3.4.2. Применение иерархических и неиерархических методов кластеризации ..	183
<b>3.5. Статистические критерии и особенности их применения.....</b>	<b>185</b>
3.5.1. Уравнения регрессии и критерии их оценки .....	185
3.5.2. Проверка гипотезы о принадлежности крайних значений к выборке .	187
<b>Выводы по Главе:.....</b>	<b>187</b>
<b>ГЛАВА 4. Результаты анализа экспериментальных данных организации движения и оценки транспортного спроса.....</b>	<b>189</b>
<b>4.1. Обоснование типологии ЦМТ .....</b>	<b>189</b>
<b>4.2. Результаты анализа формирования транспортного расчетного района на примере г. Иркутск.....</b>	<b>192</b>
4.2.1. Результаты анализа формирования устойчивых агломерационных связей города и прилегающей территории на примере г. Иркутск .....	196
4.2.2. Результаты применения Экспресс-метода оценки транспортного спроса к транспортным расчетным районам .....	202
4.2.3. Результаты анализа данных коэффициента непрямолинейности.....	205

<b>4.3. Результаты анализа экспериментальных данных количественных характеристик функционирования ЦМТ и оценка их влияния на формирование транспортного спроса .....</b>	<b>209</b>
4.3.1. Удельная генерация корреспонденций.....	210
4.3.2. Методика оценки потребного числа парковочных мест .....	213
4.3.3. Коэффициенты суточной неравномерности .....	219
4.3.4. Распределение доли посетителей, прибывающих на ИТ.....	222
4.3.5. Среднее наполнение ИТ .....	230
<b>4.4. Результаты анализа экспериментальных данных оценки функциональных зависимостей, отражающих взаимосвязь между транспортным спросом и параметрами расположения ЦМТ .....</b>	<b>238</b>
4.4.1. Оценка транспортного спроса по полному факторному пространству.....	239
4.4.2. Оценка транспортного спроса по укрупненной типологии .....	241
4.4.3. Оценка транспортного спроса по типам ЦМТ.....	246
<b>4.5. Методика прогнозирования интенсивности транспортных потоков при обслуживании ЦМТ .....</b>	<b>253</b>
4.5.1. Сбор исходных данных .....	254
4.5.2. Оценка суточного объема посетителей .....	257
4.5.3. Оценка транспортного спроса к ТРР .....	259
4.5.4. Прогнозирование интенсивности ИТ .....	260
4.5.5. Пример оценки транспортного спроса к ТРР .....	262
<b>4.6. Методика организации дорожного движения и оценки влияния ЦМТ (ОКС) на прилегающую УДС .....</b>	<b>265</b>
<b>ГЛАВА 5. Социально-экономическое обоснование научного подхода оценки транспортного спроса по параметрам расположения ЦМТ на урбанизированных территориях.....</b>	<b>279</b>
<b>5.1. Методика оценки трудоемкости натурального эксперимента.....</b>	<b>279</b>
<b>5.2. Социально-экономический эффект при оценке транспортного спроса на микроуровне .....</b>	<b>282</b>
5.2.1. Оценка существующего состояния перекрестка .....	284
5.2.2. Оценка основных количественных характеристик пересечения в случае увеличения производственных мощностей ИАЗ.....	289
5.2.3. Оценка косвенного экономического эффекта в связи с увеличением производственных мощностей на ИАЗ.....	291
<b>5.3. Экономический эффект, связанный с внедрением методологии организации движения на основе оценки транспортного спроса .....</b>	<b>296</b>
<b>ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ .....</b>	<b>299</b>



<b>Список использованной литературы .....</b>	<b>303</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Средняя продолжительность паркирования .....</b>	<b>320</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Доля посетителей ЦМТ на ИТ .....</b>	<b>321</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Коэффициенты суточной неравномерности функционирования ЦМТ.....</b>	<b>323</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Среднее наполнение ИТ.....</b>	<b>325</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Основные термины и определения .....</b>	<b>327</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Бланки обследования .....</b>	<b>330</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Типология ЦМТ ТРР г. Иркутск .....</b>	<b>334</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Мировые процессы хозяйственной деятельности, включающие в себя новые принципы распределения рабочей силы, переработки природных ресурсов, а также создание принципиально новых информационно-культурных ресурсов создают предпосылки для предпочтительного проживания и приложения труда на урбанизированных территориях, что, в свою очередь, стимулирует расширение и наращивание производственно-хозяйственной, научно-культурной и политико-административной деятельности в городах. Вместе с положительными эффектами возникают и негативные последствия урбанизации. К ним, как правило, относят необходимость преодоления больших расстояний между местами проживания, приложения труда и другими центрами массового тяготения (ЦМТ), снижение скорости сообщения доставки грузов и пассажиров, рост уровня автомобилизации, ухудшение экологической обстановки, увеличение заболеваемости, в т. ч. психологической, высокую зависимость от ресурсов жизнеобеспечения.

В этой связи, во второй половине 20-го века в США, в 70–80 годы в европейских странах и последние десятилетия в нашей стране наметилась чёткая тенденция к субурбанизации, что позволяет сохранить преимущества жизни и приложения труда в городской среде, но при этом снизить её негативные эффекты. Таким образом, сложная, а во многих крупных и крупнейших городах критическая транспортная ситуация усугубляется процессами активной субурбанизации, которая, по сути, является катализатором использования индивидуального транспорта (ИТ), поскольку порождает расширение фактического использования территории пригорода с малой плотностью населения, генерирующая способность которой часто не превышает 10–12 чел./Га. Кроме этого, в настоящее время нарастает необходимость в освоении новых территорий Дальнего Востока, Восточной Сибири, Якутии и Арктики, что потребует обоснования мощности и величины пассажиропотоков, тяготеющих к вновь возникающим ЦМТ.

Разработка специальной документации, регламентирующей развитие территорий и режимов их функционирования, их транспортного обслуживания и разработки проектов организации дорожного движения, а также своевременное полное и качественное удовлетворение потребности в перевозках, требует наличия инструментария, позволяющего производить оценку влияния объектов капитального строительства (ОКС), ЦМТ и субурбанизированных территорий на прилегающую УДС, что, в свою очередь, влечет потребность в прогнозировании интенсивности транспортных потоков от генеральных планов агломераций до проектов организации дорожного движения (ПОД). Вместе с этим существующие методы прогнозирования интенсивности транспортных потоков и оценки транспортного спроса, основанные на применении исходных данных, которые в настоящее время труднодоступны, например, составляют коммерческую тайну, не отражают современных закономерностей функционирования ЦМТ. Поэтому применение существующих методов наталкивается на противоречие, связанное с отсутствием научных знаний о закономерностях функционирования ЦМТ и возникающего при этом транспортного спроса, трансформирующегося в интенсивность движения на улично-дорожной сети (УДС), а также в виде пассажиропотока на сети общественного транспорта (ОТ).

Особую актуальность приобретает необходимость научных исследований, направленных на оптимизацию планирования и организацию перевозок населения при обслуживании ЦМТ, расположенных на урбанизированных территориях в свете 443 федерального закона, требующего: разработки ПОД при строительстве или реконструкции ОКС; подготовки материалов инженерных изысканий, результатов исследования существующих и прогнозируемых параметров дорожного движения и статистической информации этих параметров; обеспечения эффективности организации дорожного движения (ОДД), которое должно быть учтено при размещении ОКС; необходимости расчета вместительности (количество машино-мест) парковок общего пользования и др. Наличие таких научных

исследований в виде предлагаемых частных методик позволит выполнять прогнозы объемов движения на стадии генеральных планов, комплексных транспортных схем, проектов детальной планировки и проектов организации дорожного движения, что, несомненно, повысит точность, снизит трудоемкость прогнозов, оптимизирует затраты на перевозку грузов и пассажиров и, как следствие, повысит качество транспортного обслуживания жителей городов и зон их влияния.

**Степень разработанности темы исследования.** Большой вклад в развитие организации движения, транспортного планирования, оценки транспортного спроса, а также проектирования и эксплуатации транспортных систем городов внесли И.С. Ефремов, Е.М. Лобанов, В.В. Сильянов, П.А. Кравченко, Г.В. Шеллеховский, В.М. Власов, С.В. Жанказиев, В.В. Зырянов, А.И. Солодкий, А.Э. Горев, М.С. Фишельсон, Ю.А. Ставничий, Г.И. Клинковштейн, В.А. Гудков, М.Б. Афанасьев, Л.Б. Миротин, А.Ю. Белинский, Ю.В. Трофименко, С.А. Евтюков, А.В. Городков, В.И. Рассоха, А.Н. Новиков, В.А. Черепанов, И.Н. Пугачёв, Д.С. Самойлов, В.Н. Мягков, А.М. Плотников, Н.С. Пальчиков, В.П. Федоров, Л.А. Лосин, А.А. Алоян, М. Вол, Вукан Р. Вучик, В.В. Шештокас, Г.А. Гольц, В.М. Курганов, А.Ю. Михайлов, Ю.Г. Котиков, В.Н. Лившиц, А.И. Стрельников, М.Р. Якимов, Э.А. Сафронов, А.В. Сигаев, И.М. Смоляр, В.А. Юдин, У. Бранольте, А.Н. Асуал, J. Ortuzar, R. Kitamura, E. Ohstrom, K. Goulias, G.A. Carrothers, A.M. Voorhees, A.G. Wilson и многие другие ученые, а так же в ряде руководств Trip Generation manual, Trip Generation Handbook.

Вопросы градостроительства и основные принципы функционирования и взаимодействие урбанизированных территорий рассматривали в своих трудах следующие ученые: Ю.Н. Бочаров, А.О. Кудрявцев, А.П. Ромм, Ю.В. Алексеев, Л.Ф. Бучев, М.Я. Вильнер, А.В. Городков, А.С. Михайлов, Ю.А. Михалев, Ю.М. Моисеев, Е.С. Пронин, В.А. Сосновский и многие другие.

**Цель исследования** – разработка методологии, позволяющей комплексно оценивать и повышать качество транспортного обслуживания населения крупных городов при обслуживании ЦМТ.

**Задачи исследования:**

1. Разработать и научно обосновать типологию ЦМТ, учитывающую современные типы, на основе их количественных характеристик функционирования.
2. Разработать методику проведения экспериментальных исследований и обработки полученных результатов как базовой части методологии повышения качества организации движения, и на её основе, с учётом типологии ЦМТ, выявить: удельную генерацию корреспонденций; среднюю продолжительность парковки; коэффициенты суточной неравномерности функционирования ЦМТ; распределение доли посетителей на ИТ; среднее наполнение ИТ.
3. Выявить закономерности корреляционно-регрессионной связи между транспортным спросом, выраженным количеством корреспонденций и параметрами расположения ЦМТ: площадь, расстояние от центра города и магистральной улицы.
4. Разработать нормативные зависимости, отражающие потребное число парковочных мест, при транспортном обслуживании ЦМТ, и на их основе создать методику оценки потребного числа парковочных мест.
5. Выявить закономерности корреляционно-регрессионной связи, позволяющие оценивать транспортный спрос к ЦМТ и субурбанизированным территориям по параметрам их расположения.
6. Разработать методику прогнозирования интенсивности транспортных потоков на основе оценки транспортного спроса к ЦМТ с учётом выявленных характеристик функционирования, полученных функциональных зависимостей и параметров расположения.

7. Разработать методику организации движения, позволяющую учитывать влияние ЦМТ на прилегающую УДС на основе прогнозирования интенсивности транспортных потоков.
8. Разработать экспресс-метод прогнозирования интенсивности транспортных потоков к агрегированным ЦМТ с монофункциональной застройкой, обладающий существенным снижением трудоёмкости при требуемой точности.
9. Выполнить производственную проверку результатов исследований и провести их технико-экономическую оценку.

**Объектом исследования** является качество организации движения при транспортном обслуживании ЦМТ, основанное на балансе пропускной способности, запрашиваемых пересечений и формированием интенсивности транспортных потоков, тяготеющих к ЦМТ.

**Предметом исследования** являются закономерности качества организации движения, основанные на учёте особенностей формирования интенсивности транспортных потоков, тяготеющих к ЦМТ и факторов, определяющих пропускную способность пересечений.

**Рабочая гипотеза** состоит в том, что качество транспортного обслуживания населения можно существенно повысить путём разработки и применения методологии, позволяющей прогнозировать интенсивность транспортных потоков, возникающих при функционировании ЦМТ.

**Методологическая основа исследования:**

- комплекс теоретических и экспериментальных методов анализа параметров расположения ЦМТ на урбанизированных территориях, количественных характеристик, обуславливающих их функционирование при установленной типологии ЦМТ;
- системный анализ, теория вероятности и математическая статистика, теория алгоритмов, физическое и натурное моделирование.

**Область исследования** соответствует требованиям паспорта научной специальности 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта», п. 2. «Оптимизация планирования, организации и управления перевозками пассажиров и грузов, технического обслуживания, ремонта и сервиса автомобилей, использования программно-целевых и логистических принципов»; п. 6 «Организация безопасности перевозок и движения, обоснование и разработка требований и рекомендаций по методам подбора, подготовки, контроля состояния и режимам труда и отдыха водителей»; п. 14. «Развитие инфраструктуры перевозочного процесса, технической эксплуатации и сервиса».

**Научная новизна исследований:**

1. Разработана и научно обоснована типология ЦМТ, основанная на количественных характеристиках функционирования и учитывающая современные типы ЦМТ с отличными от традиционных режимов транспортного обслуживания.
2. Впервые разработана база данных количественных характеристик транспортного обеспечения ЦМТ, на основе показателей их функционирования (коэффициенты суточной неравномерности; удельная генерация корреспонденций, средняя продолжительность парковки ИТ, доля посетителей на ИТ и среднее наполнение ИТ).
3. Впервые получены закономерности высокой корреляционно-регрессионной связи между транспортным спросом и параметрами расположения ЦМТ.
4. Впервые предложена методология, направленная на комплексное повышение качества транспортного обслуживания населения при посещении ЦМТ, включающая перечень методик: экспериментальных исследований и обработки полученных результатов; расчёта потребности парковочных мест на основе разработанных и скорректированных нормативных зависимостей; прогнозирования интенсивности транспортных потоков на основе оценки транспортного спроса к ЦМТ; оценки влияния ЦМТ на прилегающую УДС

на основе интегрированных математических моделей; прогнозирования интенсивности транспортных потоков к агрегированным ЦМТ, обладающих монофункциональной застройкой со значительным снижением трудоёмкости на основе коэффициента использования территорий.

**Теоретическая значимость исследования.** Выявленные закономерности позволяют значительно расширить знания о процессах функционирования ЦМТ и возникающей при этом интенсивности транспортных потоков, обусловленных транспортным спросом, а также количеством корреспонденций между ТРР. Полученные функциональные зависимости позволяют исследовать процесс функционирования ЦМТ и выявлять транспортный спрос, выраженный числом корреспонденций к этим ЦМТ. Предложенные математические модели по средствам расчета коэффициента загрузки и уровня обслуживания движения позволяют оценить влияние ЦМТ на прилегающую УДС, используя транспортный спрос к этим ЦМТ.

**Практическая значимость работы.** Предложенная методология организации движения при обслуживании ЦМТ может быть использована в проектных институтах, институтах генерального плана, транспортных и градостроительных лабораториях, специализированных учреждениях, занимающихся оптимизацией планирования и организацией перевозок, транспортным планированием, организацией и безопасностью движения, разработкой специализированного транспорта, проектами землепользования. Преподавательскому корпусу технических и архитектурно-строительных вузов, читающим дисциплины: организация и безопасность дорожного движения (БДД), транспортное планирование и моделирование и др. Предлагаемая методология позволит повысить качество подготовки специалистов в области ОДД, транспортного планирования и управления перевозками пассажиров.



**На защиту выносятся следующие научные положения:**

1. Оценка транспортного спроса к ЦМТ возможна на основе присущих им уникальных свойств, которые можно идентифицировать по средствам количественных характеристик функционирования и классификации, сформированной по этим характеристикам.
2. Предложенная методика проведения экспериментальных исследований, направленная на выявление количественных характеристик функционирования ЦМТ и включающая технико-экономическое обоснование выбора способа фиксации искомых событий.
3. Транспортный спрос к ЦМТ следует определять по закономерностям высокой корреляционно-регрессионной связи на основе типологии ЦМТ и их параметров расположения, что позволяет повысить точность прогнозирования интенсивности транспортных потоков и снизить его трудоёмкость.
4. Качество транспортного обслуживания посетителей ЦМТ, использующих ИТ, можно существенно повысить путем применения методики расчета потребного числа парковочных мест на основе разработанных и скорректированных нормативных зависимостей.
5. Разработанная методика прогнозирования интенсивности транспортных потоков на основе полученных закономерностей оценки транспортного спроса позволяет повысить качество организации движения и транспортного обслуживания населения.
6. Оценка влияния ЦМТ на прилегающую УДС должна осуществляться на основе разработанных интегрированных математических моделей, позволяющих определить коэффициент загрузки и уровень обслуживания движения.
7. Транспортный спрос к агрегированным ЦМТ с монофункциональной территорией может определяться с помощью экспресс-метода, основанного на типологии ЦМТ, коэффициенте использования территории и её генерирующей способности, что позволит существенно снизить трудоёмкость расчётов.

**Личный вклад автора** заключается в: научном обосновании типологии ЦМТ, статистической обработке натурных исследований и их группировке для регрессионно-корреляционного анализа; получении коэффициентов, отражающих неравномерность загрузки ЦМТ по часам суток; выявлении количественных характеристик ЦМТ, обуславливающих их функционирование и позволяющих производить расчет генерирующей способности, необходимого числа парковочных мест и др.; установлении зависимостей, отражающих потребное число мест парковки на основе типологии и площади ЦМТ; получении функциональных зависимостей, отражающих взаимосвязь между характеристиками функционирования ЦМТ и транспортным спросом; разработанной методологии ОДД по средствам применения интегрированных математических моделей, учитывающих транспортный спрос, выраженный интенсивностью транспортного потока в запрашиваемых сечениях ЦМТ; проведенной производственной проверке, позволяющей подтвердить высокую точность и эффективность научных результатов настоящего исследования.

**Методы и средства исследования.** Экспериментальные исследования процесса функционирования ЦМТ проводились в виде пассивного эксперимента, включающего учет особенностей расположения запрашиваемых сечений и рельефа местности, направленного на фиксацию ключевых моментов прибытия/убытия посетителей, в том числе и на ИТ. В аналитических исследованиях использованы численные методы статистического анализа и математического моделирования. Обработка экспериментальных данных осуществлялась на основе методов теории вероятности и математической статистики с использованием пакетов прикладных программ Statistica, MathCad и др.

**Предполагаемые формы внедрения и ожидаемые результаты.** Методология, а также реализующие её методы и методики, справочные материалы и базы данных могут быть внедрены в организациях, занимающихся организацией и БДД, планированием перевозок пассажиров, проектными изысканиями развития территорий и транспортным планированием. Их внедрение позволит снизить

трудоемкость, повысить информативность и точность транспортного планирования на всех стадиях проектирования, повысить качество транспортного обслуживания. Внедрение в департаменты транспорта и городского обустройства позволит значительно повысить прогнозирование влияния ЦМТ на прилегающую УДС и, следовательно, уже на стадии проектирования ЦМТ принимать необходимые меры для обеспечения необходимого уровня обслуживания движения прилегающей УДС.

**Апробация работы.** В период с 2011 по 2020 гг. материалы и результаты проведенного научного исследования представлены и получили одобрение на: III и IV Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем» (г. Челябинск, 12 мая 2011 г., 3 мая 2012 г.); II-VII Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной ко дню космонавтики «Авиамашиностроение и транспорт Сибири» (г. Иркутск, апрель 2012–2018 гг.); 99-й Международной научно-технической конференции «Безопасность колёсных транспортных средств в условиях эксплуатации» (20–22 апреля 2017 г.); VIII Международной научно-практической конференции «Дни науки – 2012» (г. Прага, 20–22 марта 2012 г.); VIII Международной научно-практической конференции «Научное пространство Европы – 2012» (Пшемысль, Польша, 6–7 апреля 2012 г.); XVIII Международной (двадцать первой Екатеринбургской) научно-практической конференции (Екатеринбург, 16–17 июня 2012 г.); Международной Российской-Германской конференции по транспортно-градостроительному планированию «Совершенствование образования в области городского транспортного планирования» (г. Иркутск, 25–26 июня 2012 г.); X-XIII международной научно-практической конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (г. Санкт-Петербург, сентябрь 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 гг.); IV, V Международной научно-практической конференции «Транспортное планирование и моделирование» (г. Санкт-Петербург, 11–12 апреля 2019 г.; Москва, 15–16 апреля 2020

г.); IV, V, VI Международных научно-практических конференциях «Информационные технологии и инновации на транспорте» (г. Орел 15–16 мая 2018 г.; 22–23 мая 2019 г.; 20 мая 2020 г.); Международная научная конференция Интерстроймех – 2019 (ISM – 2019) (г. Казань, 11–12 сентября 2019 г.); VI Международной научно-практической конференции «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации» (Омск, 28–29 ноября 2019 г).

**Реализация результатов работы.** Результаты исследований внедрены в комитете по градостроительной политике г. Иркутска, в ООО «ЖИЛСТРОЙ-НН» г. Нижний Новгород, в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт территориального развития и транспортной инфраструктуры» г. Санкт-Петербург, а также в учебный процесс кафедры Автомобильного транспорта ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» и кафедры Транспортных систем ФГБОУ ВО «СПбГАСУ».

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 66 работ общим объемом 56,84 условных печатных листа, в т. ч. 18 публикаций в изданиях перечня ВАК РФ, 10 публикаций, индексируемых международной системой цитирования Scopus и Web of Science, 3 монографии.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и выводов по работе, изложена на 342 страницах машинописного текста, включает 54 таблицы, 92 рисунка, 249 литературных источников, 8 приложений на 18 страницах.

## **ГЛАВА 1 Современное состояние теории и практики организации дорожного движения и оценки транспортного спроса**

Последнее столетие ознаменовано ростом производительности труда, повышением эффективности, переходом на новые технологии и принципы производства, вовлечением научно-технического прогресса в повсеместную жизнь и быт людей. Такая концентрация наукоемкого производства практически во всех сферах жизнедеятельности человека привела к необходимости проектирования и строительства особых мест приложения труда и, соответственно, проживания – городов особого народно-хозяйственного значения. Город – это особая форма концентрации большого числа людей, ресурсов, включая энергетические, информационной и культурной среды, в которой человек может достаточно полно реализовать свой потенциал. Кроме того, город предлагает комфортные условия для проживания и весьма обширные возможности для проведения досуга. Все преимущества жизнедеятельности в городах приводят к росту их численности, значительному расширению границ города, и как следствие, к проблемам с экологией, здоровьем, транспортной доступностью и другим серьезным социальным проблемам, характерным для крупных и крупнейших городов (от 250 000 чел.) [152, 153].

В особенности следует отметить тот факт, что динамика роста доли городского населения в России, по сравнению с общемировыми тенденциями, примерно в 2 раза выше. Так, например, в начале XX века доля городского населения в общемировом масштабе составляла примерно 15%, в России (СССР) она была 30%; в середине того же столетия 28% против 52%; в конце XX и начале XXI века – 43 % и 72%, соответственно [39]. Причем, если в первой половине XX века рост городов осуществлялся исключительно за счет сельского населения, то во второй половине XX века, преимущественно ближе к концу – за счет малых и моногородов (рис. 1.1).

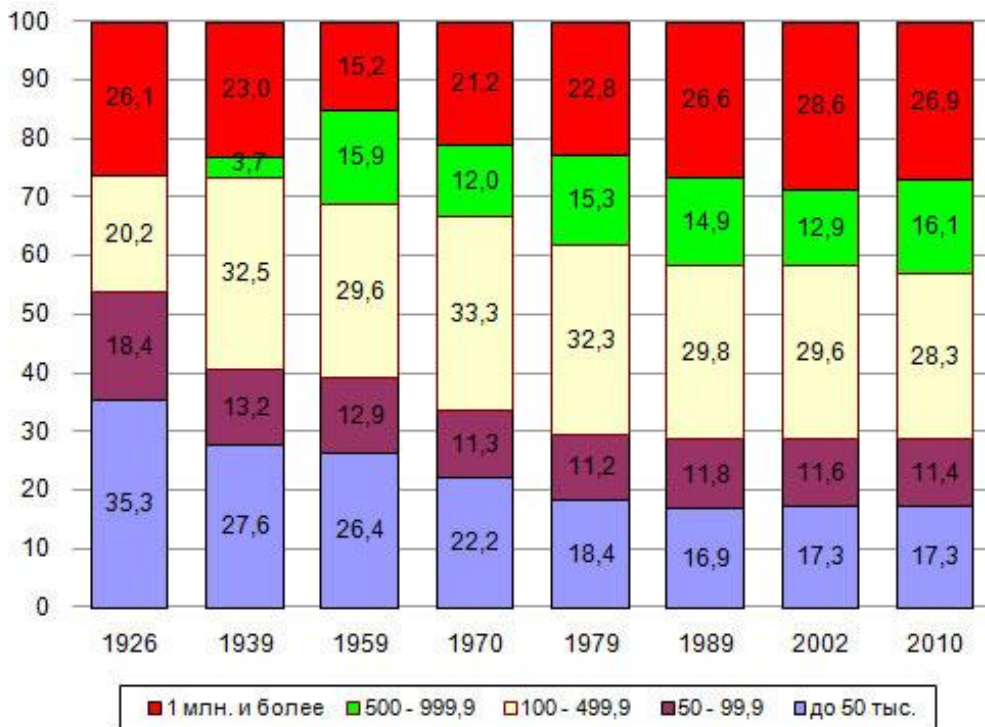


Рисунок 1.1. Распределение населения городов России по городам разной численности, по данным переписей и текущего учета (на начало 2010 года), % [163, 90]

Вопросы градостроительной направленности широко освещены в отечественной и зарубежной литературе [13, 25, 26, 27, 40, 43, 11, 58, 47, 56, 68, 87, 91, 113, 115, 118, 121, 122, 127, 134, 136, 140, 141, 144, 145, 146, 151, 153, 154, 155, 156, 166, 167, 172, 173, 174]. Представляется, что на сегодняшнем этапе развития человечества необходимо искусственно ограничить рост существующих городов, стимулировать освоение и развитие прилегающей территории к городам, объединение этой территории в агломерационные зоны, возрождение малых и моногородов путем переноса части производства и других функций, в том числе и административных, из городов-мегаполисов. Такие территории должны обладать большинством преимуществ крупных городов, но при этом будут лишены их недостатков. К основным недостаткам, прежде всего, необходимо отнести необходимость преодоления больших расстояний между местами проживания и приложениями труда или отдыха, а также разного рода источниками ресурсов, которые сказываются на обеспечении быта и производства (электроэнергия,

водо-, газоснабжение, транспортные коммуникации, высокоскоростные каналы связи и др.). На современном этапе развития технологий проблема перемещения в пространстве стоит не так остро, как в XX веке. Наземные виды транспорта способны реализовывать высокие скорости сообщения в пределах 300–350 км/ч, а отдельные виды транспорта и до 500 км/ч, что позволяет расширить радиус агломерации до 100–150 км. Ярким примером может служить «Парижская агломерация», в рамках которой функционирует сеть скоростных поездов, развивающих скорости сообщения 300–350 км/ч. Транспортировка ресурсов также не является значительной проблемой, поскольку современные технологии способны передавать электроэнергию на большие расстояния без существенных потерь. Такую концепцию дальнейшего развития градостроительно-транспортной политики предлагают и наши отечественные специалисты [26, 3, 4].

Освоение прилегающей к крупным и крупнейшим городам территории (субурбанизация) позволит создать предпосылки для развития других секторов народного хозяйства, прежде всего, аграрного сектора, что, несомненно, приведет к повышению продовольственной безопасности (независимости), улучшению физического и психологического здоровья нации, увеличению рождаемости и продолжительности жизни, улучшению качества жизни населения в целом.

Кроме того, разуплотнение и отток части жителей крупных городов в пригороды-агломерации позволит совершенно иным образом проектировать и обустроить жизнь горожан, предпочитающих городской образ жизни. Эти изменения обернутся, прежде всего, снятием транспортного коллапса, снижением выбросов продуктов сгорания ДВС в атмосферу и, как следствие, повышением качества воздуха, разуплотнением городской среды, общественных пространств, снижением ажиотажного спроса на жилье и др. В качестве наглядного примера следует привести г. Портленд, в котором в 1996 году была принята программа постуглеродного города (post-carbon city). Это предполагало резкое сокращение автомобильного трафика в городе, развитие общественного транспорта, переход к возобновляемым источникам энергии. Сегодня в Портленде самое большое в

США количество гибридных авто и «зеленых» домов. Каждый год объем продаж бензина сокращается на пять процентов. За десять лет длина велосипедных дорожек увеличилась в пять раз, а объем железнодорожных перевозок вырос почти в два раза.

Важной особенностью функционирования городской территории крупных и крупнейших городов (столиц, областных и промышленных центров) сегодня является её универсальность, её возможность сочетать в себе несколько функций. Например, сегодня сложно представить крупный торговый центр без дополнительного сервиса в виде системы общественного питания или сервисов бытовой направленности. Спальные микрорайоны и «точечная застройка» тоже «обрастают» сопутствующими сервисами, общественными пространствами [6], и именно поэтому монофункциональная территория перестает удовлетворять запросам горожан; сегодня город нуждается в глобальной трансформации, цель которой заключается в повышении качества жизни горожан, а методы оценки транспортного спроса, учитывающие эти трансформации в принципиально новых подходах, позволяют производить мониторинг основных сфер жизнедеятельности городского населения как на оперативном, так и на стратегическом уровнях планирования.

### 1.1. Основы организации дорожного движения при обслуживании ЦМТ

Пропускная способность УДС является основным критерием оценки её потенциальных возможностей, т.е. величиной транспортного предложения, сформированного как на отдельных её участках, так и в масштабе города (района города). Проблематика оценки пропускной способности автомобильных дорог и её элементов достаточно широко изучена и представлена в отечественной и зарубежной литературе [5, 37, 41, 46, 102, 129, 170, 139, 159, 157, 132, 133, 192, 193 и др.]. Пропускная способность УДС зависит преимущественно от геометрических



особенностей дорог и улиц, таких как число полос и их ширина, наличие обочины и её ширина, плотности пересечений левых и правых поворотов, наличия дорожной разметки, параметров продольного и поперечного профиля и других особенностей. Кроме этого, на пропускную способность элементов УДС оказывают влияние такие факторы, как скоростной режим, наличие дорожной разметки, ограждающих устройств, канализирование транспортных потоков и др. При оценке пропускной способности отдельных элементов УДС, особенно пересечений в одном уровне, следует обращать внимание на соотношение интенсивностей в конфликтующих направлениях, от которых в конечном счете и будет зависеть величина пропускной способности рассматриваемых на пересечении направлений движения. В итоге именно пересечения являются теми элементами УДС, которые существенно снижают её пропускную способность. Транспортный спрос, возникающий при транспортном обслуживании ЦМТ, может создавать значительные нагрузки на прилегающую к нему УДС, особенно если учитывать пиковые периоды массового прибытия или убытия транспортных средств индивидуально использования через запрашиваемые пересечения.

Наряду с транспортным предложением, одним из основных критериев оценки эффективности функционирования УДС является соотношение транспортного спроса, трансформирующегося в интенсивность индивидуального транспорта на УДС и транспортного предложения, выраженного пропускной способностью УДС. Данное соотношение называется уровнем загрузки УДС и выражается коэффициентом загрузки. Для нормальных условий движения такая система должна отвечать условию сбалансированности, т.е. удовлетворять выражению (1.1). Таким образом, следует заключить, что эффективность функционирования УДС в целом будет преимущественно зависеть от ОДД на отдельных его узлах (пересечениях), в том числе и при обслуживании посетителей ЦМТ на ИТ.

Согласно федеральному закону № 433 от 29.12.2017 г. «Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», организация дорожного движения – это деятельность по упорядочению движения транспортных средств и (или) пешеходов на дорогах, направленная на снижение потерь времени (задержек) при движении транспортных средств и (или) пешеходов при условии обеспечения безопасности дорожного движения. А эффективность этой деятельности преимущественно зависит от соотношения потерь времени (задержек) при движении транспортных средств и (или) пешеходов до и после реализации мероприятий по организации дорожного движения при условии обеспечения безопасности дорожного движения. Кроме того, особо следует подчеркнуть приоритеты, пропагандируемые данным законом, прежде всего это приоритет безопасности дорожного движения по отношению к его эффективности, т.е. потерям времени при проектировании ОДД, из которого следует, что часть технических приёмов, например, движение с конфликтом в одной фазе «просачивание» через основной поток, и пропуск пешеходов при повороте могут противоречить данному приоритету.

Нельзя не упомянуть и другие важные положения, многих из которых придерживались проектировщики и транспортные инженеры, и которые сегодня являются законодательной нормой, говорящей о:

- необходимости разработки ПОД при строительстве или реконструкции объектов капитального строительства (ОКС) в отношении сети дорог и (или) их участков, прилегающих к указанным ОКС;
- необходимости подготовки материалов инженерных изысканий, результатов исследования существующих и прогнозируемых параметров дорожного движения, статистической информации;

- требованиях к обеспечению эффективности ОДД, которые должны быть учтены при размещении ОКС в соответствии с законодательством о градостроительной деятельности. Размещение ОКС в нарушении требований по обеспечению эффективности ОДД не допускается;
- необходимости расчета вместительности (количество машино-мест) парковок общего пользования определяются в соответствии с нормативами градостроительного проектирования;
- необходимости разработки ПОД при организации въезда ТС на парковку общего пользования и выезда с нее, движении ТС на парковке общего пользования.

Учитывая требования 443 федерального закона, необходимо сконцентрировать усилия на разработке интегрированных математических моделей, позволяющих качественно оценивать уровень обслуживания движения с применением исходных данных, отражающих транспортный спрос к ЦМТ (ОКС), выраженным в интенсивности ТС.

## 1.2. Основы оценки транспортного спроса и его прогнозирования на перспективу

Транспортный спрос обусловлен жизнедеятельностью людей и направлен на удовлетворение их трудовых, культурно-бытовых и прочих потребностей. Следует отметить, что транспортный спрос будет существенно различаться в зависимости от конкретных социально-экономических и исторических условий. К таким условиям относят уровень развития производства и технического прогресса; традиции и уклад жизни; уровень образованности населения и культурные достижения общества; политическую обстановку и законы страны; уровень благосостояния и обилие мест культурно-бытового характера; бюджет свободного времени и удаленность объектов тяготения; развитость УДС населённого пункта и развитость сети ГПТ, а также природно-климатические факторы.

Одним из основных критериев оценки качества транспортного обслуживания населения являются затраты времени на трудовые корреспонденции. В соответствии с [152, 153], затраты времени ранжируются по городам в зависимости от численности городского населения. Для 90% трудящихся (в один конец) не должны превышать мин для городов с населением тыс. чел. [153]:

2000.....	45
1000.....	40
500.....	37
250.....	35
100 и менее.....	30

Примером крупнейшего города, эффективного расселения населения является город Екатеринбург (Свердловск). В городе в 1970-х годах следующие значения: до 10 мин 30%; от 10 до 20 мин 41%; от 20 до 30 мин 17%; от 30 до 40 мин 6% и свыше 40 мин 6% [149].

Для наиболее полного представления изучаемых процессов и явлений важно понимать сущность процесса во всех сферах жизнедеятельности общества. Наиболее широко понятие спроса освещено с экономической точки зрения: «спрос – это запрос фактического или потенциального покупателя, потребителя на приобретение товара (услуги) по имеющимся у него средствам, которые предназначены для этой покупки. Спрос отражает, с одной стороны, потребность покупателя в некоторых товарах или услугах, желание приобрести эти товары или услуги в определенном количестве и, с другой стороны, возможность оплатить покупку по цене, находящейся в пределах «доступного» диапазона» [49]. По аналогии с приведенным определением: транспортный спрос – это запрос фактического или потенциального пассажира (участника движения) на совершение поездки (корреспонденции) в необходимый пункт назначения в рассматриваемый промежуток времени (см. приложение 5). Следует понимать, что всякая корреспонденция имеет начальный и конечный пункт отправления. На данном этапе следует сделать ряд уточнений, во-первых, корреспонденция – это передвижение

в один конец из пункта отправления в пункт назначения; поездка – это передвижение в оба конца, т.е. «туда и обратно» с определенной целью (рис. 1.2).

Совокупность таких поездок образуют пассажиропотоки, которые представляются, как правило, в виде матрицы межрайонных корреспонденций (OD matrix). В качестве районов рассматривается условная часть города, которая обладает рядом характеристик, выделяющих её из городской территории (естественные и искусственные препятствия, наличие основного центра притяжения, крупные магистрали, остановочные пункты общественного транспорта и др.).

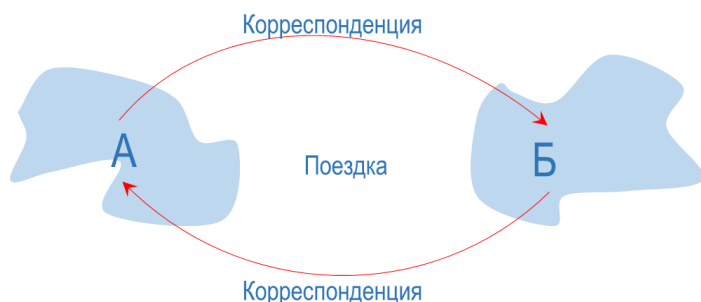


Рисунок 1.2 – Схема реализации корреспонденции / поездки

Часто такая условная часть города называется транспортными расчетными районами (ТРР), которые могут совпадать с территориальным и административным делением городских территорий, так в качестве примера может служить жилой микрорайон или территория промышленной зоны, особенно если эти территории не интегрированы в городскую среду. Наиболее подробно принципы разделения на расчетные транспортные районы приведены в п. 1.4.

В отечественной и зарубежной литературе транспортный спрос и его прогнозирование на перспективу раскрыт достаточно полно [9, 10, 24, 29, 32, 35, 37, 70, 87, 99, 100, 105, 107, 110, 111, 112, 108, 117, 128, 138, 148, 159, 162, 175, 176, 177, 180, 181, 190, 194, 199, 203, 208, 209, 211, 214, 215, 177, 216, 219, 220, 221, 226, 233 и др.]. Основными особенностями реализуемых подходов Советских и Российских специалистов в рассматриваемой области, являются расчётные значения суммарных объемов перевозок пассажиров на основе показателей, лежащих в основе развития социально-демографических приоритетов. Достаточно подробно такой анализ выполнен в работе [80]. Можно привести только наиболее значимые примеры: в источнике [46] указывается, что на первом этапе

оценки транспортного спроса производится сбор данных о перспективных показателях города:

- численность населения и его половозрастная структура;
- пункты тяготения (городские центры);
- планировочные решения;
- число мест приложения труда;
- число постоянно проживающего населения.

А также другая информация в разбивке по транспортным расчетным районам. Впоследствии, предложенные перспективные показатели претерпевают статистическую обработку преимущественно с применением методов экстраполяции в которых рассматривается существующая динамика этих показателей, а также прогнозы отклонений вследствие влияния разных сценариев развития. На одном из первых этапов прогнозирования рассматривается применение прогрессивных видов транспорта, позволяющих, как минимум, на 10-15 лет, а при возможности на перспективу реализации генерального плана, снять проблему дефицита провозных возможностей на рассматриваемых направлениях. Все расчёты носят «предсетевой» или «досетевой» этап транспортного планирования, характеризующийся оценкой возникающей потребности в перевозках, которые бы не ограничивались пропускной способностью УДС и маршрутами ГПТ, базирующихся на ней.

Последующие этапы, логично устремлены на выработку математического аппарата, который в сложившихся социально-экономических, тактико-технических и геополитических условиях позволит максимально эффективно смоделировать текущее состояние транспортной системы и поведение городского населения. На рисунке 1.3 представлена принципиальная схема расчета прогнозируемых пассажироперевозок [46]. Из рисунка видно, что процедура транспортного планирования носит итерационный процесс.

Современные профессионалы транспортного планирования [37] отмечают, что функционирование транспортной системы города или крупного региона возможно при соблюдении баланса между плотностью заявок на транспортные услуги, проще говоря, это и есть транспортный спрос и мощность транспортной системы т.е. её способностью обслуживать заявки на поездки. Математически это выглядит следующим образом [37]:

$$\int_{\theta}^{t_2} P_c(t)dt \leq \int_{\theta}^{t_2} P_T(t)dt, \quad (1.1)$$

где  $P_c(t)$  – число (плотность) заявок на транспортные услуги в момент (транспортный спрос)  $t$ ;  $P_T(t)$  – транспортный потенциал системы, обеспечивающий удовлетворение заявок. Реализация сценариев на практике всегда требует более тщательной проработки отдельных элементов транспортной системы, поскольку в рамках одной концепции нельзя удовлетворить предлагаемому неравенству. Из этого можно утверждать, что оценка транспортного спроса представляется важной научной и практической задачей.

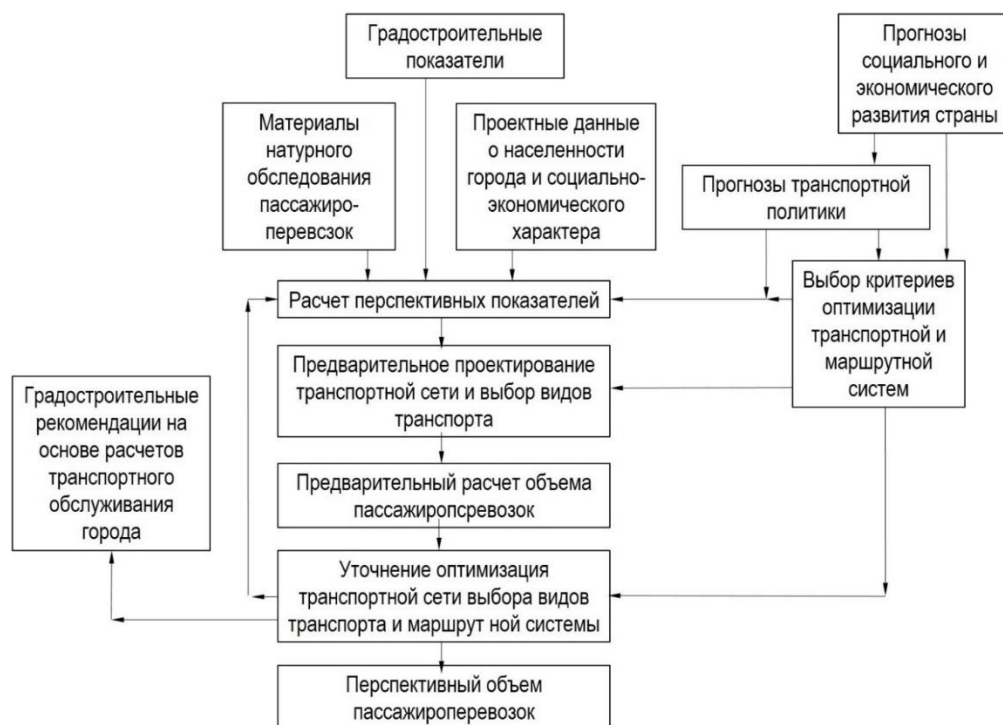


Рисунок 1.3 – Принципиальная схема прогнозирования пассажиропотоков [46]

Оценка транспортного спроса и прогнозирование его величины на перспективу является основной задачей транспортного планирования. Как правило, при этом применяется классическая четырехступенчатая модель (рис. 1.4):

1. Оценка суммарных объемов передвижений на досетевом уровне (Trip generation) представляет наибольший интерес, поскольку ошибки на этой стадии приводят к значительным искажениям результатов расчета [71, 72, 187, 206, 207, 219, 230, 234, 238, 239, 246, 247].
2. Расчет матриц межрайонных корреспонденций (Trip distribution).
3. Распределение корреспонденций между индивидуальным и общественным транспортом (Modal split).
4. Распределение корреспонденций по сети и расчет интенсивности транспортных потоков (Trip assignment).

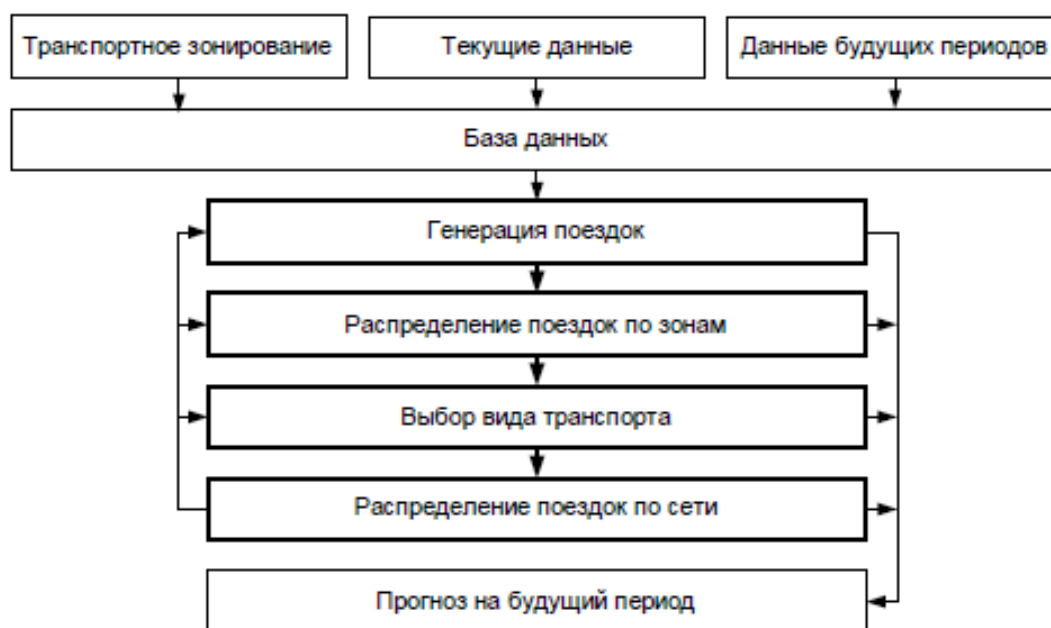


Рисунок 1.4 – Структура классической четырехшаговой транспортной модели [37]

Первая ступень транспортного планирования предполагает использование исходных данных, которые количественно характеризуют каждый из рассматриваемых транспортных расчетных районов, определяет его привлекательность с точки зрения совершения корреспонденций. В качестве исходных данных могут



быть использованы данные о числе проживающих людей и число мест приложения труда в расчетных транспортных районах. В таком случае число проживающего трудоспособного населения будет показывать объем передвижений из рассматриваемого транспортного расчетного района (ёмкость по отправлению), а число мест приложения труда – объем передвижений в рассматриваемый транспортный расчетный район (ёмкость по прибытию). Как правило, один и тот же транспортный расчетный район является генератором поездок, как по прибытию, так и по отправлению. Справедливости ради следует отметить, что в современных социально-экономических условиях применение данных о числе проживающего трудоспособного населения и числе мест приложения труда является весьма затруднительным, поскольку эти данные труднодоступны и не отличаются высокой точностью, а в ряде случаев будут актуальны только в течение нескольких месяцев (кафе сезонного типа, мелкая торговля). Альтернативой могут выступать количественные характеристики функционирования ЦМТ, отражающие степень её привлекательности. Данные анкетного опроса могут быть использованы для восстановления картины транспортного спроса на досетевом уровне, однако являются весьма трудоемкими. Таким образом, конечной целью первой ступени является определение общего объема передвижений на досетевом уровне.

Для вычисления матриц межрайонных корреспонденций используется много разнообразных математических моделей (гравитационные, энтропийные, самоорганизующихся потоков и др.), имеющих свои преимущества и недостатки. Важно понимать, что суммарная матрица межрайонных корреспонденций (ММК) должна по возможности в сумме раскладываться на матрицы-цели, как правило, трудовые, культурно-бытовые, деловые, прочие.

Третья ступень предполагает применение математических моделей, так называемых моделей выбора альтернативы, в случае транспортного планирования – это выбор вида транспорта при передвижении по тем или иным целям. Если имеются данные натурных исследований, позволяющие с достаточно высокой

точностью распределить поездки между видами транспорта, то их используют без моделирования.

Четвертая ступень транспортного планирования является наиболее сложной, поскольку необходимо учесть степень загрузки улично-дорожной сети с учетом нескольких ограничений выбора маршрута, в том числе альтернативного, который может быть выбран в случае высокого уровня загрузки основного маршрута. Важной особенностью реализации транспортного итерационного планирования на рассматриваемой ступени является определение сопротивления маршрутов системы, формируемого на основе различных факторов (уровень загрузки, число пересечений, категория дороги, наличие маршрутов ГПТ, расстояние и др.). Таким образом, распределение загрузки УДС осуществляется на основе большого числа факторов, в том числе и социально-экономического характера.

В целом оценка и прогнозирование на перспективу транспортного спроса характеризуется массивом корреспонденций  $Q_{ij}$ , который формируется между двумя транспортными районами ( $i, j$ ). При оценке транспортного спроса суть сводится к выявлению ёмкости ГРР по прибытию и отправлению. С точки зрения ёмкости по убытию – это резиденты транспортного района  $i$ , а с точки зрения ёмкости по прибытию – это нерезиденты, которые прибывают по трудовым и культурно-бытовым целям в район  $i$ . Таким образом, каждый ГРР имеет относительно постоянные ёмкости по прибытию и отправлению, поскольку место проживания и место приложения труда меняется реже, чем, например, место совершения покупок или проведение досуга. Вместе с этим следует отметить, что поездки, совершаемые внутри целевых корреспонденций (работа – магазин – дом, работа – деловая встреча – дом), учесть весьма проблематично. Как правило, такие поездки принимают укрупненно по данным натурных исследований (анкетных опросов), приблизительно они составляют 15–20% от всех поездок.

Историческое развитие большинства городов подразумевает наличие четко сформированного городского ядра (центра) [5], которое включает в себя административные, культурные, деловые, торговые и др., важнейшие функции

городской среды. Следует констатировать, что в последние десятилетия в нашей стране наметилась тенденция к выводу торговли и крупного производства из центральной части городов, что позволяет разгрузить УДС, снизить потребность в парковании, улучшить экологическую обстановку. В издании [165] в качестве основного источника транспортных связей принимается городской центр, поскольку на относительно небольшой площади сосредоточено достаточно большое количество центров массового тяготения, которые отличаются высоким уровнем генерации корреспонденций (число поездок, тяготеющих на единицу площади рассматриваемой территории). Именно в этой связи данный автор [165] особенно остро рассматривает проблему оценки транспортного спроса к городским центрам. Основными особенностями транспортного спроса в рамках посещения городского центра считается преобладание корреспонденций с культурно-бытовыми целями над прочими целями и, как следствие, отсутствие ярко выраженной зависимости между затратами времени на передвижение и целью поездки.

Учитывая сложившиеся тенденции к децентрализации некоторых городских функций, особенно крупной торговли и производства, оценка транспортного спроса (объёма корреспонденций) должна проводиться не только между центром города и основными транспортными районами, но и между другой территорией города. В качестве оценок связи могут выступать: жилые и промышленные районы, жилые районы и пригородная территория между жилыми районами. В пригородах часто размещаются объекты вредного производства и крупные торгово-развлекательные центры. Современный город «живет» далеко за его административными границами.

Примером выявления теоретической зависимости распределения передвижений на сети г. Санкт-Петербурга является закон нормального распределения [165]:

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot e^{-\frac{(\lg t - \alpha)^2}{2\sigma^2}} \quad (1.2)$$

При изменении параметров  $a$  и  $b^2$ . Например, для поездок в центр города  $a = lgt = 1,238$ ,  $b^2 = 0,087$ , а для передвижения между остальными районами города  $a = lgt = 1,148$ ,  $b^2 = 0,095$ . Зависимость (1.2) в результате корректировки УДС города, перераспределения её основных мест тяготения и градостроительных функций сегодня считается морально-устаревшей.

Оценка и прогнозирование транспортного спроса на ГПТ [105] выполняется на основе транспортной подвижности населения. Такой подход направлен на выявление среднего числа передвижений с учётом социальных групп населения и его половозрастной структуры. Считается, что число всех перевезённых пассажиров за рассматриваемый промежуток времени будет равно сумме трёх слагаемых [105]:

$$P = P_1 + P_2 + P_3, \quad (1.3)$$

где  $P_1$  – перевозки городского населения;  $P_2$  – перевозки приезжего в город населения;  $P_3$  – перевозки в городе пригородного населения. Калибровка предлагаемого подхода выполняется преимущественно за счёт отчётных данных объема перевозок и структуры населения за предыдущие периоды [80].

Перевозки городского населения предлагается оценивать на основании следующих факторов и коэффициентов:

- количество населения города на расчетный срок ( $H$ );
- годовое число передвижений одного трудящегося на работу в одну сторону ( $p_1$ );
- годовое число передвижений одного учащегося вузов или техникумов в одну сторону ( $p_2$ );
- отношение количества самостоятельного населения к общей расчетной численности населения города ( $n_1$ );
- отношение количества учащихся в вузах и техникумах к общей расчетной численности населения города ( $n_2$ );
- коэффициент, учитывающий деловые поездки ( $k_d$ );
- коэффициент, учитывающий культурно-бытовые поездки ( $k_{кб}$ );

- коэффициент возвратность  $k_B$ ;
- коэффициент пользующихся транспортом ( $k_T$ );
- коэффициент пересадочности ( $k_{\Pi}$ ) [80].

Функция объёма перевозок будет иметь следующий вид:

$$P_1 = f(p_1, n_1, p_2, n_2, k_d, k_{кб}, k_B, k_T, k_{\Pi}), \quad (1.4)$$

Для практических расчётов, значения параметров и коэффициентов, входящих в выражение 1.4. следует определять на основании прямых расчётов и(или) на основании отчётно-статистических данных. Например, трудовые корреспонденции, как наиболее постоянные могут быть рассчитаны на основании статистических данных и скорректированы с учётом среднего числа больничных листов. Культурно-бытовые, как правило, определяются на основании анкетирования и лежат в диапазоне 75-90 % от трудовых.

Объём перевозок приезжего населения зависит от:

- количество пригородных пассажиров по отправлению ( $P_{\text{пр}}$ );
- коэффициент возвратности пригородных пассажиров, равный 2 ( $k_{B_1}$ );
- коэффициент пользования городским транспортом пригородных пассажиров ( $k_{T_1}$ );
- коэффициент пересадочности пригородных пассажиров ( $k_{\Pi_1}$ );
- коэффициент поездок жителей города в пригородную зону (учтенных в культурно-бытовых поездках населения города) ( $k_3$ ) [80].

Функция объёма перевозок будет иметь следующий вид:

$$P_3 = f(P_{\text{пр}}, k_{B_1}, k_{T_1}, k_{\Pi_1}, k_3), \quad (1.5)$$

Таким образом, качество и точность оценки транспортного спроса сводятся к подготовке качественных исходных данных для расчета матриц межрайонных корреспонденций, учитывающих объем корреспонденций на досетевом уровне. Особенно остро проблема получения качественных исходных данных стоит в сложившихся социально-экономических условиях и функционировании городской среды.

### 1.3. Особенности оценки транспортного спроса по целевым корреспонденциям

Оценка транспортного спроса в городах до 250 тыс. человек, в соответствии с требованиями нормативных документов [152, 153], не требует распределения общего числа совершаемых за единицу времени (сутки, месяц, год) поездок по цели, однако для городов с большей численностью населения такое распределение необходимо для наиболее точного прогнозирования транспортного спроса. Как правило, рассматриваются 4 группы целевых корреспонденций: трудовые, культурно-бытовые, деловые, прочие [164]. По периоду осуществления: в пиковый и межпиковый; по индивидуальным предпочтениям: по уровню дохода, уровню автомобилизации, составом и размером семьи.

Для распределения корреспонденций по целям, необходимо обладать информацией о половозрастной структуре населения, которая определяет социальный статус. Как правило, различают четыре группы [46]:

1. Трудящиеся градообразующих предприятий (заводы, фабрики, добывающие или обрабатывающие предприятия промышленности, морских или речных портов, курортных комплексов и др.). Примерно 30% от общего числа населения.
2. Трудящиеся обслуживающих предприятий и учреждений, а также жилищно-коммунального хозяйства, торгово-развлекательных центров, культурно-бытовых массивов и т.п. до 20%.
3. Учащиеся высших учебных заведений, колледжей, техникумов и училищ до 5%.
4. Несамодеятельное население (дети дошкольного и школьного возраста, граждане пенсионного возраста, люди занятые домохозяйством, инвалиды) до 45% [46].

Наиболее устойчивыми в пространстве и времени являются трудовые корреспонденции. Весомыми факторами, влияющими на их формирование, является

базовая информация о числе трудоспособного населения и числе мест приложения труда в соответствующих транспортных расчетных районах. Такие поездки будет осуществлять только трудоспособное население.

Культурно-бытовые поездки присущи всем социальным группам и могут осуществляться на протяжении всего дня, поэтому их учет во временном контексте весьма сложен. Изучение всего многообразия факторов, влияющих на совершение культурно-бытовых корреспонденций весьма сложная задача, как в научном, так и практическом смысле. Вместе с этим некоторые исследования, посвященные выявлению доли культурно-бытовых корреспонденций в общем объеме передвижений, приводятся в источнике [149]. В частности, летом культурно-бытовые корреспонденции составляют более 57% в общем объеме, а зимой эта доля снижается до 45%. В будние дни их доля составляет порядка 36%, а в предвыходные повышается до 56%, и в выходные достигает 90–95%. Важным моментом является и то, что многие жители, примерно 32,6% совмещают трудовые корреспонденции с культурно-бытовыми, следовательно, доля культурно-бытовых корреспонденций в будние дни может достигать до 68,2%. Данные приведены по Московской агломерации и могут существенно различаться для городов с меньшей численностью населения. Деловые поездки осуществляет трудоспособное население в течение рабочего дня, не редко деловые поездки могут совмещаться с поездками на работу в утренний период и после завершения рабочего дня в вечерний период. Такие поездки называют комбинированными.

Если учесть, что общее количество поездок  $A$ , которое будет осуществлено на территории рассматриваемого населенного пункта, в течение определенного периода времени (день, месяц, год) будет состоять из поездок по определенным целям, то

$$A = A_T + A_{к.б.} + A_D + A_{П}, \quad (1.13)$$

где  $A_m$  – поездки по трудовым целям;  $A_{к.б.}$  – поездки по культурно-бытовым целям;  $A_d$  – поездки по деловым целям;  $A_n$  – прочие поездки. Объективное представление каждого слагаемого в (1) связано с учетом основных факторов, влияющих на искомое число поездок.

Как правило, определение числа поездок за интересующий период связано с выявлением среднего числа передвижений, приходящихся на одного средне-статистического жителя города. В литературных источниках такие передвижения называют транспортной подвижностью [46, 35, 171 и др.]. Важно разделять общую и транспортную подвижность. Общая подвижность учитывает общее количество передвижений, а транспортная только те, которые осуществлялись с использованием транспорта. Важно отметить, что транспортная подвижность по целевому признаку будет распределена неравномерно между социальными группами населения, так, например, трудовые и деловые корреспонденции могут совершаться только работающими и учащимися, а культурно-бытовые корреспонденции преимущественно приходятся на несамодеятельное население. Таким образом, при наличии данных о социальной структуре населения число поездок, совершаемых по трудовым целям, может быть определено по выражению:

$$A_T = H_T p_T n, \quad (1.14)$$

где,  $H_m$  – численность трудоспособного населения;  $p$  – транспортная подвижность по трудовым целям, поездок/чел. сут;  $n$  – число трудовых дней в году,  $n = 365 - (B + O + Б)$ , где  $B$  – количество выходных дней в году,  $O$  – количество дней отпуска в году,  $Б$  – среднее количество дней невыхода на работу по болезни, приходящихся на одного человека [171].

Вычисление числа поездок по культурно-бытовым целям представляет наиболее сложный процесс ввиду необходимости учета множества факторов, не поддающихся прямому математическому учету:

$$A_{к.б.} = H_o p_{к.б.}, \quad (1.15)$$

где  $H_o$  – общая численность населения;  $p_{к.б.}$  – транспортная подвижность культурно-бытовым целям, поездок/чел. год. Здесь наиболее важным параметром



остаётся транспортная подвижность населения по культурно-бытовым целям. Транспортная подвижность по культурно-бытовым целям в значительной степени будет зависеть и от градостроительной политики, от того насколько полно реализуются предпосылки СНИП, по предоставлению сервиса населению непосредственно возле мест проживания. Наиболее рациональный подход заключается в размещении в пешеходной доступности объектов культурно-бытового значения повседневного спроса и увеличения радиуса доступности пропорционально снижению частоты посещения объектов культурно-бытовой направленности. Так, например, ближе всего должны размещаться средние школы, детские дошкольные учреждения, предприятия торговли продуктами питания (повседневного спроса), предприятия общественного питания и т.п., несколько дальше можно размещать спортивные площадки, кинотеатры, библиотеки, поликлиники и т.п. К центрам массового тяготения культурно-бытовой направленности, посещение которых предусматривает использование транспорта, относят крупные торговые центры, специализированные магазины (мебель, спортивные товары, оружие и т.п.), высшие учебные заведения, гостиницы, театры, музеи, выставки, стадионы и т.п. В пригородной зоне размещаются места длительного отдыха и лечения (санатории, турбазы, детские спортивно-оздоровительные лагеря).

Количество поездок по деловым и прочим целям определяется аналогично и зависит, в первую очередь, от транспортной подвижности населения по этим целям. В практике отечественных транспортных инженеров, как правило, поездки по деловым целям брали как процент от трудовых.

К примеру, по результатам анкетного опроса жителей Хабаровска среднее число поездок, совершаемых одним взрослым человеком в месяц, составляет:

- 1) трудовые цели – 30 поездок/месяц;
- 2) культурно-бытовые цели – 20,5 поездок/месяц.

Общее число поездок, совершаемых одним человеком за месяц, составляет 50,5 поездок/месяц [30].

#### 1.4. Математические модели оценки транспортного спроса на досетевом уровне.

Для оценки транспортного спроса на досетевом уровне (генерация корреспонденций) необходимо применение данных, отражающих транспортную подвижность населения, его половозрастную структуру в разделении по ТРР.

В современной отечественной литературе, базирующейся на глубоком и системном анализе зарубежных публикаций по транспортному планированию [201], отмечается важность дифференцированного анализа по целевым признакам. Кроме этого, указывается на необходимость вычислять такие поездки в виде усреднённого числа по домохозяйствам (рис. 1.5).

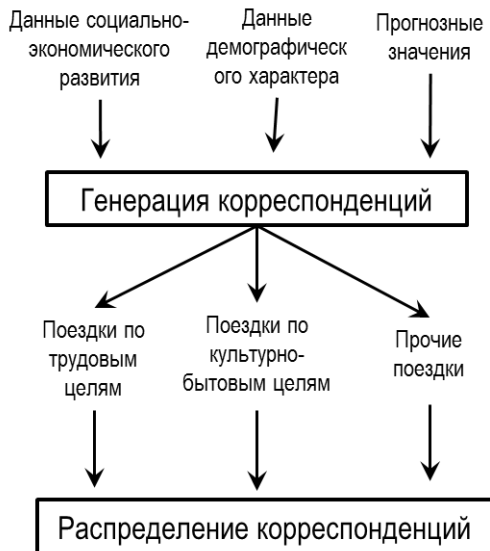


Рис. 1.5 – Схема традиционного подхода к прогнозированию числа корреспонденций на стадии генерации корреспонденций

Важность оценки транспортного спроса, на досетевом уровне сложно переоценить, поскольку именно на этом этапе формируются мощности, которые не ограничиваются существующей УДС и, следовательно, показывают реальную картину формирования транспортного спроса. Следует также учесть, что при оценке транспортного спроса на последующих ступенях транспортного планирования необходимо калибровать с учётом возникающего сопротивления сети, а также с учётом отложенного спроса. Всех этих недостатков лишён транспортный

спрос оцениваемый на досетевом уровне и, безусловно, зависит только от прямых и естественных факторов порождающих формирование транспортного спроса (расстояние, в том числе от центра города, магистральной улицы, типа и структуры ЦМТ, входящих в рассматриваемый ТРР, уровня доходов, автомобилизации, разветвлённости сети маршрутного пассажирского транспорта и др.).

В практике транспортного планирования различают подходы (модели) к оценке транспортного спроса на основе агрегированных и не агрегированных данных. В некоторых литературных источниках [198] такие подходы разделяют на агрегированные эмпирические модели, которые отражают всё многостороннее транспортное поведение людей в одной модели и не агрегированные, которые разделяют транспортное поведение, например, транспортный спрос, оцениваемый для отдельных категорий граждан или для отдельного типа ЦМТ. Особенно важно отметить, что агрегированные модели, как правило, нуждаются в общеизвестных статистических данных и их прогнозных (трендовых) значениях (численность городского населения, число мест приложения труда в разных сферах производства или ТРР, уровень автомобилизации, транспортная подвижность населения и др.). Точность прогноза транспортного поведения при таком подходе зависит от точности исходных данных, а точность исходных данных, в современных социально-экономических условиях, обусловлена периодом их сбора. Так, например, если численность городского населения с учетом приезжих эмигрантов и эпизодических «тружеников» города может достаточно продолжительное время находиться в определенных пределах, то использование ЦМТ (офисы, торгово-развлекательные центры, точечная застройка и др.) меняется каждый месяц. Поэтому возникает необходимость в обновлении данных об использовании городской территории, которые можно выполнить на основе геоинформационных системы (2GIS, Вектор, google Earth и др.). Вместе с этим нельзя не отметить важности этих обновлений, поскольку они учитывают реальное изменение использования территории города, что может быть использовано в качестве косвенных данных для выявления транспортного спроса.

На первом этапе транспортного планирования, как было сказано выше, необходимо ответить на вопрос: «Какое число корреспонденций будет реализовано между ТРР города без учета УДС?» Для этого необходимо выявить способность ТРР генерировать и притягивать корреспонденции. В сложившейся терминологии этот процесс называют оценкой транспортного спроса по прибытию и отправлению. С точки зрения эмпирических зависимостей, в т.ч. и регрессионного анализа, ёмкость ТРР по прибытию и отправлению является искомой величиной (зависимой переменной), а социально-экономические, демографические факторы развития, ТРР – независимыми переменными (факторами), описывающими искомую величину.

$$T_i = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_i \dots x_k), \quad \text{или}$$

$$T_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots a_ix_i \dots a_kx_{ik}, \quad (1.16)$$

где  $T_i$  – ёмкость по прибытию (отправлению);  $a$  – коэффициенты регрессии;  $x$  – факторы, влияющие на число корреспонденций. Модель, представленная в литературном источнике [208]:

$$Y_i = \theta_0 + \theta_1X_{1i} + \theta_2X_{2i} + \dots + \theta_kX_{ki} + E_i, \quad (1.17)$$

где  $\theta_k$  – коэффициенты регрессии;  $X_{ki}$  – независимая переменная  $k$  для транспортного расчетного района  $i$ ;  $E_i$  – стандартная ошибка. На основе применения этой модели можно оценить ёмкость ТРР, используя, например, число проживающего населения, число мест приложения труда, ёмкость зрелищных учреждений, но при этом оценить ёмкость ТРР, в которых расположены только промышленные предприятия или только учреждения культурного быта, будет весьма сложно, поскольку выпадают независимые переменные, которые описывают искомую величину.

Вместе с этим в том же литературном источнике [208] предлагается применять в качестве независимых переменных удельные показатели, приходящиеся на одного жителя ТРР или одно домохозяйство. Такой подход может показаться привлекательным, поскольку позволяет пренебречь влиянием величины ТРР на

точность расчетов (свободный член регрессионной зависимости не будет зависеть от размеров транспортного района), но при этом необходимо иметь данные о транспортном поведении разных домохозяйств и социальных групп населения, которые также не являются идентичными в разных ТРР и могут вносить свои коррективы в точность расчетов.

На практике достаточно широкое распространение получили также модели «фактора роста» или «коэффициентов роста». Такие модели основываются на текущих значениях основных характеристик (численность населения, уровень доходов, уровень автомобилизации и др.), а также их значений на рассматриваемую перспективу и, как правило, вычислялись методом интерполяции. Математически такое выражение будет иметь следующий вид [80]:

$$T_i = F_i \cdot t_i, \quad (1.18)$$

где  $T_i, t_i$  – перспективная и существующая ёмкости транспортного расчетного района, корр/день;  $F_i$  – коэффициент фактора роста.

В случае рассмотрения трех основных факторов, влияющих на генерацию корреспонденций, коэффициент фактора роста будет записан:

$$F_i = f(P^d \cdot I^d \cdot C^d) / f(P^c \cdot I^c \cdot C^c), \quad (1.19)$$

где  $P^d, I^d, C^d$  – факторы роста: численность населения, уровень доходов, уровень автомобилизации на перспективу, соответственно, в знаменателе с индексом «с» те же факторы на текущий период. Следует отметить, что в выражении (1.19) в качестве факторов роста могут быть использованы и другие показатели развития территории, например, число мест приложения труда, площадь торговых помещений, величина удельной генерации корреспонденций. Использование тех или иных критериев обусловлено, во-первых, наличием достоверных данных, во-вторых, спецификой рассматриваемого ТРР или города [80].

Департамент транспорта г. Лос-Анджелес в 1995 г. разработал модель генерации корреспонденций [187]. В представленной модели основными факторами, влияющими на генерацию корреспонденций, являются типы зданий, в которых

расположены объекты тяготения (одиночное, многоэтажное) и уровень автомобилизации по трехуровневой шкале. Также оценивалась привлекательность территории, число постоянно проживающего населения и число мест приложения труда:

$$A = C_0 + C_1(P) + C_2(E) + C_3(PE), \quad (1.20)$$

где  $A$  – привлекательность территории (ёмкость по прибытию/отправлению);  $C_i$  – коэффициенты регрессии,  $P$  – число постоянно проживающего населения в транспортном районе;  $E$  – число мест приложения труда;  $PE$  – число торговых мест (работников торговли). Отмечается также и то, что в рассматриваемой модели использовалось 5 типов корреспонденций по цели: дом–работа, дом–разное, дом–культ.–быт, разное–разное, разное–работа. Такая процедура предполагает расчет всех 5 типов корреспонденций для каждого транспортного расчетного района отдельно [80].

В частности, привлекательность ТРР предлагается оценивать в качестве функции таких факторов как удаленность от общегородского центра, условий движения и наличия центров тяготения. Следует отметить, что исторически города имеют ярко выраженную привлекательность центральной части и снижение её привлекательности с удалением от центра. А также особую привлекательность вызывает наличие торгово-развлекательных комплексов. Математически модель привлекательности (ёмкости по прибытию/отправлению) ТРР может быть записана в виде функции от рассматриваемых факторов:

$$A_i = f(S_{0i}, R_i D_i), \quad (1.21)$$

где  $A_i$  – привлекательность ТРР;  $S$  – расстояние от рассматриваемого транспортного района до общегородского центра;  $R$  – условия движения;  $D$  – площадь территории определенного типа.

На практике расстояние от центра берется по существующей УДС. Факторы, связанные с выявлением условий движения, принимаются на основе экспертных оценок, что неминуемо приводит к высокой вероятности возникновения

грубых ошибок. Поэтому определение ёмкости ТРР по выражению (1.21) представляет собой сложную научно-практическую задачу, требующую весьма большого объема исходных данных. В этой связи, автор [244] предлагает использовать модель оценки привлекательности ТРР на основе взаимосвязи между факторами, влияющими на дорожное движение и факторами, учитывающими качество транспортного обслуживания. Таким образом, привлекательность ТРР представлена выражением:

$$A_i = \ln \sum_{j=1}^M \exp \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (V_{jn} - V_{in}) \right), \quad (1.22)$$

где  $A_i$  – привлекательность транспортного района;  $M$  – число возможных пунктов назначения;  $N$  – число групп;  $V_{jn}$  – фиксированная полезность для каждого  $n$  выбранного пункт назначения  $j$ ;  $V_{in}$  – фиксированная полезность для каждого  $n$  выбранного пункт назначения  $i$ .

$$V_{jn} = \sum_{k=1}^K \theta_k X_{jnk}, \quad (1.23)$$

где  $K$  – число переменных;  $X_{jnk}$  – значение переменной  $k$ , которая влияет на выбор пункта назначения  $j$ ;  $V_{jn}$  – фиксированная полезность для каждого  $n$  выбранного, пункт назначения  $j$ ;  $\theta_k$  – соответствующий коэффициент переменной  $k$  [80].

Характер и интенсивность внутригородских передвижений, осуществляемых на первый взгляд стихийно, имеют хотя и не четкую, но обоснованно выраженную взаимосвязь, которая основывается на планировочных решениях города, его размерах и расселении его жителей. По мнению автора [171], объем корреспонденций обратно пропорционален удаленности центра массового тяготения от места зарождения корреспонденции. Иными словами, при росте расстояния между местами проживания и приложения труда доля работников этого предприятия будет снижаться. Таким образом, в основу закономерности распределения передвижений населения в зависимости от времени, затрачиваемого на проезд, необходимо рассматривать в виде функции  $d_{ij}$ . Следовательно, число корреспонденций между ТРР можно определить по выражению:

$$P_{ij} = \frac{P_i(d_{ij} \cdot A_j)}{\sum_i^n A_j \cdot d_{ij}}, \quad (1.24)$$

где  $P_{ij}$  – вероятное число корреспондируемого трудового населения из зоны отправления  $i$  в зону прибытия  $j$ ;  $P_i$  – количество мест приложения труда  $i$ ;  $d_{ij}$  – функция, числа корреспонденций в зависимости от затрат времени;  $A_j$  – численность трудового населения в зоне отправления.

В 2013 году специалистам была предложена эмпирическая зависимость оценки ёмкости транспортных расчетных районов на основе количественных характеристик городских территорий [80]. Предложенная зависимость обладает рядом неоспоримых преимуществ перед существующими моделями, во-первых, в ней используются данные общедоступных геоинформационных систем, во-вторых, трудоемкость получения исходных данных на порядок ниже традиционных методов и, в-третьих, данная зависимость обладает достаточно высокой точностью для работы с ГРР. Зависимость представлена выражением:

$$E = 4758,2 + (0,79S_{201}G_{201}) + (1,78S_{202}G_{202}) + (0,71S_{204}G_{204}) + (0,85S_{305}G_{305}) + (0,50S_{815}G_{815}) + (0,65S_{710}G_{710}), \quad (1.25)$$

где  $E$  – число корреспонденций, чел/сут;  $S$  – площадь  $i$ -го типа использования территории;  $G$  – удельная генерация  $i$ -го типа использования территории.

Всеобщая глобализация и, как следствие, ускоренные темпы урбанизации заставляют пересмотреть существующие подходы к транспортному обслуживанию населения в крупных и крупнейших городах. В частности, необходимо наладить оценку на основе легкодоступных и наиболее точных источниках данных, которые могут быть получены из уже существующих массивов, в т.ч. и геоинформационных систем. Разработка таких методов оценки транспортного спроса позволит учитывать сбалансированность транспортного спроса не только на стратегическом, но и оперативном уровне, а также позволит повысить точность транспортного планирования на всех последующих этапах и, следовательно, повысить качество транспортного обслуживания населения, сократить народно-хозяйственные издержки.



## 1.5. Особенности функционирования городской территории

Несмотря на узкую тематическую направленность данного подраздела, автор считает необходимым отметить возможное разделение городской территории с точки зрения функционального зонирования. В классических учебниках по градостроительству [38, 46, 112, 142 и др.] приводятся шесть основных функциональных зон: селитебная, промышленная, коммунально-складская, внешнего транспорта, санитарно-защитная и отдыха населения. Кроме того, в специализированных городах (научные городки, курортные) могут возникать и другие специфические территории. Следует подчеркнуть, что в исторически сложившихся городах городская территория включает в себя несколько функций и называть её промышленной, селитебной или другой можно условно на основании преобладания на этой территории одной из этих функций. В последние десятилетия при описании такой территории прочно закрепился термин «городской конгломерат». Несмотря на стремление проектировщиков – градостроителей – обеспечить наибольшую однородность территории города по функциональному признаку, такая дифференциация практически невозможна, поскольку сопряжена с огромной трудоемкостью перемещения крупных центров массового тяготения, а с учетом новых социально-экономических условий и принятия всеобщей концепции «точечной застройки» потеряла всякий смысл. Развитие и рост городов в новых социально-экономических условиях представляется в виде территорий конгломератов, имеющих примерно равные потребности в основных функциональных свойствах территории.

### 1.5.1. Основные функциональные зоны города

Основной градостроительной единицей территориального деления выступает микрорайон, в котором сосредоточена группа жилых домов и, как правило, торговые сети, обеспечивающие горожан товарами первой необходимости. Площадь микрорайона, предписываемая СНиП [153] не может превышать 80 Га.

Вместе с этим обслуживание микрорайонов должно учитывать наличие детских дошкольных учреждений и средних школ в объеме, соответствующем численности проживающего населения. Два и более микрорайона могут быть объединены в жилой район, площадь которого, как правило, не превышает 250 Га. Жилой район помимо торговых сетей, обеспечивающих горожан товарами первой необходимости, должен иметь общий центр (сквер, площадь и т.п.), учреждения культурно-бытовой направленности и при необходимости на его территории могут размещаться учреждения общегородского значения. Чем полнее удовлетворяются потребности населения в пределах района, тем меньше возникает транспортный спрос по культурно-бытовым целям.

Промышленные зоны являются неотъемлемой частью любого города, поскольку они обеспечивают население теплоснабжением, электроснабжением, водоснабжением и другими коммунальными благами. При выборе площадок для размещения промышленных зон руководствуются, прежде всего, наличием энергетических и водных ресурсов, степенью опасности производства, преобладанием розы ветров в данной местности, удаленностью территории от жилых зон, возможностью транспортного обслуживания (наличие железнодорожных тупиков, автомагистралей, речной транспорт) и др. Коммунально-складские зоны, как правило, размещаются в непосредственной близости от промышленных зон. В целях защиты населения от вредного воздействия производства, промышленные зоны отделяются от жилых защитными зелеными полосами – санитарно-защитными зонами, ширина которых варьируется от 50 до 300 м [152, 153].

Современный город, особенно административные центры и столицы областей и автономных республик, нуждается в хорошо отлаженных внешних связях. Зоны внешнего транспорта, прежде всего, представляют собой территорию аэропортов их взлетных полос, железнодорожных отводов, пересечений крупных автомагистралей, территорий речных и морских гаваней и портов. Как правило, зоны внешнего транспорта являются режимными объектами и исключаются из

общедоступной городской территории. Кроме того, эксплуатация воздушных судов сопряжена с повышенным загрязнением воздушного бассейна. В этой связи, размещение аэропортов с учетом метеорологических условий, как правило, осуществляется на расстоянии не менее чем 5–10 км от селитебной зоны. Морские и речные порты размещают преимущественно в гаванях и заливах, с возможностью подвода железнодорожных путей. Железнодорожный транспорт представляется в большей степени транзитным и по возможности его выносят за пределы города, в таких случаях организуют постоянные маршруты городского пассажирского транспорта, которые обслуживают станции железной дороги. Вследствие исторического развития железной дороги во многих городах она проходит непосредственно по городской черте, как бы разделяя город на несколько частей, поэтому размещение железной дороги в городе сопряжено с его расчленением и необходимостью строительства путепроводов, мостов и других искусственных инженерных сооружений, позволяющих осуществлять автомобильное и пешеходное сообщение.

Пересечения крупных автомобильных магистралей, осуществляющих внешние автомобильные связи города, являются крупнейшими источниками пассажиро- и грузопотоков. С одной стороны, наличие таких транспортных узлов – это увеличение пропускной способности, грузооборота, снижение транспортной напряженности, увеличение скорости сообщения доставки грузов и пассажиров, с другой – это изъятие селитебных земель для строительства транспортной инфраструктуры, увеличение эмиссии выбросов, загрязняющих воздушный бассейн города, стимулирование населения в пользу использования индивидуального транспорта.

### 1.5.2. Транспортное зонирование территории города

Одним из ключевых аспектов транспортного планирования является транспортное зонирование территории города. Транспортное зонирование территории города, несмотря на множество имеющихся рекомендаций, остается одним из

сложнейших этапов транспортного планирования в целом и оценки транспортного спроса в частности. Транспортное зонирование территории опирается на уже сложившееся деление, в том числе и по территориальному признаку, по рельефу местности, по функциональному назначению территории города, по развитости УДС и др. [73].

При выполнении транспортного зонирования территории города не существует универсального подхода, каждый город имеет уникальную структуру и распределение территорий по функциональному признаку, однако можно выделить общие принципы транспортного зонирования территории, которые сводятся к следующему:

- размеры территории ТРР должны удовлетворять пешеходной доступности, не превышающей 500 м от наиболее удаленной точки до остановки общественного транспорта;
- все передвижения в рамках одного ТРР должны производиться без использования моторизованного транспорта;
- общее число и размер должны быть сопоставлены с территорией города, численностью населения и его планировочными особенностями (табл. 1.1);
- границами ТРР должны служить естественные преграды (реки, овраги, лесополосы), полосы овода железных дорог, автомагистрали, условные границы территории по функциональному признаку и т.п. В других случаях границы проходят в местах реального прекращения хозяйственной деятельности;
- территории промышленных, складских зон, парков, аэропортов и т.п. целесообразно выделять в отдельные ТРР вне зависимости от их размеров;
- каждый ТРР должен иметь центр тяжести поглощения/генерации пассажиропотоков (центроид), который обозначают точкой. Как правило, центроидом является наиболее деятельный остановочный пункт ГПТ, олицетворяющий место зарождения и прибытия корреспонденций.

Таблица 1.1

## Число ТРР в зависимости от численности городского населения

Численность населения, тыс. чел.	Число ТРР	
	Источник [171]	Источник [112]
1000–2000	Более 50	–
500–1000	15–50	25–50
250–500	8–20	20–25
100–250	5–10	10–20

Следует отметить наметившуюся тенденцию: при увеличении размеров ТРР снижается точность, одновременно с этим, при уменьшении размеров ТРР повышается точность расчётов, однако, при этом резко возрастает трудоёмкость.

Выводы по главе:

1. Наряду с положительными тенденциями роста городов (в России доля городского населения составляет примерно 72 %), существуют и негативные факторы такого роста, которые выражаются проблемами с экологией, здоровьем, транспортной доступностью, утомляемостью и др. Особенно остро эти проблемы ощущаются в крупных и крупнейших городах.
2. Сегодня город нуждается в глобальной трансформации, цель которой заключается в повышении качества жизни горожан, а методы оценки транспортного спроса, учитывающие эти трансформации в принципиально новых подходах, позволяющих производить мониторинг основных сфер жизнедеятельности городского населения для корректировки качества транспортного обслуживания как на оперативном, так и на стратегическом уровнях планирования.
3. Вступивший в действие 443 ФЗ требует выполнения условий по слаженному взаимодействию градостроительного и транспортного комплексов ввиду оценки воздействия ОКС на УДС. К сожалению, на сегодняшний день нет комплексных методик, позволяющих производить такую оценку. Очевидно, что раз-

работка методики, позволяющей оценивать уровень обслуживания движения, основанная на оценке транспортного спроса, позволит повысить качество транспортного обслуживания населения городов и зон их влияния.

4. Внимание отечественных специалистов при оценке транспортного спроса в большей степени было ориентировано на выявление численности населения и его половозрастной структуры; числа мест приложения труда; числа постоянно проживающего населения, прогнозы строительства жилья, крупных промышленно-торговых объектов и др. в разбивке по транспортным расчетным районам.

5. Предлагаемые методики в отечественной литературе являются весьма трудоемкими, ориентированными на выявление множества труднодоступных, поэтому выполнение реальных проектов транспортного планирования с полным или частичным применением предлагаемых в отечественной литературе методов требует периодической и четкой системы сбора, обработки и аналитики данных о транспортном поведении населения, желательно в соответствии с группой городов.

6. В зарубежных источниках литературы достаточно полно описываются методы и математические модели, позволяющие проводить оценку транспортного спроса. Последние делят на агрегированные модели, которые отражают все многостороннее транспортное поведение людей в одной модели и не агрегированные, которые разделяют транспортное поведение, например, транспортный спрос, оцениваемый для отдельных категорий граждан или для отдельного типа территории.

7. Функциональное и транспортное зонирование территории города является основополагающим фактором для расселения населения, формирования устойчивых трудовых и культурно-бытовых корреспонденций, качества транспортного обслуживания населения. Разделение территории города на транспортные расчетные районы наталкивается на противоречие: чем крупнее расчетный

транспортный район, тем ниже точность расчетов. Не существует универсального подхода при разделении на ТРР, каждый город имеет уникальную структуру и распределение территорий по функциональному признаку.

8. В современных социально-экономических условиях применение данных о числе проживающего трудоспособного населения и числе мест приложения труда является весьма затруднительным, поскольку эти данные труднодоступны и не отличаются высокой точностью, а в ряде случаев будут актуальны только в течение нескольких месяцев (кафе сезонного типа, мелкая торговля и т.п.). Альтернативой могут выступать параметры функционирования городских территорий, отражающие степень её привлекательности, заключенные в дезагрегированных эмпирических моделях.

## ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОРГАНИЗАЦИЮ ДВИЖЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА

В процессе исторических преобразований и стремления людей создать максимально удобные для жизни и труда, экономичные в эксплуатации и экологически чистые города, сложилось стереотипное мышление, которое ведёт освоение городских территорий к интенсивной экспансии, а его население к сильнейшей зависимости от городских ресурсов. Основными негативными тенденциями развития городов второй половины XX века можно считать следующие:

- сосредоточение крупных производств в городах «подтягивает» другие сферы, такие как энергетика, водные и сырьевые ресурсы, и, следовательно, людей, которым необходимы все социальные блага города со всеми вытекающими градостроительными последствиями (территориальный рост городов, увеличение плотности застройки, увеличение плотности населения, наряду с ростом автомобилизации, снижение провозной способности городских магистралей и линий ГПТ);
- рост численности городского населения преимущественно за счет малых и моногородов. Необходима поддержка в развитии производства, его рассредоточения по территории страны для наиболее равномерного распределения концентрации населения;
- административные функции и большая часть финансовых ресурсов сосредоточены в городах, в результате создается во многих случаях неправильное представление о единственно «правильном» образе жизни в городе, причём, чем крупнее этот город, чем выше его статус, тем больших «успехов» можно в нем достичь. С точки зрения автора, такой подход в современном мире, особенно для России, является недопустимым, поскольку влечёт за собой безнравственное воспитание новых поколений, ориентированных на потребление материальных благ, отход от реальности, и, как следствие, неминуемую деградацию и гибель.

Вместе с тем в России необходимо решать такие глобальные задачи как продовольственная безопасность, которая может быть решена исключительно за



счет сельского хозяйства, освоения территорий, поскольку в настоящий момент в России используется только 3% её территории (города, объекты транспортной инфраструктуры, промышленность); повышение уровня рождаемости не только на основе материального стимулирования, но и уклада жизни (в городской среде ребенок – обуза, а в сельской – помощник), общее оздоровление нации.

В качестве опытного примера развития стран запада, и прежде всего США, следует отметить, что существенное преобразование градостроительной политики в США началось еще в 1930 г. после выхода в свет книги Френка Райта «Исчезающий город», в которой дезурбанизация описывается как великое благо человечества. Уже в послевоенное время жители США активно переместились не только в близлежащие пригороды, но и на более значительные расстояния до 80–120 км, таким образом США получили весьма обширные заселенные территории, которые носят название агломерации. В результате в США появились города-призраки (Детройт – столица автомобилестроения, Гэри, Лейк Велли, Отман и др.). Процесс дезурбанизации имеет и свои недостатки, главным из которых является «привязка» к индивидуальному транспорту.

Большая часть стран Европы, прежде всего Германия и Франция, тоже двигались по пути дезурбанизации после второй мировой войны, однако опыт Европы нельзя однозначно сравнивать с США, прежде всего необходимо отметить, что Европа не располагает таким земельным ресурсом как США, восточная Европа испытывала сильное политическое влияние со стороны СССР, которое сказывалось и на других сферах жизнедеятельности, и наконец, осмыслив опыт США, Европа принимает концепцию умеренной дезурбанизации, основным направлением которой является ограничение территориального роста крупных и крупнейших городов, сохранение историко-культурного наследия и жесткая политика ограничения применения индивидуального транспорта в городах. В основном эта политика направлена на создание высоких тарифов на парковку в центральной части города, создание условий для парковки на периферии (пере-

хватывающие парковки P+R) и популяризация общественного транспорта. Особенно следует отметить системы общественного транспорта городов Германии, которые имеют возможность передвигаться в городской черте и выезжать в пригороды, используя инфраструктуру железных дорог (suburban tram). Франция, как уже отмечалось в первой главе, отличается созданием высокоскоростных поездов,двигающихся со скоростью 300–350 км/ч, что позволяет осуществлять ежедневные трудовые корреспонденции практически всем жителям Парижской агломерации, при этом норматив на транспортную доступность сохраняется в пределах 1 часа.

Технический прогресс в области развития массовых телекоммуникаций, а также глобальная сеть Интернет позволяют уже сегодня рассматривать трудовые корреспонденции по отдельным профессиям как непостоянные, а в совокупности с расселением в пригородные территории отказ от ежедневных трудовых корреспонденций для представителей творческих профессий станет скорее нормой, чем исключением.

Из приведённых выше примеров становится ясно, что какую бы политику в отношении развития градостроительства не выбрала Россия, современные города и города будущего нуждаются в применении принципиально новых методов оценки транспортного спроса, учитывающих особенности формирования городской среды и её связи с пригородной территорией, что позволит выполнять научно-обоснованную оценку влияния ЦМТ на прилегающую УДС в процессе реконструкции или строительства новых ОКС.

## 2.1 Формирование типологии ЦМТ

В первой главе достаточно подробно описаны методы оценки транспортного спроса, основанные преимущественно на выявлении концентрации мест проживания и мест приложения труда. Несмотря на то, что такой подход дает относительно неплохие результаты, в нём корреспонденции, совершаемые по культурно-бытовым и деловым целям, оцениваются как процентное отношение

к корреспонденциям по трудовым целям. Такой подход в современных условиях неприемлем, поскольку будет существенно исказить матрицу межрайонных корреспонденций. Следовательно, для выявления числа корреспонденций в современных условиях необходимы зависимости, отражающие реальную потребность населения города в передвижениях не только по трудовым, но и включают в себя другие цели передвижений. Учитывая также и тот факт, что культурно-бытовые и деловые корреспонденции могут совершаться не только с места проживания, но и из мест приложения труда или корреспонденции по культурно-бытовой цели могут быть в цепочке между деловыми корреспонденциями, то необходимо выявление ёмкости транспортного расчетного района на основе оценки привлекательности ЦМТ, их количественных характеристиках.

Современная городская территория имеет значительный объем учреждений разного рода, направленности и предпочтительности. В качестве типа ЦМТ рассматривается территория не только с точки зрения размещения на её площади объектов землеиспользования, но и учитывается характер внутренних связей, располагаемых на этой территории объектов, интенсивность и объем посещаемости, а также площадь строений с учетом их этажности. Фактически сама жизнедеятельность города предопределяет совмещение некоторых типов ЦМТ. Например, мы часто можем наблюдать аптеки, расположенные в непосредственной близости, а часто и в одном здании с поликлиникой или больницей; продуктовые магазины рядом с жилыми домами; магазины автозапчастей рядом с гаражными кооперативами; кафе (столовые) возле крупных деловых центров и т.д. Важно при этом отметить, что приведенные примеры типов ЦМТ выполняют разные функции и обладают разными количественными характеристиками в отношении генерации корреспонденций (ёмкости ТРР). Для получения инструментария, позволяющего оценить степень влияния каждого типа ЦМТ на ёмкость ТРР по прибытию и отправлению, необходимо обосновать сходства или различия между рассматриваемыми типами ЦМТ (табл. 2.1). Похожая типология ЦМТ была приведена в работе [80, 91, 137, 142, 138]. В крупных и крупнейших городах

количество типов ЦМТ может достигать до 200–250 единиц, при этом будет наблюдаться незначительная дифференциация. При рассмотрении жилья можно выделить градации по этажности, плотности застройки, престижности, числу домохозяйств и др. Промышленность и коммунально-складское хозяйство также неоднобразны по своей сути и функционируют с определенными отличиями друг от друга. Одним из самых сложных и неоднозначных типов ЦМТ является торговля. Сегодня крупные города способны предложить покупателю товары народного потребления на любой вкус и потребительский спрос, торговля осуществляется в культурно-исторических центрах и на периферии, в маленьких киосках (площадь 1,5 м<sup>2</sup>) и мегамоллах (площадь до нескольких сотен тысяч квадратных метров), продовольственными товарами и товарами узкоспецифической направленности и т.д.

Исследование большинства типов ЦМТ, имеющих минимальные различия в функционировании, например, кафе (рестораны), отличающиеся объемом предоставляемых услуг, представляется весьма трудоемким процессом, обобщение свойств какого-либо типа ЦМТ на основании имеющихся данных только нескольких характеризующих его подтипов может дать неточную картину функционирования ЦМТ [60]. В этой связи, представляется необходимым провести статистический анализ, направленный на сравнение количественных характеристик функционирования ЦМТ, на основании которого могут быть образованы новые классы типов ЦМТ. Принципиально важно выделить иерархию в представленной типологии ЦМТ, по принципу от общего к частному (рис. 2.1).

На вершине олимпа находится генеральная совокупность всех типов ЦМТ, на низшей ступени в продвижении от общего к частному располагается укрупненная типология ЦМТ, которая характеризует ЦМТ в рамках одного укрупненного кода, например, 1 – жилые территории, далее следует тип ЦМТ, характеризующий ЦМТ только в рамках одного кода, например, 22 – продуктовые магазины и, наконец, частный случай ЦМТ, обозначенный соответствующим кодом и детализированный по названию, месторасположению и другим особенностям

функционирования. Пример типологии ЦМТ приведен в таблице 2.1. Полный перечень типов ЦМТ приведен в Приложении 8.

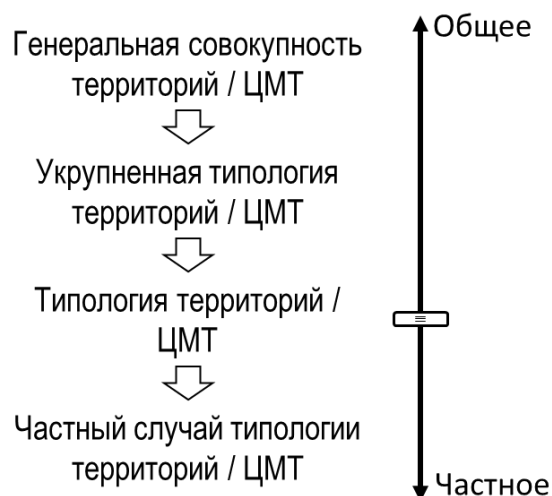


Рис. 2.1 – Классификация типологии ЦМТ

Таблица 2.1

### Пример типологии ЦМТ

Код ЦМТ	Наименование типа ЦМТ
1	Жилье
11	Малозэтажная многоквартирная жилая застройка (не более 3 этажей)
12	Среднеэтажная жилая застройка (не более 8 этажей)
13	Многоэтажная жилая застройка (более 8 этажей)
14	Для индивидуального жилищного строительства (ИЖС не более 3 этажей или 20 м)
15	Строящиеся жилые дома
16	СНТ (садоводческие некоммерческие товарищества)
2	Торговля, общепит, сфера услуг
21	Торгово-развлекательные центры, универмаги
22	Продовольственные товары
23	Мебель
24	Одежда
25	Спортивные товары
26	Строительные товары
27	Компьютеры, оргтехника
28	Канцелярские товары
29	Хозяйственные товары
210	Бытовая техника
211	Аптеки
212	Ювелирные украшения

В соответствии с представленной классификацией наибольшей площадью обладают жилые зоны (код 1), территория которых, по исследованиям [80], составляет 64 %. Такой вывод обеспечивается вследствие учета площади многоэтажной

застройки. Вторая по площади территория – промышленность и коммунально-складское хозяйство (код б) 15% от ЦМТ г. Иркутск. Классификация территории в соответствии с её площадью, как это сделано в работе [80], не во всех случаях может оказаться уместной, поскольку привлекательность ЦМТ оценивается не только её площадью, но и числом посетителей за рассматриваемый промежуток времени. Генерирующая способность в виде показателя (удельная генерация) по укрупненным типам ЦМТ представлена в таблице 2.2.

В силу специфики функционирования типов ЦМТ (относительно периодичности и продолжительности посещения) целесообразно ЦМТ разделить на две большие группы: ЦМТ, посещаемые по трудовым целям и по культурно-бытовым, конечно, необходимо отметить те типы ЦМТ, которые используются в качестве мест для деловых встреч, однако такие встречи могут проходить в разного рода учреждениях, например офисах, ресторанах, общественных местах (пространствах), набережные, скверы и т.п., в частности это будет зависеть от времени суток, погодных и климатических условий.

Типы ЦМТ, посещаемые по трудовым целям или, точнее сказать, центры массового приложения труда отличаются от культурно-бытовых и деловых, прежде всего, регулярностью посещения, которую можно посчитать на основе существующих методик [169, 46, 112 и др.], учитывающих структуру занятости населения, число рабочих дней в году, среднестатистическое число больничных и др. Выявление объема корреспонденций по трудовым целям решается относительно просто, хотя в современных условиях, характеризующихся отсутствием четкого разграничения функций городской территории более целесообразно использовать методики расчета, основанные на количественных характеристиках ЦМТ.

Намного сложнее обстоит дело с выявлением корреспонденций по культурно-бытовым целям в силу современных условий формирования городской среды в виде конгломерата типов ЦМТ, наиболее рациональным представляется подход, основанный на количественных характеристиках ЦМТ. Следует сразу

же оговориться, что культурно-бытовые передвижения не являются регулярными, более того, на их формирование влияет значительно большее число факторов, чем трудовые и деловые. На данном этапе целесообразно разделить все факторы, влияющие на культурно-бытовые передвижения в три группы. К первой группе относятся наиболее предсказуемые факторы: общий уровень культурного развития общества, известная периодичность посещения заведений бытовой направленности, покупка продуктов и товаров первой необходимости, посещение церквей, мечетей, заведений общественного питания, плановое техническое обслуживание автомобиля, посещение ФОК, прачечная, химчистка и т.п. Ко второй группе по степени предсказуемости можно отнести следующие факторы: выход интересующего фильма в прокат, премьера спектакля, объявление сезона или дня скидок в крупной торговой сети, уровень благосостояния и т.п. К третьей группе относятся факторы, не позволяющие делать относительно точных прогнозов, прежде всего это общий эмоциональный уровень и психологическое здоровье горожан, погодные и природно-климатические факторы, наличие свободного времени каждого индивидуума, личные потребности в очном общении и пр. С учетом приведенной группировки, можно сделать вывод о том, что учет культурно-бытовых корреспонденций можно осуществить на основе количественных характеристик функционирования соответствующих типов ЦМТ, однако такая оценка будет иметь большую погрешность относительно определения корреспонденций по культурно-бытовым целям ввиду наличия большего числа факторов и особенно факторов, относящихся к третьей группе.

Деловые поездки также сложно поддаются учету, поскольку могут быть реализованы к местам, не отвечающим их цели (места общественного питания, парки, общественные пространства). Однако если деловые поездки не выделять в отдельную группу, то они будут учтены в трудовых и культурно-бытовых по средствам расчета ёмкости ТРР на основе количественных характеристик типов ЦМТ.

На основе приведенной группировки можно предложить и другой вариант группировки ЦМТ на основе градостроительных норм [152, 153, 38]: учреждения повседневного пользования, периодического и эпизодического. В такой группировке необходимо отметить, что радиус обслуживания будет разным. Учреждения повседневного пользования должны приниматься на более 500 м, периодического использования 15–20 минут, эпизодического – в пределах градостроительных норм для городов с соответствующей численностью населения. В данном аспекте возникают проблемы с выбором критерия, на основании которого можно разделить ЦМТ по периодичности посещения. Для одних субъектов посещение ФОКа – ежедневная и неотъемлемая часть их жизни, а для других посещение кинотеатра можно приравнять к объектам повседневного спроса. Наиболее предпочтительным в этом смысле является обобщённый показатель привлекательности, который состоит из количественной характеристики ЦМТ и её востребованности, условно этот показатель можно назвать генерирующей способностью.

На основе проведенного статистического (кластерного) анализа (см. раздел 4.1) можно выделить следующие укрупненные типы ЦМТ (табл. 2.2). Следует отметить, что данная классификация в виде базовых городских функций приведена в источнике [142].

**Таблица 2.2**

Типы ЦМТ, отвечающие укрупненной классификации и их генерирующая способность для г. Иркутск

Код ЦМТ	Наименование типа ЦМТ	Генерирующая способность, чел/сут
1	Жилье	421147
2	Торговля, общепит, сфера услуг	3559051
3	Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг	1290059
4	Офисы	2018878
5	Промышленность	168671
6	Коммунально-складское хозяйство	498158

Данные таблицы 2.2 Проиллюстрированы на рис. 2.2. Из таблицы / рисунка видно, что наибольшей генерирующей способностью обладают офисы и розничная торговля, несмотря на то, что их доля в общей площади не особенно велика



(3%). Этот факт легко объяснить сложившейся практикой поведения населения и существующими нормативами, например, на одного человека должно приходиться не менее 18 м<sup>2</sup> жилой территории, а с учетом индивидуальной застройки это значение существенно возрастает, в то время как приходящаяся на одного офисного сотрудника (6 м<sup>2</sup>) или торговое место площадь значительно ниже.

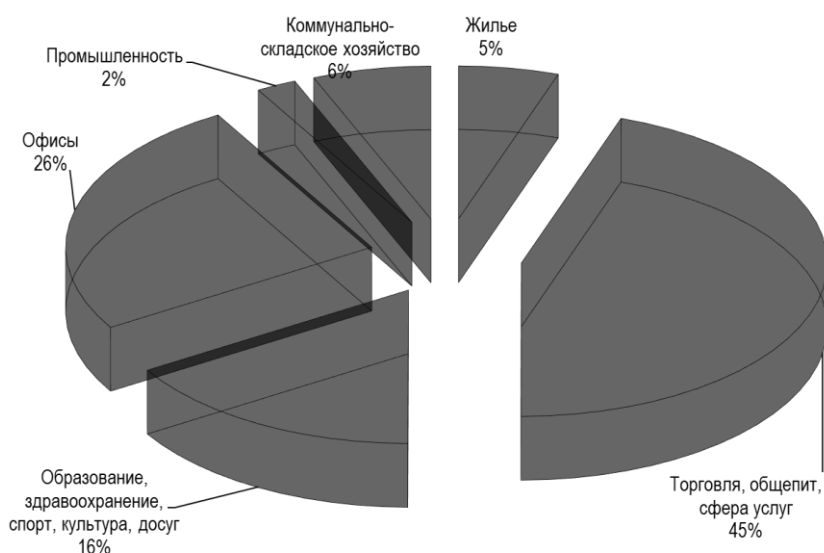


Рис. 2.2 –  
Распределение  
генерирующей  
способности  
ЦМТ  
г. Иркутск

Проведенные статистические изыскания показывают, что генерирующая способность ЦМТ не может быть использована в качестве критерия классификации ЦМТ, поскольку получаемые классы полностью противоречат разделению объектов по цели и продолжительности посещения, например, в один класс попадают ФОКи, учреждения религиозной направленности, проектные организации, торговля строительными товарами. С другой стороны, генерирующая способность является важным показателем, характеризующим привлекательность ЦМТ, что при прочих равных условиях может ложиться в основу учета объема посетителей территорий.

Одновременно с сопоставлением генерирующей способностью ЦМТ необходимо использовать и другие критерии дифференциации типологии ЦМТ. В частности, наиболее подходящими критериями являются средняя продолжительность парковки, которая косвенно отражает среднее время нахождения в ЦМТ и удаленность от центра города. Последний критерий косвенно отражает

привлекательность/размерность ЦМТ. Другими словами, необходимо подобрать такие критерии, которые присущи и уникальны только для одного укрупненного типа ЦМТ. Крайне важно выявить объективную дифференциацию ЦМТ на основе количественных критериев, поскольку в чисто субъективном понимании ЦМТ, представленные в таблице 2.2. имеют абсолютно рациональное деление. На основании продолжительности парковки было получено распределение территорий по 6 основным укрупненным типам ЦМТ: жилье (код 1); торговля, общепит, сфера услуг (код 2); образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг (код 3); офисы (код 4); промышленность (код 5); коммунально-складское хозяйство (код 6). Для 5 и 6 укрупненных групп ЦМТ получить отдельные кластеры не удалось.

## 2.2 Факторы, влияющие на формирование транспортного расчетного района

В первой главе рассматриваются основные аксиомы формирования транспортных расчетных районов, приводятся ориентировочные данные о зависимости численности городского населения и числе транспортных расчетных районов, однако вместе с этим невозможно выработать универсальной методики, позволяющей проводить транспортное зонирование в городах. Транспортному зонированию всегда предшествует функциональное зонирование городской территории, которое позволяет установить взаимное расположение промышленных районов (места приложения труда), жилых районов, и рекреационные зоны (места культ-быта). В зависимости от удобства и гармоничности расположения этих зон во многом будет зависеть легкость сообщения на транспортной сети города. Важным аспектом является и расположение УДС, и прежде всего, магистральных дорог и улиц. С одной стороны, магистральные улицы соединяют отдаленные районы города, а с другой – являются препятствием (полосой разграничения) городской территории. Такую же функцию несут и железные дороги, имеющие глубокие вводы в городскую среду, в городах РФ имеется несколько по-

ложительных примеров, когда железная дорога проходит по касательной к городской территории, как правило, это спроектированные города (Комсомольск-на-Амуре, Ангарск и др.).

Сближение объектов культурно-бытовой направленности и мест проживания в значительной степени может снизить нагрузку на транспорт, поскольку возрастает доля пеших корреспонденций, особенно это касается учреждений, предоставляющих доступ к товарам (услугам) повседневного спроса (продовольственные магазины, аптеки, физкультурно-оздоровительные комплексы, детские дошкольные учреждения, школы, парикмахерские, поликлиники и др.).

### 2.2.1 Транспортные расчетные районы на примере г. Иркутск

В разделах 1.4.2 и 2.2 достаточно подробно описывается формирование транспортных расчетных районов города, основные предпосылки и факторы, способствующие их формированию. Рассматривая г. Иркутск в качестве примера следует отметить, что основные предпосылки формирования транспортных расчетных районов в городе были заложены еще в советский период, когда формировался преимущественно левый берег города. По роковому стечению обстоятельств, левый берег в середине прошлого столетия представлял наибольший интерес властей с целью его освоения в качестве селитебной территории преимущественно с жилой застройкой. Особый импульс к развитию левый берег получил благодаря вводу моста через р. Ангара в 1935 году. Так, после войны и введения в эксплуатацию Иркутской ГЭС в конце 50-х и начала 60-х годов XX века на карте города стали появляться микрорайоны, которые впоследствии объединялись в жилые районы (Юбилейный, Ново-Ленино, Синюшина Гора и др.). Строительство относительно дешевого и, что немаловажно, быстровозводимого жилья позволило снять острейшую проблему нехватки жилого фонда в то время. В 70-е годы ввели в эксплуатацию микрорайоны Байкальский и Топкинский. Впоследствии будут введены микрорайоны Первомайский, Университетский и Радужный. Сегодня в наши дни введен в эксплуатацию первый микрорайон со

времен советской эпохи – «Союз» (рис. 2.3). Таким образом, формирование городской среды шло по существующим на то время стандартам и представлениям о том, что вся территория города должна четко разделяться на функциональные территории (жилые, промышленные, рекреационные и др.). Исходя из этой логики, большая часть территории левого берега занята именно жильем. Конечно, нормативные документы, прежде всего СНИП «Градостроительство планировка и застройка городов и сельских поселений», регламентировали создание в жилой зоне объектов культурно-бытовой, спортивной направленности, а также объектов повседневного спроса и магазинов с товарами первой необходимости, однако большая часть мест приложения труда, особенно крупные производства (Кубышевский завод, Иркутский релейный завод, Иркутский завод карданных валов и некоторые другие) остались на правом берегу, это повлекло за собой возникновение огромных маятниковых поездок – утром с левого берега на правый (на работу), а вечером обратно.



Рис. 2.3 – Территория средне- и высокоэтажной жилой застройки Свердловского района г. Иркутск

Сложившаяся ситуация устраивала горожан, поскольку они были «счастливыми» обладателями отдельного благоустроенного жилья, к тому же уровень автомобилизации того времени (60–70 авт/1000 жителей) не представлял угрозы заторов. Несмотря на недостаточное развитие УДС г. Иркутск, отлаженное сообщение на общественном транспорте полностью удовлетворяло транспортный спрос горожан. Однако в 90-е годы XX века изменился политический курс страны, и наиболее обеспеченные граждане стали активно использовать индивидуальный транспорт, что привело к резкому ухудшению дорожно-транспортной ситуации и возникновению систематических заторов в «узких» местах преимущественно на подходах к мостам, и даже ввод в эксплуатацию четвертого моста через р. Ангара не разрешил сложившейся ситуации.

Вместе с этим сложившееся исторически размещение на городской территории жилья с участком земли (частный сектор) является одной из причин неудовлетворительного обслуживания, поскольку такие территории являются малонаселенными (не более 25 чел/Га). В качестве справки можно привести данные о доли высотности застройки в городах на начало 1970 г. (табл. 2.3).

**Таблица 2.3**

Доля территорий, застроенных жилыми домами разной этажности [103]

Группы городов по численности населения, тыс. чел.	Территория жилых микрорайонов по этажности застройки %		
	4–5 и выше	2–3 этажа	1 этаж с участком земли
20–100	3	14,6	82,4
250–500	8,2	12	79,8
Более 500	16	12,7	70,5

Из таблицы 2.3 следует, что с увеличением численности городского населения растет и доля территории высотной застройки, хотя общее соотношение площади частного сектора и домов высокой застройки очень велико: для городов 20–100 – в 27 раз; для городов 250–500 в 9,7 раза; для городов свыше 500 – в 4,4 раза.

Часто в городах, исторически сложившихся, жилье с участком земли расположено в наиболее удобных с точки зрения градостроительства территориях, например, в местах близких к мостам, центральным зонам городов, набережных, вокзалов и пересадочных узлов (рис. 2.4). Другими словами, наиболее привлекательная территория города занята не популярной застройкой – частным сектором.

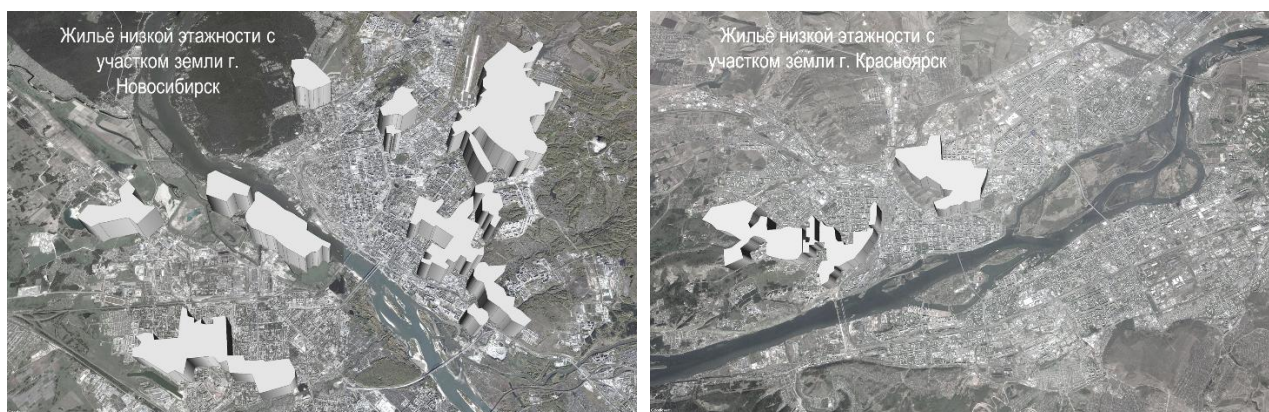


Рис. 2.4 Территория частного сектора в крупнейших городах (Новосибирск, Красноярск) в 2015 году

Дальнейшая застройка городов крупными микрорайонами не могла осуществляться на этих территориях, и поэтому была отброшена на существенные расстояния от центров городов, тем самым искусственно увеличивая площадь города, и, как следствие, дальность передвижений большей части городского населения. Таким образом, в настоящем градостроительная политика должна быть направлена на постепенное перепрофилирование таких территорий.

Предложенная в 2006 году разбивка на расчетные транспортные районы Иркутска (рис. 2.7), выполненная в Иркутском государственном техническом университете коллективом кафедры менеджмента на автомобильном транспорте, является наиболее эффективной и учитывающей большую часть особенностей передвижения населения, однако она в силу времени потеряла текущую актуальность и нуждается в корректировке. Основными параметрами корректировки выступает изменение территориальных границ Иркутска (строительство новых микрорайонов), а также искажение типологии территорий, которые входят в состав транспортных расчетных районов.

Принимая во внимание развитие технологий спутникового мониторинга и появление новых инструментов на его основе, позволяющих эффективно отслеживать реальное изменение функций городских территорий, а также оценивать количественно (площадь застройки, периметр, высотность, организацию доступа и др.), автор считает необходимым использовать именно этот инструментарий. Вместе с этим следует также учитывать, что границы транспортных расчетных районов могут быть определены непосредственно по месту естественного рубежа (ограждения промышленной территории, естественные преграды в виде оврагов, заболоченной местности), а не условно «где-то здесь». На рисунке 2.6 представлено транспортное зонирование г. Иркутск с учетом описанных особенностей.

Площадь транспортного расчетного района является одной из основных характеристик этой транспортно-градостроительной единицы, а в составе с другими характеристиками, например, удаленностью от центра города, средней генерирующей способностью и др. может быть охарактеризована некоторым совокупным показателем. В частности, установлено, что с удаленностью от центра города площадь транспортных расчетных районов начинает расти, это связано с вынесением за пределы городских центров крупных жилых районов, микрорайонов, промышленности, торговли и т.п. Но, вместе с этим всегда имеются исключения, например, обособленный жилой массив (микрорайон «Топкинский» г. Иркутск), производственная площадка, относительно маленькой площади (5–10 Га) и др., которые не позволяют установить достаточно тесную зависимость между площадью ТРР и прочими факторами (рис. 2.5). Значения площади и удаленности транспортных расчетных районов г. Иркутск представлены в таблице 2.4.



Таблица 2.4

Основные количественные характеристики транспортных расчетных районов  
г. Иркутск

№ ТРР	Площадь ТРР, Га	Периметр, м.	Удаленность от центра города, м.
1	44	2,56	640
2	53	2,96	175
3	49	2,86	476
4	65	3,63	1233
5	47	3,1	1446
6	18	1,87	860
7	109	5,35	1445
8	35	2,43	1254
9	30	2,63	1253
10	48	2,74	1182
11	42	3,12	1946
12	31	2,43	1612
13	40	2,6	1752
14	48	2,96	1916
15	89	4,12	2831
16	131	4,91	2404
17	67	3,31	2454
18	75	4	3225
19	79	3,54	3886
20	88	3,79	3626
21	0	5,89	4238
22	107	4,41	4767
23	72	3,69	4029
24	97	4,23	4106
25	81	3,68	4304
26	101	4,54	5457
27	51	3,12	5109
28	28	2,28	5416
29	190	7,52	5570
30	128	4,77	6691
31	143	6,91	6431
32	58	3,89	2199
33	148	4,97	3697
34	144	5,22	2214
35	124	4,81	3210
36	168	5,46	3249
37	52	3,68	4835
38	55	3,49	2356
39	123	5,17	3857
40	118	5,88	2098
41	131	5,5	3412
42	353	9,73	4581



Продолжение таблицы 2.4

43	289	8,71	7026
44	525	12,5	7748
45	74	3,92	2862
46	150	5,83	3209
47	177	6,12	4115
48	214	5,94	4451
49	62	4	5410
50	347	7,86	4954
51	178	6,28	6680
52	109	4,5	6877
53	307	9	7799
54	65	3,43	7701
55	416	11,1	8751
56	130	5,16	9619
57	288	8,46	9333
58	204	6,5	7018
59	111	4,58	7019
60	278	6,54	8978
61	289	8,43	9961
62	118	4,76	10486
63	137	5,93	11210
64	493	10	11301
65	321	10,3	15298
66	184	5,47	3317
67	159	5,16	2753
68	101	4,64	2469
69	175	5,74	2331
70	12	1,65	1537
71	145	6	2278
72	75	5,22	1809
73	92	4,39	4603
74	152	5,85	4636
75	201	8,38	6625
76	104	4,28	5634
77	76	3,41	4780
78	183	8,51	6461
79	275	9,52	3869
80	142	6,22	8142
81	168	5,84	7745
82	68	3,42	6798
83	53	3,6	5913
84	68	3,33	6337
85	263	7,73	6105
86	221	6,95	5121
87	214	7,69	8489
88	160	6,72	5806
89	192	6,42	8045

Окончание таблицы 2.4

58+	32	2,31	6388
63+	32	2,56	12675
90	347	8,35	12739
Минимум	12,5	1,65	175
Максимум	524,7	12,50	15298
Среднее	141,3	5,25	4985
Сумма	12995,6	482,96	–

Данные таблицы 2.4 отображены на рисунке 2.5. В соответствии с представленным корреляционной связью размеров транспортных расчетных районов и их удаленностью от центра города можно пользоваться очень приближенной зависимостью, которая показывает изменение площади ТРР на 27,3 Га на каждый километр удаленности от центра города. Данная эмпирическая зависимость справедлива для диапазонов, приведенных в таблице 2.4.

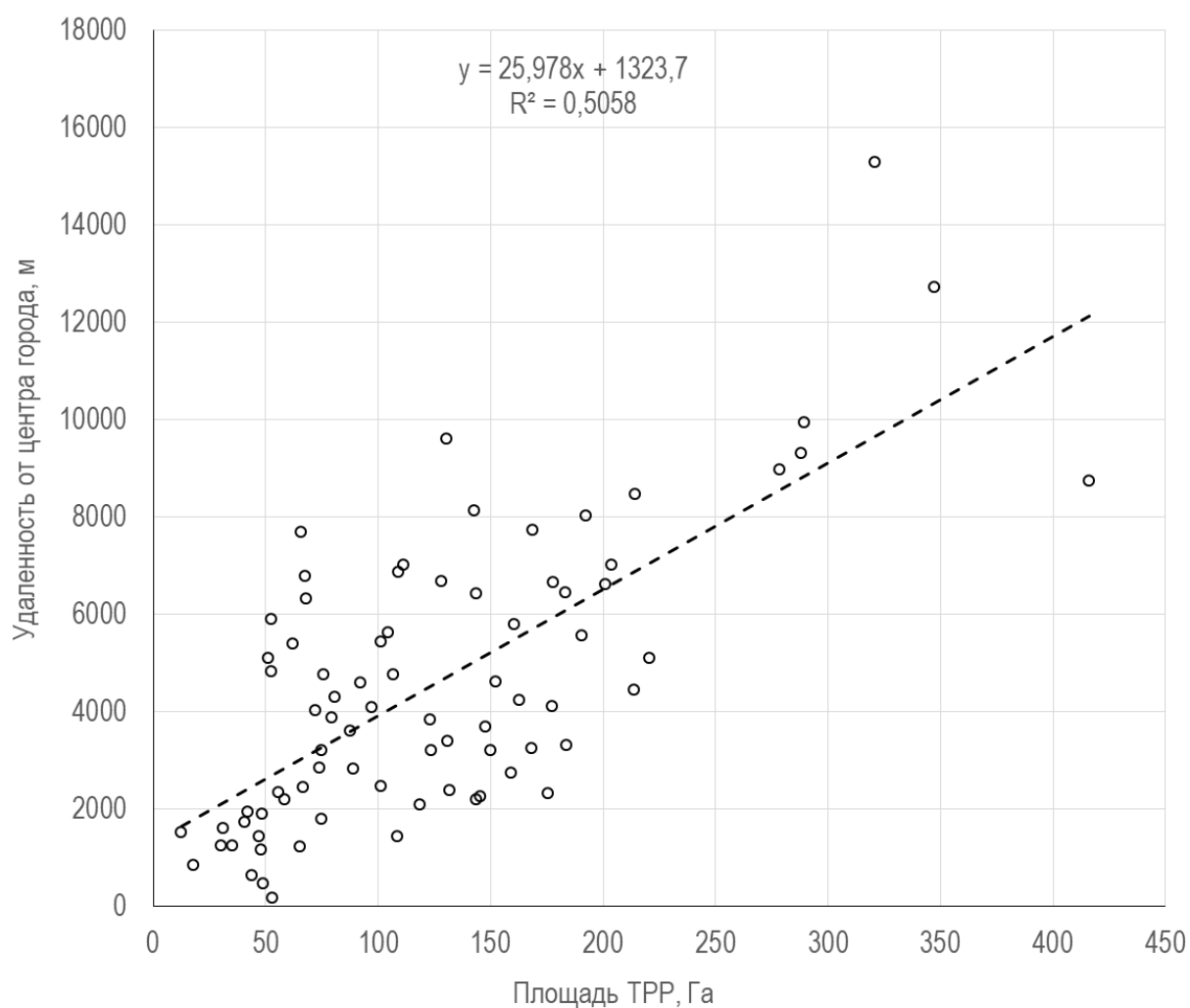


Рис. 2.5 – Зависимость площади ТРР от удаленности от центра города

Рост городских территории г. Иркутск за последние 10 лет (рис. 2.6) осуществлялся в основных двух направлениях: первое – строительство, преимущественно жилых районов на новой территории, прилегающей к границам города; второе – изменение функций городской среды, прежде всего точечная застройка жилыми комплексами, пустующих территорий, уплотнение существующей застройки, строительство на территории частного сектора.



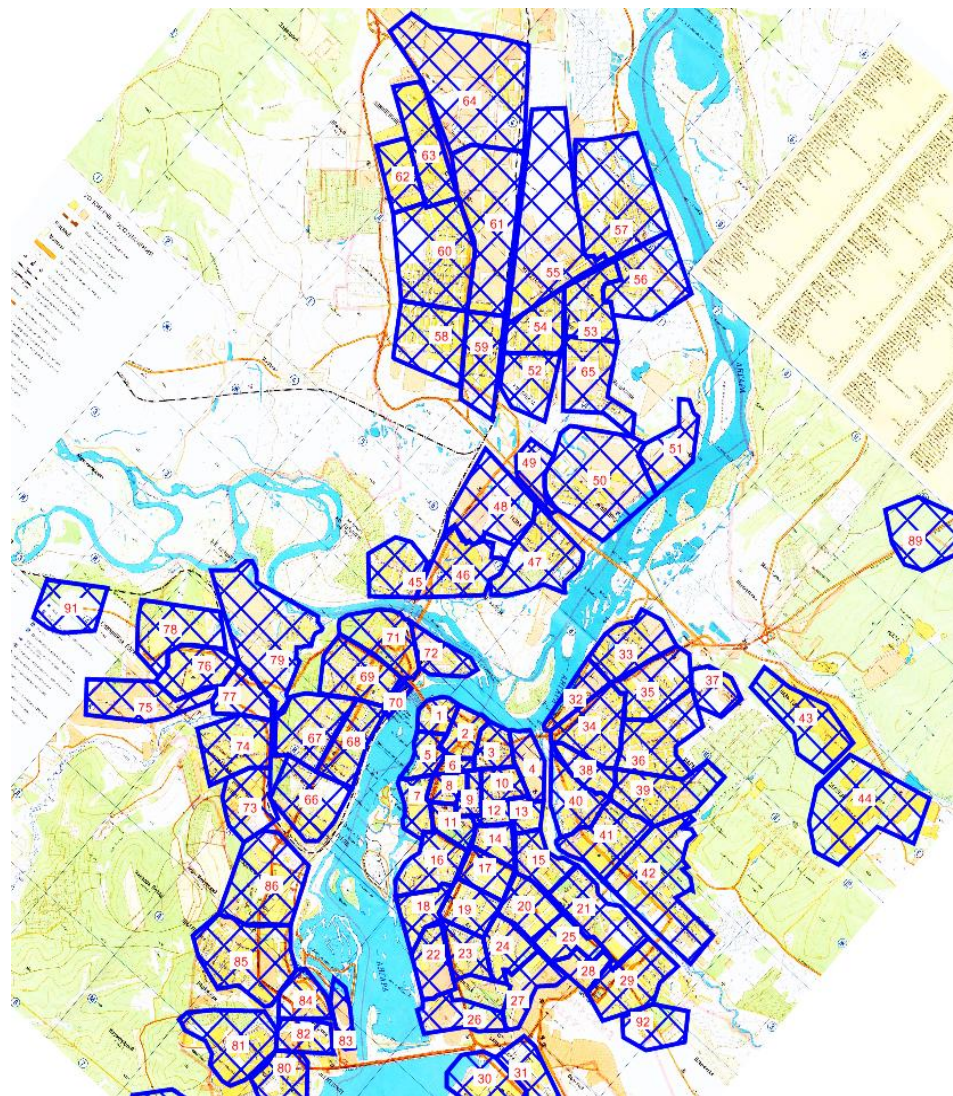
Рис. 2.6. Транспортное зонирование г. Иркутск с учетом территориального роста

Расширение границ городской черты г. Иркутск не нашло широкого распространения в принятом генеральном плане г. Иркутск в 2007 году, а также в последующих чтениях и поправках к нему, несмотря на это, массовое строительство жилья на непосредственно прилегающей территории к городской черте ведется практически во всех направлениях. Например:

- в направлении Улан-Удэ – микрорайон «Луговое»;
- в направлении Красноярск – микрорайон «Березовый», точечная застройка жилыми комплексами и крупными торговыми центрами микрорайона Ново-Ленино, коттеджный поселок «Западный»;
- в направлении «Мельничная Падь» – микрорайон «Ершовский», «Зеленый Берег», коттеджные поселки «Изумрудный», «Хрустальный», «Ново-Иркутский» и др.;
- в направлении о. Байкал (тракт на п. «Большое Голоустное» и Байкальский тракт) – коттеджный поселок «Славный», увеличение численности домохозяйств в п. «Дзержинск», «Миловиды», «Молодежный», «Пивовариха» и др., кроме того, в этом же направлении уже сегодня ведется активная разработка участков под массовую жилую застройку в виде «Таунхасов», например, жилой район «Парковый» на 15 км Байкальского тракта и жилые районы по Голоустненскому тракту, на третьем ЖК «Ушаковский» и восьмом километрах.

В практике транспортных расчетов, особенно для уточнения примерных объемов грузоперевозок или пассажирских перевозок укрупнёнными методами, например, с одной части города в другую, отделенную рекой, железнодорожной веткой и т.п. необходимо укрупненное зонирование, которое было выполнено в ИрГТУ (Договор № 010-64-84/6 от «22» марта 2006 года «Расчет пассажирских потоков на городском маршрутном пассажирском транспорте и индивидуальном автомобильном транспорте в г. Иркутск») и его корректировка на основе роста реальной застройки представлены на рисунках 2.7 и 2.8.





а)



б)

Рис. 2.7. Транспортное зонирование территории г. Иркутск: а – 2005 г; б – 2019 г.



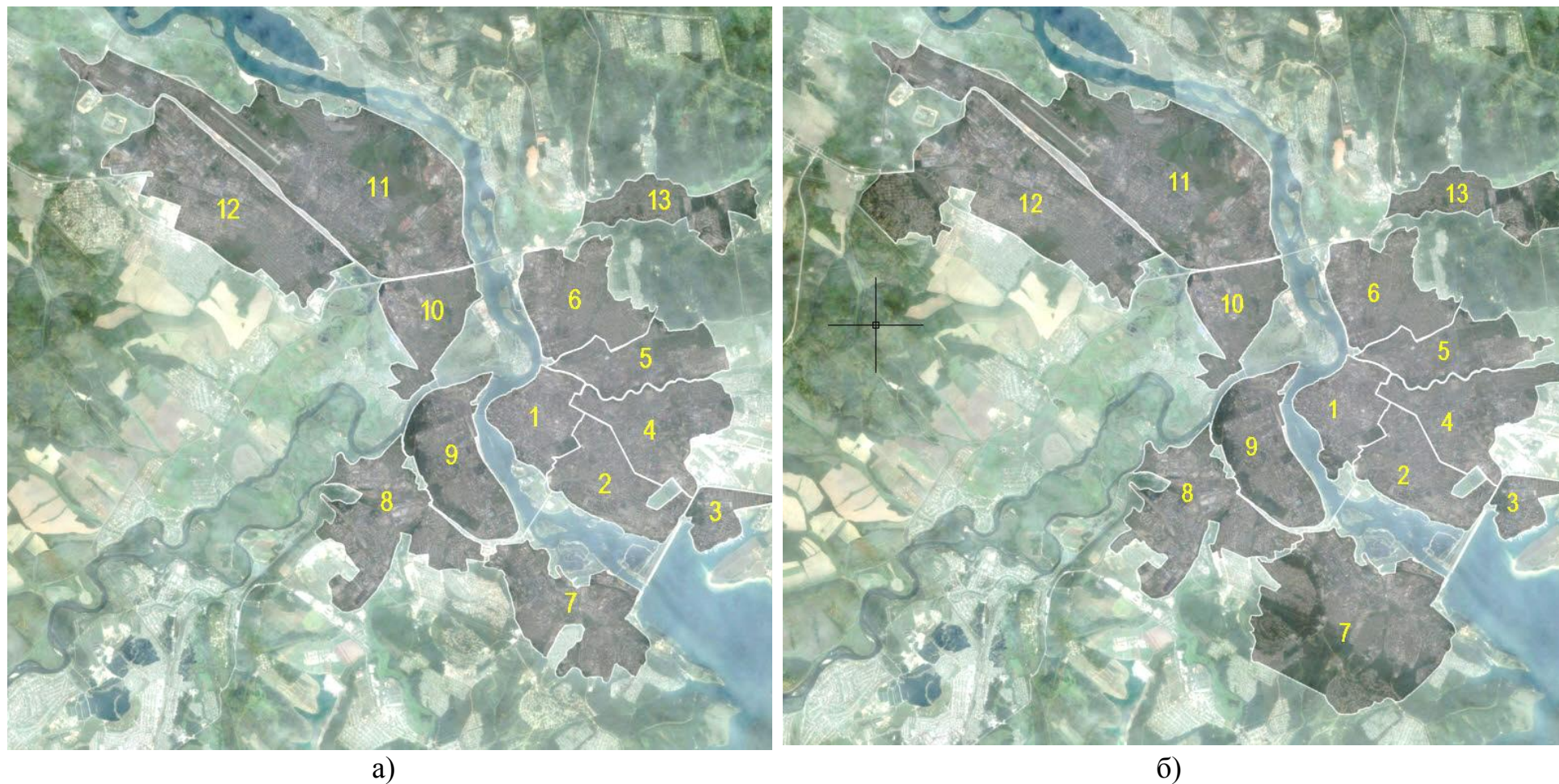


Рис. 2.8. Транспортное зонирование территории г. Иркутск: а – 2005 г.; б – 2019 г.

Городская территория представляет собой конгломерат центров массового тяготения, нередко обладающих совершенно разной функциональной направленностью. Изменение функций городской территории предполагает строительство на этой территории новых центров массового тяготения, перепрофилирование уже существующих или уплотнение застройки, как правило, за счет рекреационных зон. Наиболее часто встречающиеся примеры (рис. 2.9) уплотнения застройки можно наблюдать в крупных микрорайонах, где рекреационные разрывы позволяют строить новые жилые комплексы, которые, как правило, отличаются от существующей застройки этажностью, технологией строительства и архитектурными решениями.



2006 г.



2014 г.

Рис. 2.9. Уплотнение территории микрорайона Академический городок г. Иркутск

Изменение функций городской территории предполагает изменение (перепрофилирование) территории с точки зрения её привлекательности по отношению к потенциальным посетителям. Наиболее наглядным перепрофилированием территории в городах России является строительство жилых комплексов или торгово-развлекательных центров на жилой территории с участком земли (рис. 2.10).

Пример, приведенный выше, является положительным с точки зрения использования территории, поскольку перепрофилированная территория будет



функционировать более эффективно и удовлетворять культурно-бытовым потребностям достаточно широкого круга жителей г. Иркутск и гостей столицы восточной Сибири. К положительному опыту перепрофилирования можно отнести и территории промышленных зон, организованных еще в советский период, которые перепрофилируют в торгово-развлекательные или торгово-деловые центры. Только в г. Иркутск (население примерно 600 тыс. чел.) таких примеров можно насчитать больше десяти (Завод карданных валов – ТЦ «Иркутский», Завод им. Куйбышева – ТЦ «Фортуна», Радиозавод – торгово-развлекательный центр «GamMoll» и др. (рис. 2.11).



Рис. 2.10. Перепрофилирование жилого квартала (130 квартал) с участком земли в общественное пространство культурно-бытового назначения г. Иркутск

Однако следует сделать оговорку и признать, что развитие крупных центров массового тяготения, подобным тем, которые были перечислены в примерах, невозможно без соответствующего развития УДС, обслуживающей эти центры тяготения. Кроме этого, необходимы условия обслуживания посетителей как на индивидуальном транспорте (обеспечение доступа, достаточного числа парковочных мест и навигации на территории парковки), так и на общественном



транспорте (пересадочные пункты, тротуары и пешеходные дорожки). Игнорирование этих требований приводит к транспортным коллапсам в зоне функционирования крупных центров массового тяготения и не только снижает эффективность работы перепрофилированной территории, но и создает помехи транзитным пассажирам.



Рис. 2.11. Перепрофилирование территории радиозавода в торгово-развлекательный комплекс г. Иркутск

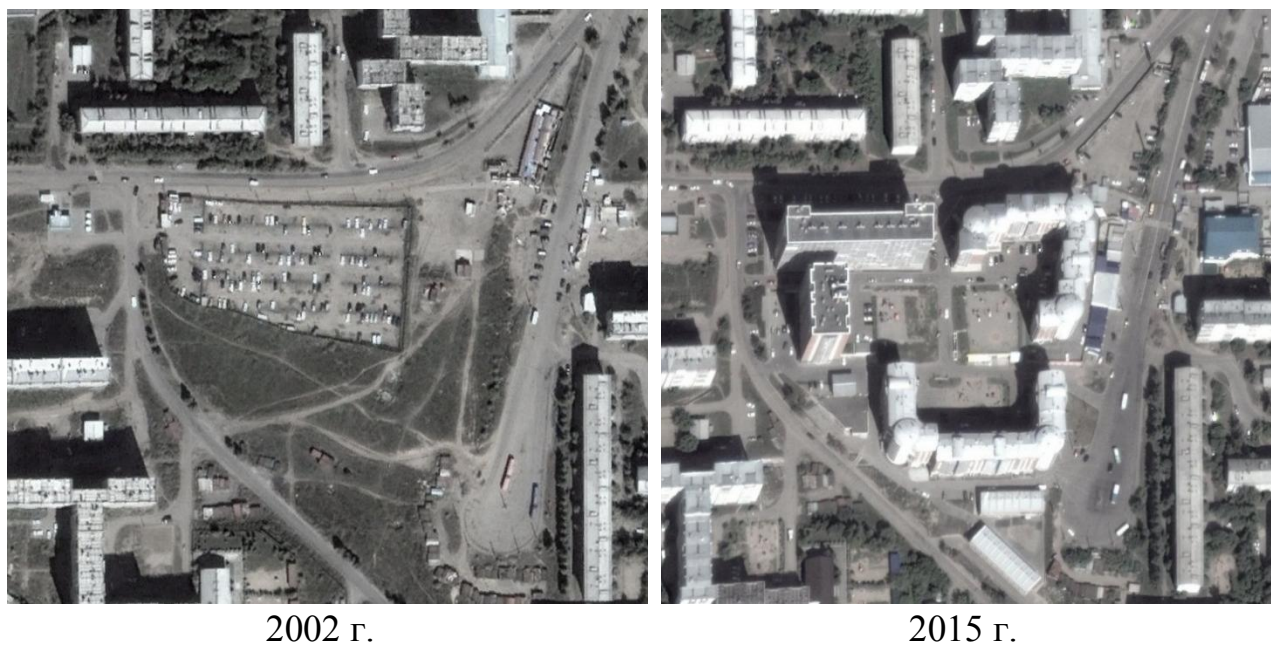


Рис. 2.12. Перепрофилирование а/стоянки (м-он «Первомайский») в жилой комплекс высокой этажности г. Иркутск

Перепрофилирование территории не всегда приносит положительный эффект с точки зрения функционирования территории. Часто в погоне за прибылью, а также необходимостью сохранения территориальных границ города, его власти идут на так называемое «уплотнение застройки». Как правило, используют пустыри, технологические разрывы и зеленые полосы. Нередко под снос отдают спортивные объекты (стадионы, спортивные площадки) и автомобильные стоянки (рис. 2.12).

Следует отметить, что автомобильные стоянки в микрорайонах и жилых районах позволяют вынести вредное воздействие отработавших газов двигателей внутреннего сгорания на безопасное расстояние от жилой застройки, кроме того, вынесенное хранение автомобиля из дворовой территории позволяет сохранить пространство для нужд человека – газоны и придворовые территории. Следует упомянуть тезис, высказанный Вучиком Вуканом [32], «...города создаются не для машин, а для людей». Политика ликвидации автомобильных стоянок, в том числе интересна страховым компаниям, к которым вынуждены обращаться владельцы транспортных средств, хранение которых осуществляется на неохраняемой территории непосредственно возле подъездов жилых домов. Наиболее приемлемым вариантом является строительство подземных паркингов, которые, к сожалению, приводят к удорожанию стоимости жилья и не всегда выгодны застройщику. В настоящее время имеются и отдельные примеры перепрофилирования детских дошкольных учреждений в кафе, рестораны или другие заведения культурно-бытового назначения, в связи с образовавшейся «демографической ямой» в конце двадцатого и начала двадцать первого веков.

В настоящее время мы можем наблюдать достаточно кардинальные перемены в градостроительной политике страны, наряду с изменением общественного сознания и образа жизни, под влиянием технического прогресса города в значительной степени претерпевают изменения. Однако не стоит забывать о том, что уплотнение застройки или её перепрофилирование и (или) строительство но-

вых микрорайонов или других крупных центров массового тяготения требует создания сопутствующей транспортной инфраструктуры, без которой полученные ЦМТ будут не доступны, и, в конечном счете, потеряют свою привлекательность. Доступ к ЦМТ должен быть учтен уже на стадии (пере) проектирования ЦМТ сегодня, вступивший в силу 443 ФЗ требует такой оценки. Только таким образом возможна интеграция градостроительного и транспортного планирования, которые неразрывно связаны.

### 2.2.2. Формирование устойчивых агломерационных связей города и зоны его влияния

Транспорт является одной из важнейших и наиболее сложных отраслей народного хозяйства. Он неотделим от технического прогресса, градостроительной политики и социального-демографического развития как отдельного города, так и страны в целом. Правильные, взвешенные решения в транспортной отрасли приводят к росту городов, развитию смежных территорий и крупных производств, а также способствуют более качественному и полному удовлетворению культурно-бытовых потребностей населения.

В мировой практике развития и освоения территорий давно сложилась тенденция агломерационных связей, позволяющих активно использовать ресурсы смежных территорий. Под ресурсами, прежде всего, понимается объединение возможностей транспортной инфраструктуры, инженерных коммуникаций, мест приложения труда, культурного и бытового пространства. Следует также подчеркнуть и огромную значимость экономии городского пространства, поскольку расширение границ города потребует увеличения скорости сообщения и, вероятно, применения новых скоростных видов транспорта, что не всегда целесообразно, особенно при относительно низкой плотности населения. К тому же, в аспекте пропорциональности использования городских земель и преимущественного применения ИТ можно отметить, что до половины городской территории может занимать транспортная инфраструктура (дороги, развязки, парковки и

др.). Напротив, при преимущественном использовании ОТ (до 75–80%) доля территории города, занятой под транспортной инфраструктурой снижается до 20–25%, а при использовании метрополитена до 15% [149, 32].

Сегодня процессы агломерации становятся ключевым инструментом развития страны и ее территорий, обеспечивающим высокое качество жизни населения, создающим комфортную среду для развития бизнеса и повышающим конкурентоспособность России как единого целого, связанного с опорным каркасом системы расселения, транспортной и энергетической инфраструктурой, высоким качеством жизни, ориентированной на инновационный сценарий развития. Развитие агломерации связано с исчерпанием возможностей города для размещения производства, инфраструктуры и т.п., и необходимостью его развития на более широкой территориальной базе. Эти вопросы должны решаться комплексно с учетом перспектив развития прилегающих к городу территорий в формате агломерации.

Одновременно с развитием агломерационных связей увеличивается и дальность передвижений, что, в свою очередь, требует поддержания более высоких скоростей сообщения, сокращения накладных затрат времени на передвижение. К накладным затратам следует относить:

- на общественном транспорте – подход к остановочному пункту, ожидание транспорта, пересадка, подход к месту назначения от остановочного пункта;
- в случае с индивидуальным транспортом – это подход к месту хранения автомобиля, подготовка транспортного средства для начала движения, преодоление расстояния от мест хранения до магистральной улицы (дороги), поиск парковочного места, подход к месту назначения от места парковки.

Поддержание более высоких скоростей сообщения имеет ограничения, прежде всего, с точки зрения безопасности движения, которые ограничивают техническую скорость транспортного средства в населенных пунктах до 60 км/ч, а вне населенных пунктов до 90–110 км/ч. Такую скорость сообщения можно считать идеальной, поскольку здесь не учтены снижающие её значение факторы,

к которым принято относить наличие пересечений и пешеходных переходов в одном уровне, а также высокий уровень загрузки УДС, не позволяющий выбирать приемлемую скорость движения, ограничение технической скорости движения по дорожным и климатическим условиям и т.п. Таким образом, средняя скорость сообщения на индивидуальном транспорте в крупных городах колеблется в интервале от 18 до 26 км/ч. При смешанном цикле город – пригород может возрасти до 33–35 км/ч. Средняя скорость сообщения на общественном транспорте ниже и колеблется в диапазоне 14–17 км/ч., следовательно, радиус реальной агломерации ограничивается способностями транспортной инфраструктуры реализовывать соответствующие скорости сообщения, позволяющие укладываться в ограничения [152, 153], например, для Иркутска (численность населения примерно 600 000 чел.) 37 минут для 85–90% населения города в один конец по трудовым целям. Для городов с численностью населения более 1 млн человек – 45 минут. Для городов, имеющих особый статус, столицы, города особого назначения, такой норматив устанавливается индивидуально в зависимости от специфики их функционирования.

Реальные агломерационные связи на примере г. Иркутск с прилегающей территорией могут быть определены исходя из учета накладных затрат времени в пределах 26 % для ИТ и 37 % для ОТ от общих затрат времени на передвижение и при средней скорости сообщения на ИТ 33 км/ч, а на ОТ 16 км/ч (в качестве примера доступности рассматривается центр города). Таким образом, реальные агломерационные связи на ИТ составят примерно 16 км., а на ОТ 8 км. (рис. 2.13).

Данный радиус включает в себя большую часть коттеджных поселков, находящихся за чертой города («Молодежный», «Западный», «Изумрудный» и др.), дачные кооперативы, которые в последнее время активно используются для постоянного проживания, особенно в направлении «Мельничной Пади», крупные поселки (Держинск, Пивовариха, Мамоны, Смоленщина и др.), а также город-спутник Шелехов. Город-спутник Ангарск, в сложившихся условиях, не имеет с



Иркутском устойчивых трудовых корреспонденций, что обусловлено как минимум двумя важными факторами, а именно: высокие производственный потенциал г. Ангарск и значительное расстояние до г. Иркутск (50 км).

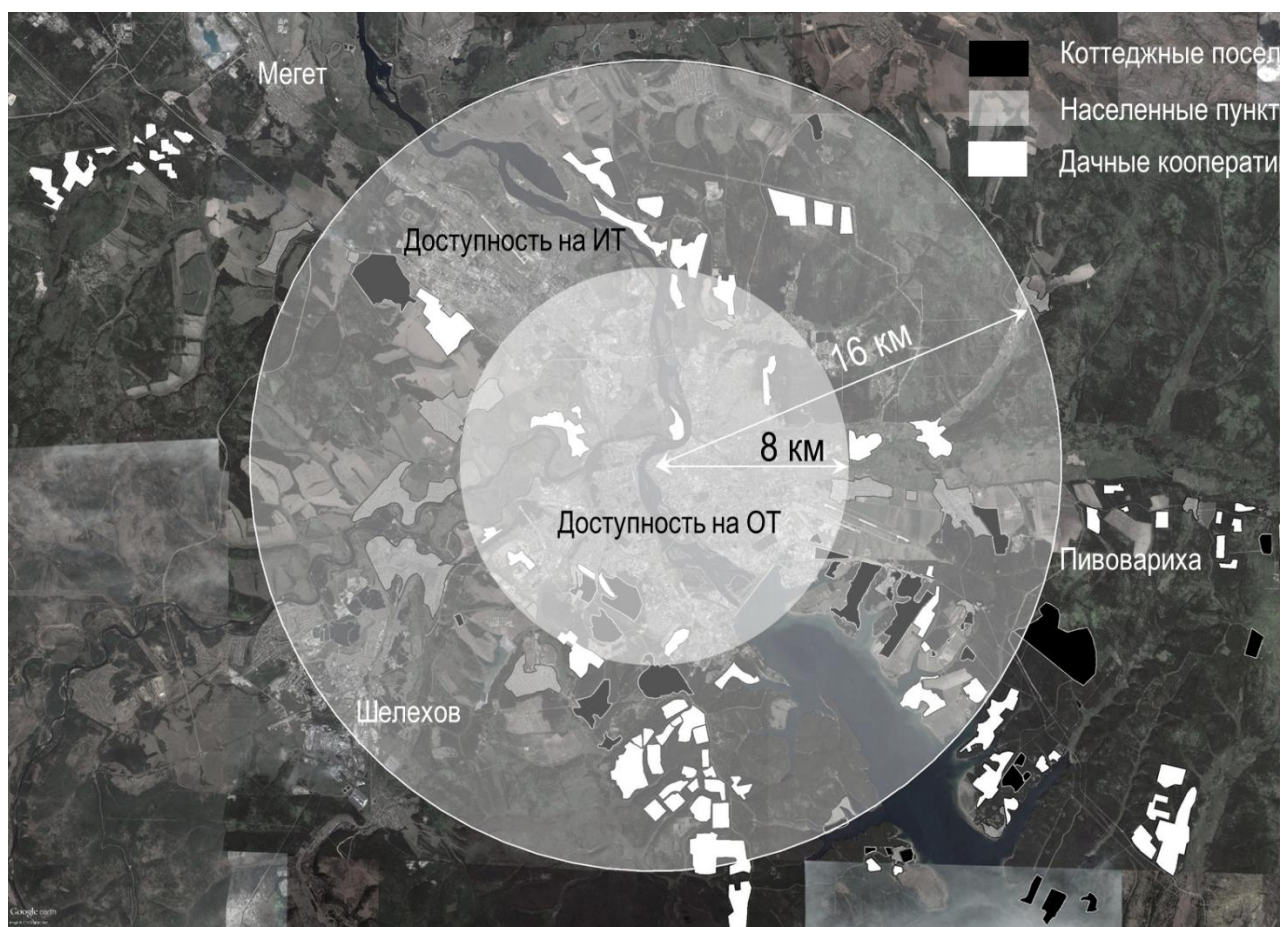


Рис. 2.13. Агломерационные связи г. Иркутск с прилегающими территориями

Транспортная доступность на общественном транспорте примерно в 2 раза ниже, чем на индивидуальном, что объясняется более низкой скоростью сообщения. Следует отметить, что большая часть города лежит в зоне доступности на общественном транспорте. В настоящее время исключением является микрорайоны «Ново-Ленино» и «Иркутск 2». В конце XX века, уровень автомобилизации не превышал 100–120 автомобилей на 1000 жителей, уровень загрузки УДС даже в пиковые периоды не превышал критических значений, что позволяло реализовывать высокие скорости сообщения и, следовательно, большую транспортную доступность. Из представленных выше доводов следует несколько основных выводов о целесообразности использования видов транспорта в зависимости от дальности передвижения. Безусловно, конкретные рекомендации должны быть

даны исключительно персонально для каждого города, но наиболее обобщенные можно предложить для крупных и крупнейших городов:

- центральная часть города – это среда, в которой пешеход важнее автомобиля, а общественный транспорт важнее индивидуального. Индивидуальный используется только при недоступности других видов транспорта;
- на территории города общественный транспорт имеет приоритет перед индивидуальным. Индивидуальный транспорт и пешеход равны;
- в пригороде и за городом, а также в средних и малых городах, в поселках городского типа, индивидуальный транспорт доминирует над общественным.

Последнее утверждение основывается на значительном снижении плотности населения до 15–20 чел/Га, по сравнению с плотностью населения крупных и крупнейших городов 50–60 чел/Га, а в наиболее плотных районах до 300 чел/Га и, следовательно, большей потребностью использования ИТ, что неизбежно приведет к заторам и нехватке парковочных мест.

Далее необходимо сказать, что в реальной жизни, особенно в городах России, нет возможности четко разграничить применение транспорта по предложенному зонированию, поскольку корреспонденции могут осуществляться из пригорода. Так, например, корреспонденция, осуществляемая из пригорода на расстоянии 10–15 км в центр города в 90% случаев будет реализована на индивидуальном транспорте. Наиболее эффективным мероприятием, которым активно пользуются в Европе, является стимулирование пересадки с индивидуального транспорта на общественный путем создания перехватывающих парковок на границе с центральной частью города (P+R, Park&Ride) и одновременным введением высоких тарифов на парковку в центральной части. Политика стимулирования преимущественного использования общественного транспорта на территории города и прежде всего в его исторической части, обусловлена необходимостью снижения интенсивности, сегодня наиболее загруженными участками УДС в городах являются зоны слияния городской территории и пригородов в пиковые периоды.

Исторический разрыв в развитии города и села присутствовал всегда, особенно это резко выделялось в вопросах доступа к таким благам цивилизации как информационные ресурсы, культурно-бытовые, деловые. Вместе с этим считается, что в городах уровень жизни, который может быть выражен в нормировании продолжительности рабочего дня, уровне доходов, доступу к дефицитным товарам, замене физического труда на интеллектуальный и т.п., значительно выше, чем на селе, и поэтому вторая половина XX века в нашей стране была ознаменована оттоком населения из сельской местности в города, причем, большей частью в крупные и крупнейшие. В противовес доводам о «лучшей доле» городской жизни можно противопоставить аспекты экологии, которые, несомненно, выше на селе, возможность широкого применения индивидуального транспорта, снижение фактора стресса, более сбалансированные режимы труда и отдыха и др. В конце XX века на заре перестройки и перехода на новые условия хозяйствования, рост крупнейших городов был обусловлен преимущественно за счет оттока населения из малых и моногородов. Стремительный рост городского населения, вкупе с ростом парка подвижного состава индивидуального транспорта, создает огромные нагрузки на УДС крупнейших городов, что приводит к систематическим заторам. Особенно остро стоит проблема трудовых маятниковых корреспонденций из пригородов, которые преимущественно осуществляются на индивидуальном транспорте.

Сближение города и села стало необходимостью в современных условиях по ряду перечисленных выше аспектов, такое сближение уже произошло в силу технического прогресса, например, в аспекте информационных ресурсов, сеть интернет и связь сегодня присутствует в 99% населенных пунктов, с точки зрения удобства и комфорта быта сегодня можно обеспечить полное автономное обеспечение со всеми удобствами городской жизни (водоснабжение, отопление, водоотведение). Вторым по значимости аспектом проживания в сельской местности является транспортное сообщение, позволяющее совершать маятниковые трудовые миграции, укладывающиеся в нормативные границы времени. Речь



идет, прежде всего, о массовом пассажирском транспорте, пригородных электропоездах, скоростном трамвае, автобусах в экспресс-сообщениях. Вместе с этим необходимо большое внимание уделять пересадочным узлам, позволяющим быстро и эффективно производить пересадку, например, с пригородного поезда на городские виды транспорта (автобус, троллейбус, трамвай). В случае значительного удаления места проживания от станции пригородного транспорта, можно предусматривать совмещенные со станцией пригородного сообщения парковки, причем хранение автомобиля в течение всего дня должно носить массовый характер, быть безопасным и в большинстве случаев дешёвым или бесплатным (рис. 2.14).



Рис. 2.14. Пример размещения парковки и железнодорожной станции г. Шель (52 000 жителей) Франция (пригород г. Париж)

Фактически можно утверждать, что агломерации, в которых отлажено транспортное сообщение, могут развиваться более динамично, по сравнению с изолированными малыми городами. В агломерации люди могут жить в небольших городах, получая все преимущества загородной жизни, и при этом могут трудиться в большом городе, а также получать все культурно-бытовые услуги высокого качества. Чем ближе города, объединенные в агломерацию, расположены друг к другу, тем проще организовать сообщение. Вместе с этим на сегодняшний день имеются ограничения по дальности расположения городов. В силу

ограниченной скорости сообщения, такие связи достаточно сильны на расстоянии 15–20 км. И в значительной степени ослабевают на расстоянии уже 25–30 км. Таких же данных придерживается и автор [23]. На расстоянии 50 км и более взаимосвязь городов наблюдается в единичных случаях и никак не может считаться массовой. Одним из наиболее ярких примеров большого радиуса агломерации является Парижская «Большой Париж», радиус которой в настоящее время оценивают до 70 км. Такой радиус обеспечивается за счет применения сверхскоростных поездов, скорость сообщения которых на отдельных участках достигает 200–250 км/ч.

Процессы мировой субурбанизации, начавшиеся в США, в Канаде, странах западной Европы в середине прошлого столетия, сегодня в полной мере правомерны для городов – центров России. В Иркутске и Иркутской агломерации процессы субурбанизации начались относительно недавно – примерно 10–15 лет назад. Активное развитие пригородной территории, как в виде индивидуального жилищного строительства, так и в виде гибридной застройки (Town House) получили широкое распространение. Было бы ошибочно понимать, что все жители благоустроенных квартир в городской черте предпочитают переехать за город в жилье типа Town House или же индивидуальный дом. Такие перемены в настоящее время рассматриваются, скорее, как исключение из правила. Большая доля приобретений жилья типа Town House основывается на сугубо экономическом подходе. Стоимость квадратного метра жилья такого типа значительно ниже стоимости жилья в городской черте (в 2–2,5 раза), прежде всего, за счет экономии на стоимости земельных участков, а также технологии строительства; имеются и другие особенности формирования низкой стоимости квадратных метров. Таким образом, приобретая жилье, в среднем на 30–50 % дешевле от его стоимости в городской черте, в качестве экономии можно приобрести личный автомобиль, что для загородного жилья является не просто приятным дополнением, а в подавляющем числе случаев – единственной возможностью передвижения.



Существуют и другие разновидности субурбанизации, в том числе и сезонная, когда жители города выезжают для постоянного проживания в загородный дом, дачу на период теплого периода, отпуска. При этом если не у всех членов семьи в этот период отпуск, то они становятся на этот период жителями агломерационной территории. Общий вид распределения мест распространения процессов субурбанизации Иркутска представлен на рисунке 2.15.

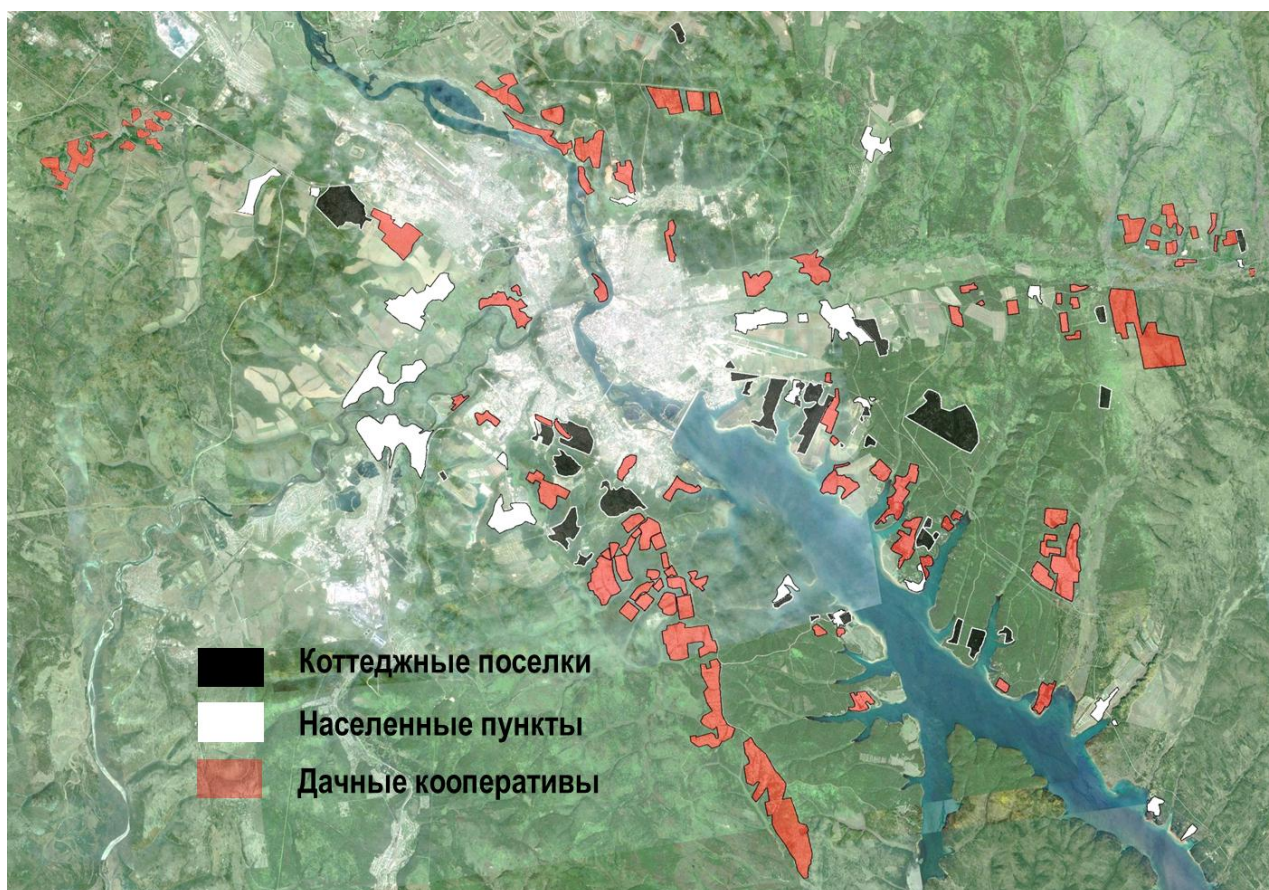


Рис. 2.15 – Развитие пригородной территории г. Иркутск

Следует особенно подчеркнуть, что каждая из представленных территорий имеет ряд специфических отличий и прежде всего они заключаются в характере использования территории. Дачные кооперативы будут наиболее активны в летний период, несмотря на то, что часть этой территории используется круглогодично для постоянного проживания, а населенные пункты и коттеджные поселки – в большей степени для проживания, несмотря на то, что характер связей – их мощность и периодичность, по мнению автора, будет разной, поскольку в котте-

джных поселках проживают наиболее состоятельные слои населения и, следовательно, предпочтения, образ жизни, транспортная подвижность у этих социальных групп будет несколько отличаться.

В таблице 2.5 представлена площадь жилых территорий по категориям землеиспользования.

Таблица 2.5

## Количественные характеристики пригородной территории г. Иркутск

Направление (тракт)	Периметр, км			Площадь, Га		
	ИЖС*	Земли поселений	ДНТ, СНТ**	ИЖС	Земли поселений	ДНТ, СНТ
Мельничная Падь	40,99	17,8	126,72	788,5794	315,27	2704,8735
Байкальский	6246	56,44	66,51	1304,6291	731,6502	1194,659
Голоустненский	14,19	30,12	7279	240,2293	590,8252	1346,4897
Другие направления (М55, М53, Качугский и др.)	13,27	52,24	119,58	401,9971	1402,7224	2050,3105
Итого	6314,45	156,6	7591,81	2735,4349	3040,4678	7296,3327

\* Индивидуальное жилищное строительство

\*\* Дачные некоммерческие товарищества, садоводческие некоммерческие товарищества

Данные таблицы приведены на рисунке 2.16

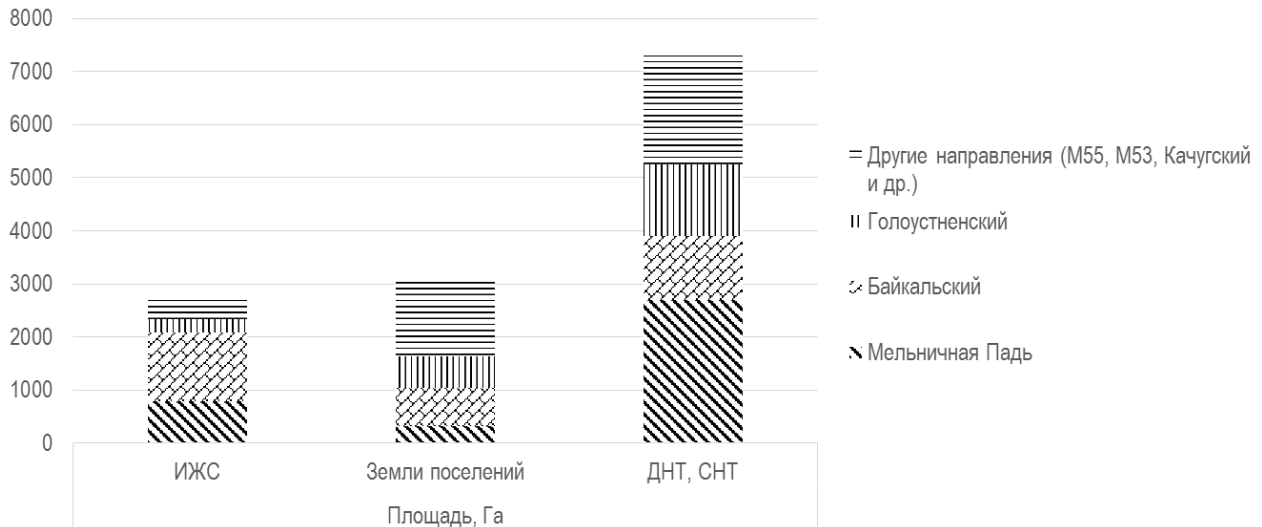


Рис. 2.16 – Площадь прилегающей территории к г. Иркутск по типу землеиспользования

Общая площадь прилегающей территории к г. Иркутск составляет порядка 13 тыс. Га. При средней генерирующей способности 6–8 чел/Га, такая территория может создавать значительные нагрузки (70–100 тыс. корреспонденций в сутки или 9–13 тыс. в пиковые часы) на УДС города, особенно если учесть, что

при реализации этих корреспонденций преимущественно будет использоваться индивидуальный транспорт. Из таблицы 2.5 и рисунка 2.16 видно, что наибольшей популярностью в Иркутске пользуется Байкальский тракт, на котором размещена большая часть ИЖС и земель поселений. Такая популярность обусловлена наличием чистой Байкальской воды, живописными местами и возможностью выхода в оз. Байкал. СНД и ДТН большей популярностью пользуются в направлении Мельничной пади и тракта на Б. Голоустное. Несмотря на существующие рамки агломерационных связей, преимущественно основанных на радиусе взаимодействия по трудовым целям, существуют и исключения, находящиеся за пределами транспортной доступности. Как правило, это исторически сложившиеся населенные пункты, жители которых, в отличие от территорий ИЖС и ДНТ/СНТ, вынуждены совершать более длительные поездки по трудовым целям. В Иркутской агломерации таких исключений несколько: п. Хомутово, п. Мегет, п. Карлук и др. Хомутовская слобода основана в 1685 г. В истории Приангарья значение п. Хомутово обусловлено тем, что оно явилось транзитным пунктом, через который проходил основной торговый путь Сибири. В настоящее время п. Хомутово Иркутского района является быстро растущим сельским поселением. Поселок Хомутово расположен на левом берегу Ангары, на расстоянии примерно 22 км от центра Иркутска, который является единственным крупным населенным пунктом, в котором жители могут трудоустроиться (не считая г. Иркутск). Численность населения 8 тыс. человек по данным на 2014 год. Поселок Мегет находится на левом берегу Ангары. Первое упоминание о Мегете встречается в начале 20-го века, как о железнодорожном разъезде на Транссибирской железной дороге, между станциями Суховская и Иннокентьевская. Станция насчитывала несколько дворов. Население состояло из вольнопоселенцев и каторжников. Расстояние до Иркутска 35 км, до Ангарска 18 км. Таким образом, большая часть жителей п. Мегет трудоустроена в г. Ангарск и частично в г. Иркутск. В п. Мегет имеется очевидный плюс по сравнению с п. Хомутово – наличие железнодорожного сообщения.

Таким образом, в современных условиях формирования транспортного спроса на сети крупного города необходимо учитывать агломерационные связи. В рассматриваемом примере с Иркутском такие связи образуются преимущественно с поселками индивидуального жилищного строительства, дачными кооперативами и городами-спутниками. Следует также учитывать, что основные связи будут иметь большую мощность с наиболее близкими объектами и снижаться по мере удаления от города. Для выявления количественных характеристик агломерационных связей, необходимо выявление количественных характеристик функционирования территорий индивидуального жилищного строительства и дачных кооперативов, что представляет собой достаточно сложный и трудоемкий процесс.

### 2.2.3. Оценка транспортного спроса на разных уровнях проектирования

Основываясь на данных разделов 2.1 и 2.2 следует понимать, что процесс оценки транспортного спроса, в зависимости от решаемой задачи, может рассматриваться на разных уровнях (рис. 2.17):

- микроуровень – оценка транспортного спроса к отдельным центрам массового тяготения, например, торговому центру;
- мезоуровень – оценка транспортного спроса в рамках отдельных районов городской территории с учетом центроидов, по средствам которых осуществляется связь, а также взаимодействие центров массового тяготения в рамках одного транспортного расчетного района;
- макроуровень – оценка транспортного спроса в рамках города и агломерационной территории (в данной работе не рассматривается).

На рис. 2.17 ЦМТ – центр массового тяготения, ТРР – транспортный расчетный район, центроид представляет собой локальное место в ТРР через которое осуществляются наиболее массовые прибытия и отправления в/из ТРР. Как правило, это крупные остановочные пункты и ключевые пересечения, запрашивающие ТРР.

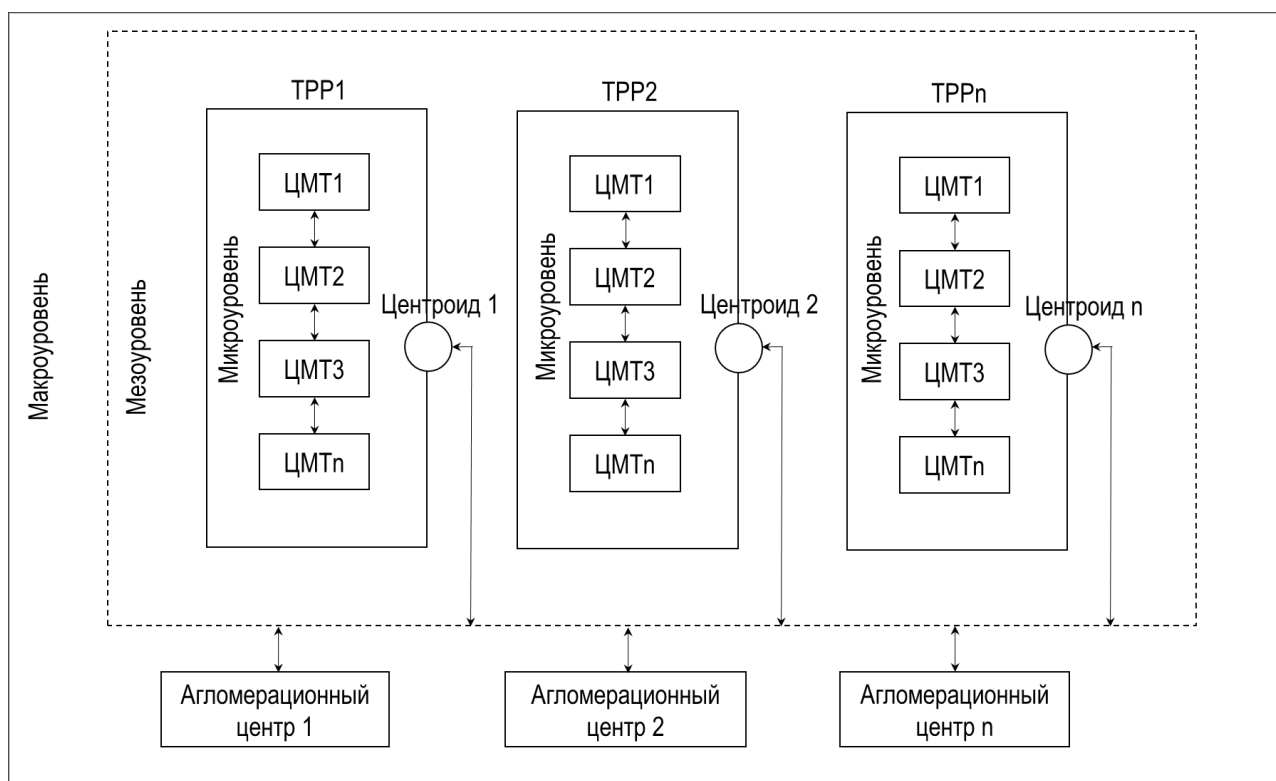


Рис. 2.17 – Структура оценки транспортного спроса на разных уровнях проектирования

В качестве агломерационного центра можно рассматривать ЦМТ, находящийся за пределами территориальных границ города, но при этом обладающий постоянными трудовыми, деловыми и культурно-бытовыми связями с городом. В современном представлении это города-спутники, коттеджные поселки, деревни, жилые микрорайоны (таунхаусы), дачные кооперативы и т.п. К сожалению, объективные процессы глобализации требуют концентрации производства, финансов, образования и культуры в городах, однако именно эти факторы, в конечном счете, провоцируют и усугубляют многие негативные последствия городской урбанизации, а именно: низкий уровень экологической безопасности, высокие психо-эмоциональные нагрузки, тотальную зависимость от системы продовольственного снабжения, низкую скорость сообщения по территории города, которая в крупных и крупнейших городах в пиковые периоды не превышает (8–15 км/ч) и др.

Оценка транспортного спроса на микроуровне должна осуществляться с учетом особенностей функционирования ЦМТ, его типологии, факторов территориального позиционирования, сезонов года и др. В основе такой оценки лежат

функциональные зависимости, полученные на основе перечисленных факторов (см. гл. 4). Оценка транспортного спроса к локальному ЦМТ может быть крайне востребована в следующих случаях:

- выявления общего объема посетителей (прогнозирование загрузки остановочных пунктов и маршрутного пассажирского транспорта), а также предварительная оценка рентабельности функционирования этого ЦМТ;
- оценка доли посетителей, прибывающих на индивидуальном транспорте, и, следовательно, проектирование потребного числа парковочных мест при минимальных накладных затратах времени;
- оценка уровня обслуживания движения на пересечениях, запитывающих ЦМТ (проекты организации дорожного движения ПОД).

Однако вместе с этим следует учитывать и возможное дублирование корреспонденций в одном ТРР. Примером такого дублирования могут выступать корреспонденции, совершаемые в разные ЦМТ в одном и том же ТРР. В источнике [80] показан анализ исключения из расчетов тех ЦМТ, которые имеют высокую корреляцию площади в одном ТРР, это подтверждает имеющуюся градостроительную связь между такими объектами, например, жилые объекты и школы (детские сады). С другой стороны, трудовая корреспонденция в ТРР может быть совмещена с посещением объектов культурно-бытового назначения. Сегодня цепочка таких передвижений может быть установлена на основе использования современных технических средств геолокации субъекта или на основе анкетного опроса. Таким образом, результатом оценки транспортного спроса на микроуровне является ёмкость ТРР по прибытию и отправлению, рассчитанная на рассматриваемый час, как правило, утренний и вечерний часы пик.

На мезо- и макроуровне применяются математические модели, позволяющие распределить корреспонденции между ТРР. Другими словами, реализуется вторая ступень транспортного планирования, позволяющая выявить потенциальный объем корреспонденций между ТРР без учета особенностей УДС. Резуль-



таты оценки транспортного спроса представляются в виде матрицы межрайонных корреспонденций. Учитывая особую специфику транспортного планирования на второй и последующих ступенях, целесообразно его рассматривать в отдельных исследованиях.

#### 2.2.4. Экспресс-метод оценки транспортного спроса к ТРР

В транспортном планировании для прогнозирования объемов движения часто приходится пользоваться весьма громоздкими, и при этом не всегда точными эмпирическими зависимостями относительно уже сформировавшихся территорий. Как правило, к таким территориям относят транспортные расчетные районы, в состав которых входят жилые микрорайоны (районы), промышленные объекты, складские зоны, кампусы, торгово-развлекательные центры и т.п. Задача такого Экспресс-метода заключается в разработке взаимосвязи между фактической площадью транспортного расчетного района и средней или средневзвешенной способностью генерировать корреспонденции [61].

На первом этапе определяется преобладание типа ЦМТ в расчетном транспортном районе. Например, жилые микрорайоны преимущественно состоят из жилья средней или высокой этажности (код 12, 13). Однако существуют и гибридные микрорайоны, состоящие из жилья разной этажности. В таких случаях важно определить приблизительную долю застройки одного и другого типа с целью вычисления средневзвешенной этажности, рассматриваемого транспортного расчетного района. Важно отметить, что почти любой транспортный расчетный район, за исключением промышленных зон, будет сочетать в себе сопутствующие типы ЦТМ, например, жилые районы будут совмещены с торговлей товарами первой необходимости, детскими садами, спортивными площадками, гаражами и т.п.; Студенческие городки (кампусы) в обязательном порядке будут иметь учебные и производственные корпуса, физкультурно-оздоровительные комплексы и др. Таким образом, для применения Экспресс-методики важно определить преобладающие типы ЦМТ (одну или две позиции, максимум три), в

противном случае, рассматриваемый транспортный расчетный район можно причислить к городской территории – конгломерату, и, следовательно, расчет транспортного спроса с достаточно высокой точностью будет возможен только с использованием полноразмерных эмпирических моделей [80], учитывающих достаточно большое число территорий (факторов), влияющих на объем транспортного спроса. Средневзвешенное значение этажности транспортного расчетного района можно записать в виде:

$$L = \sum_{i=1}^{n=3} (l_i \cdot d_i) = (l_1 \cdot d_1) + (l_2 \cdot d_2) + (l_3 \cdot d_3), \quad (2.16)$$

где,  $l_i$  – этажность  $i$ -го типа ЦМТ;  $d_i$  – доля  $i$ -й ЦМТ в площади, занятой под застройкой. Важно отметить, что доли ЦМТ определяются субъективно и поэтому их количество должно быть по возможности минимальным.

Второй этап неразрывно связан с установлением зависимости между площадью транспортного расчетного района и площадью застройки. В градостроительстве такая связь получила название «коэффициент использования территории» (КИТ) – это один из основных показателей, широко используемых в градостроительной практике (в генеральных планах, правилах землепользования и застройки, проектах застройки земельных участков и пр.), характеризующий интенсивность использования территорий. Фактически это отношение площади, находящейся под застройкой (суммарная проекция всех зданий и сооружений к поверхности основания) к площади транспортного расчетного района. Чисто физически КИТ не может быть больше единицы, и, следовательно, его легко интерпретировать:

$$K_{ИТ} = \frac{F_з}{F_{трр}}, \quad (2.17)$$

где,  $F_з$  – площадь занятая под застройкой, м<sup>2</sup>;  $F_{трр}$  – площадь территории в границах транспортного расчетного района, м<sup>2</sup>. Коэффициент использования территории является весьма распространенным показателем и широко изучен для основных территорий городского пространства, его значение лежит в диапазоне от 0,2 до 0,8 в зависимости от типа территории. Например, для жилых территорий

с высокой этажностью застройки, с учетом дворов, спортивных площадок, газонов и т.п. данный коэффициент равен 0,4, причем этажность тоже будет влиять на придомовую площадь, равно как и на КИТ. В таблице 2.6 представлены значения КИТ в зависимости от типа территории и этажности застройки.

Таблица 2.6

## КИТ в зависимости от типа территории и этажности застройки [120]

Территориальные зоны	КИТ
Жилая зона:	
Застройка многоквартирными многоэтажными жилыми домами	0,4
Тоже – реконструируемая	0,6
Застройка многоквартирными жилыми домами малой и средней этажности	0,4
Застройка блокированными жилыми домами с приквартирными земельными участками	0,3
Застройка однодвухквартирными жилыми домами с приусадебными земельными участками	0,2
Общественно-деловая зона:	
Многофункциональная застройка	1,0
Специализированная общественная застройка	0,8
Производственная зона	
Промышленная	0,8
Научно-производственная*	0,6
Коммунально-складская	0,6

\* без учета опытных полей и полигонов, резервных территорий и санитарно-защитных зон.

Примечания к таблице 2.6:

1. Для жилых, общественно-деловых зон КИТ приведены с учетом необходимых по расчету учреждений и предприятий обслуживания, гаражей; стоянок для автомобилей, зеленых насаждений, площадок и других объектов благоустройства. Для производственных зон указанные коэффициенты приведены для кварталов производственной застройки, включающей один или несколько объектов.

2. При подсчете КИТ площадь определяется по внешним размерам здания. Учитываются только надземные этажи, включая мансардные. Подземные этажи зданий и сооружений не учитываются. Подземное сооружение не учитывается, если поверхность земли (надземная территория) над ним используется под озеленение, организацию площадок, автостоянок и другие виды благоустройства.

3. Границами кварталов являются красные линии.
4. При реконструкции сложившихся кварталов жилых, общественно-деловых зон (включая надстройку этажей, мансард) необходимо предусматривать требуемый по расчету объем учреждений и предприятий обслуживания для проживающего в этих кварталах населения. Допускается учитывать имеющиеся в соседних кварталах учреждения обслуживания – при соблюдении нормативных радиусов их доступности (кроме дошкольных учреждений и начальных школ). В условиях реконструкции существующей застройки плотность застройки допускается повышать, но не более чем на 30% при соблюдении санитарно-гигиенических и противопожарных норм [120].

На третьем этапе необходимо воспользоваться табличными данными о удельной генерации корреспонденций к данному типу ЦМТ. Для жилых районов значение данного показателя лежит в диапазоне от 0,03 до 0,06 чел/м<sup>2</sup>; для лучшего восприятия удельную генерацию корреспонденций лучше представлять в виде числа корреспонденций, приходящуюся на каждые 100 м<sup>2</sup> ЦМТ. Таким образом, генерирующая способность жилых территорий будет лежать в диапазоне от 3 до 6 чел/100 м<sup>2</sup>. Более точные данные по удельной генерации корреспонденций в соответствии с типом ЦМТ представлены в разделе 4.3.1. [120].

Площадь транспортного расчетного района, как правило, известна из технического задания на транспортное проектирование, или же может быть получена на основе геоинформационных систем (2GIS, GooleEarth и др.). Данные о размерах транспортных расчетных районов г. Иркутск представлены в разделе 2.2.1 табл. 2.4., из которых следует, что, несмотря на отсутствие достаточно тесной корреляции между площадью и удаленностью от центра города, такая взаимосвязь все же существует. Следовательно, можно пользоваться весьма приближенными значениям: при удалении на каждые 1000 м от центра города площадь транспортного расчетного района может увеличиваться в среднем на 18–20 Га при следующих ограничениях: площадь ТРР от 12 до 524 Га; удаленность ТРР от центра города от 100 до 15000 м. Таким образом, приблизительное значение

объема генерирующей способности ТРР (транспортного спроса ТРР) может быть определено по выражению:

$$E = 100 \cdot L \cdot K_{\text{ИТ}} \cdot F_{\text{ТРР}} \cdot G, \quad (2.18)$$

где 100 коэффициент размерности;  $L$  – средневзвешенная этажность ТРР;  $K_{\text{ИТ}}$  – коэффициент использования территории (рассчитывается на основании эмпирического выражения 4.4);  $G$  – средневзвешенная удельная генерация корреспонденций (выбирается на основании табл. 4.9), чел/100 м<sup>2</sup>. Даже предварительные расчеты показывают, что каждый гектар площади жилого микрорайона высокой этажности застройки генерирует примерно 1500 человек в сутки, следовательно, жилой микрорайон, площадью 5,2 Га будет генерировать примерно 7800 чел/сут. Пример расчета генерирующей способности транспортного расчетного района, на основе предлагаемого Экспресс-метода проведен в п. 4.2.2.

### 2.3. Количественные характеристики функционирования ЦМТ и их влияние на формирование транспортного спроса

В классической и современной специальной литературе достаточно полно раскрывается процесс формирования транспортного спроса, включая методики и исходные данные, позволяющие оценивать транспортный спрос на основе демографических и социально-экономических прогнозов. К сожалению, в настоящее время получение этих данных, особенно в разбивке по транспортным расчетным районам, не представляется возможным, даже если и получить такие данные, то их точность будет весьма низкой, поскольку люди стали гораздо чаще менять места жительства и работы, чаще меняют свои предпочтения при проведении досуга, посещения магазинов, в том числе и для покупок товаров первой необходимости, к тому же индивидуальный транспорт стал действительно массовым. Учитывая эти аспекты для оценки транспортного спроса, в современных условиях необходимо использовать такую исходную информацию, которая бы оставалась достаточно постоянной на протяжении относительно длительного периода времени (10–15 лет – срок КТС). В качестве такой исходной информации

можно использовать количественные характеристики функционирования городской территории, учитывать объем посетителей, распределение загрузки посещения по часам суток, дням недели, выявлять продолжительность посещений, удельную нагрузку, приходящуюся на единицу площади, выявлять долю посетителей на индивидуальном транспорте и др. Другими словами, необходимо учесть особенность ЦМТ, которые будут выражаться в потребности их посещения широкими группами населения.

### 2.3.1 Факторы, влияющие на удельную генерацию корреспонденций

Удельная генерация корреспонденций – это число посетителей территории определенного типа, отнесенных на единицу площади этой территории (как правило, на 1 м<sup>2</sup>, 100 м<sup>2</sup>), чел/м<sup>2</sup>. Удельная генерация корреспонденций, в зависимости от специфики ЦМТ делится:

#### 1. По сезонам года:

- летний период (города-курорты, СНТ, ДТН, участки УДС, прилегающие к водной акватории, пляжи, местам массового отдыха и т.п.);
- осенне-весенне-зимний период (объекты приложения труда, жилые массивы, физкультурно-оздоровительные комплексы, предприятия торговли т.п.).

#### 2. По дням недели:

- будние дни (понедельник – пятница);
- выходные дни (суббота – воскресенье, дни государственных праздников).

#### 3. По часам суток:

- «межпиковые» периоды (ранее утро, середина рабочего дня, поздний вечер);
- «пиковые» периоды (утренний час «пик», поездки, совершаемые по трудовым целям и на учебу в техникумы, колледжи и ВУЗы, обратные корреспонденции).

В зависимости от типа ЦМТ, генерируемое число корреспонденций и, следовательно, нагрузка на УДС будет приходиться в разные периоды года, дни недели и часы суток. При прогнозировании интенсивности движения транспорта на отдельных участках УДС важно знать «пиковые» распределения рассматриваемого объекта (специфику функционирования). Так, например, жилые массивы загружают УДС в утренний и вечерний часы «пик», а торгово-развлекательные центры в вечерние (рис. 2.18).

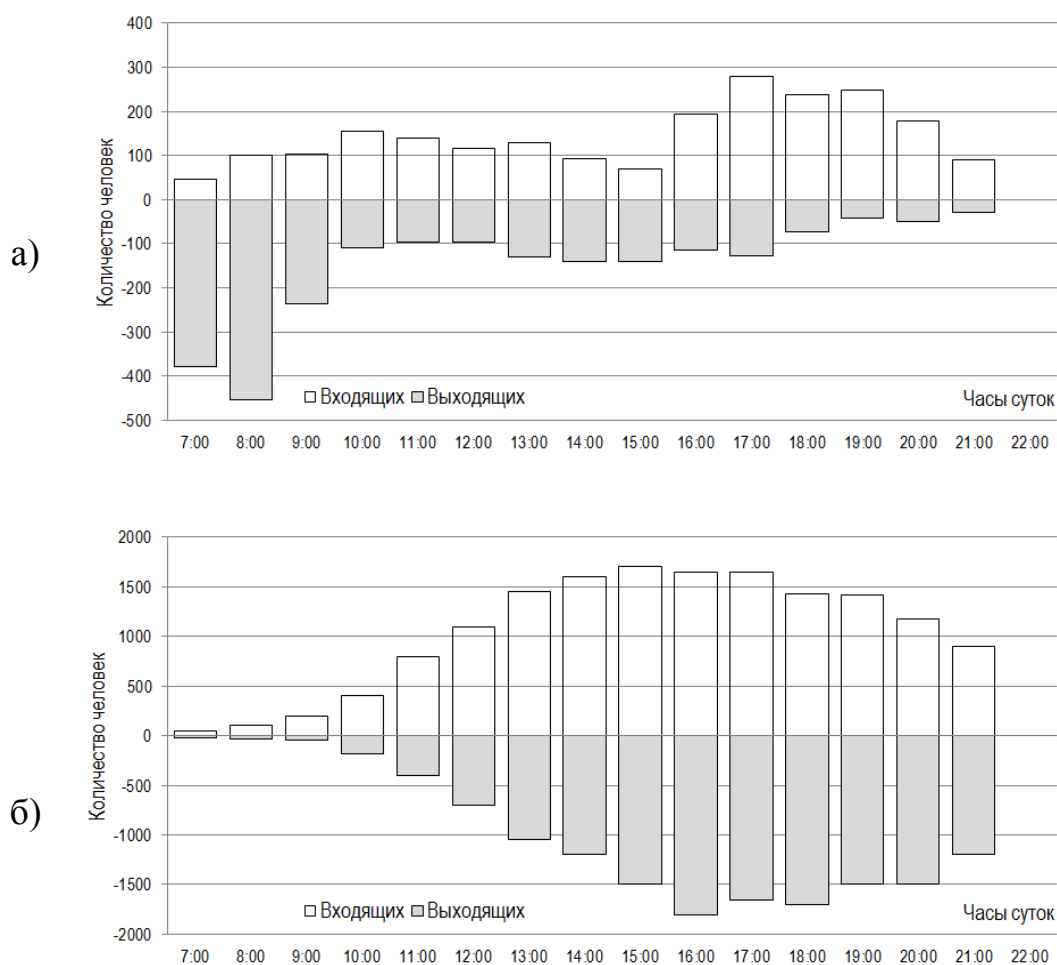


Рис. 2.18 – Распределение генерации корреспонденций по часам суток: а – жилой массив; б – крупный торгово-развлекательный центр

Удельная генерация корреспонденций может быть определена из следующего выражения:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n N}{S}, \quad (2.19)$$

где  $N$  – число корреспонденций, совершенных к ЦМТ за рассматриваемый период (сутки), чел;  $S$  – площадь рассматриваемого ЦМТ,  $m^2$ ;  $n$  – число случаев. Из выражения (2.19) понятно, что удельная генерация является качественной характеристикой, поскольку на её основе можно оценить привлекательность ЦМТ, выполнить прогнозирование транспортного спроса, что, несомненно, позволит повысить качество транспортного обслуживания посетителей. Удельная генерация корреспонденций в совокупности с зависимостями, позволяющими оценить степень её вариации, может быть использована для предварительной оценки объема посетителей, планируемых ЦМТ, например, для выявления срока окупаемости, рентабельности создания такой ЦМТ.

Удельная генерация корреспонденций будет существенно различаться в зависимости от типа. В целом исследуемый диапазон лежит в пределах от 0,0005 чел/ $m^2$  (5 чел/Га) до 6 чел/ $m^2$ . Однако большая часть ЦМТ принимает диапазон в средних значениях (0,04–0,71) чел/ $m^2$ , это обусловлено высокой долей (до 70% с учетом этажности) ЦМТ жилья средней и высокой этажности застройки в городах (0,02–0,07 чел/ $m^2$ ). К ЦМТ с низкой удельной генерацией (от 0,0005 чел/ $m^2$  (5 чел/Га) до 0,0047 чел/ $m^2$ ), как правило, относят крупные промышленные объекты, которые в силу технологического процесса требуют достаточного пространства, а также жилые территории с участком земли (ИЖС, ДТН, СНТ). К ЦМТ со средней удельной генерацией (от 0,0048 чел/ $m^2$  до 0,71 чел/ $m^2$ ), как правило, относят жилье средней и высокой этажности, территории автомобильных стоянок и гаражных кооперативов, сюда же можно отнести территорию медицинских учреждений (больница, госпиталь, поликлиника), дома отдыха, церкви, места досуга (сауны, vip-клубы), проектные организации, научно-исследовательские институты, рынки открытого типа (строительные, вещевые), торговлю крупными товарами (мебель, автосалоны, товары промышленного назначения), учреждения автомобильного сервиса (АЗС, СТО, автомойки), физкультурно-оздоровительные комплексы, кинотеатры и т.п. К ЦМТ, обладающим высокой



удельной генерацией (от 0,72 чел/м<sup>2</sup> до 6 чел/м<sup>2</sup>) можно отнести почти всю торговлю товарами первой необходимости (продуктовые магазины, супермаркеты, аптеки), а также большую часть специализированных магазинов, отделы банковского обслуживания, многофункциональные торгово-развлекательные центры, отделения связи, заведения увеселительно-развлекательного характера (рестораны, кафе, бары), и т.п. В некоторых случаях к диапазону средней удельной генерации можно отнести кафе, бары, имеющие низкую популярность среди населения ввиду влияния третьих факторов: города с численностью населения менее 100 тыс. чел., высокая удаленность от центра города / магистральной улицы, непопулярность бренда / марки заведения. Усредненные значения удельной генерации корреспонденций по укрупненным типам ЦМТ представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7

## Удельная генерация корреспонденций

Код территории	Наименование типа территории	Удельная генерация, чел/м <sup>2</sup> /сутки
1	Жилье	0,035
2	Торговля, общепит, сфера услуг	1,625
3	Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг	0,245
4	Офисы	1,445
5	Промышленность	0,035
6	Коммунально-складское хозяйство	0,012

На основании вышеизложенного, можно предположить, что выявление зависимостей между удельной генерацией корреспонденций и влияющими на неё факторами возможно только в рамках предложенных диапазонов, и не исключено, что более точные зависимости, отвечающие необходимым статистическим критериям, будут найдены в рамках одного типа ЦМТ. Так, например, на рисунке 2.19 показана зависимость удельной генерации корреспонденций от удаленности от центра города, из которой следует, что наиболее приемлемая зависимость будет наблюдаться только в случае с ЦМТ, обладающими низкой удельной генерацией корреспонденций. Для ЦМТ со средней и высокой удельной генерацией

корреспонденций удаленность от центра города существенного влияния не оказывает. Следовательно, оценка влияния удаленности от центра города должна проводиться в рамках одного типа территории ЦМТ.

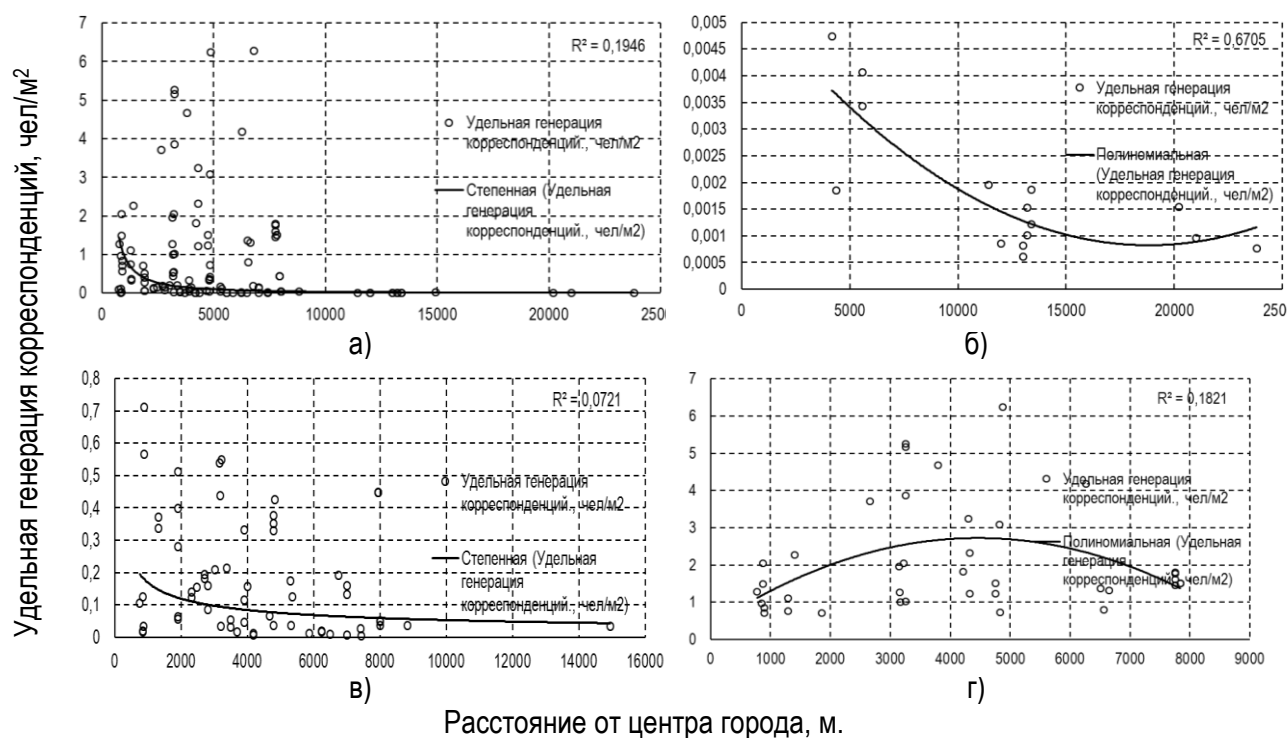


Рис. 2.19 – Зависимость удельной генерации корреспонденций от удаленности от центра города: а – все типы ЦМТ; б – с низкой; в – со средней; г – с высокой удельной генерацией корреспонденций

Влияние сезонности и(или) дня недели может вносить существенные коррективы в число корреспонденций, осуществляемых в рассматриваемом ЦМТ. В среднем по всем типам ЦМТ удельная генерация корреспонденций в будние дни составляет 0,86, а в выходные 0,69 чел/м<sup>2</sup>. Так, например, по целому ряду примеров торгово-развлекательных центров (код 21) мы можем судить о повышении востребованности и привлекательности этих ЦМТ в выходные дни, например, удельная генерация корреспонденций торгового-развлекательного центра «Джем-Молл» в г. Иркутск в будний день составила порядка 9152 чел. на 21511 м<sup>2</sup>, что соответствует 0,4254 чел/м<sup>2</sup>.

В выходной день удельная генерация составила 0,7267 чел/м<sup>2</sup>, что соответствует поправочному коэффициенту 1,715 для крупных городов. В соответствии

со СНиП 2.07.01-89\* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений, а также его актуализированная версия [153] – для малых городов поправочный коэффициент составит 1,103, для больших 1,46. Для продуктовых магазинов (код 22) в больших городах поправочный коэффициент будет 1,48. Дополнительная информация по поправочным коэффициентам ЦМТ приведена в таблице 2.8.

Таблица 2.8

Поправочные коэффициенты, учитывающие изменение удельной генерации корреспонденций в выходные дни по отношению к будним

Код территории / ЦМТ	Поправочный коэффициент
16 СНТ, ДТН	1,58
319 ФОКи	0,74
322 Бани Сауны	1,2
23 Мебель	1,85
26 Строительные товары	1,19
22 Продовольственные товары	1,17
21 Торгово-развлекательные центры, универмаги	1,715
217 Алкомаркет	0,77
224 СТО	1

Из таблицы видно, что привлекательность большинства ЦМТ растет в выходные дни, исключением являются физкультурно-оздоровительные комплексы и розничная торговля алкогольной продукцией. Выявить закономерности изменения удельной генерации по сезонам года, например, в летний период (период отпусков), по отношению к трудовому периоду возможно только на основании достаточного числа обследований, которые являются весьма трудоёмкими. В качестве примера такой закономерности можно представить СНТ и ДТН, удельная генерация корреспонденций в период отпусков (июнь – август) составила 10 чел/Га, а в зимний период (январь – март) 1,7 чел/Га.

### 2.3.2 Факторы, влияющие на продолжительность паркингования

Сегодня, в эпоху развития машиностроительных технологий, высокого, а в ряде стран сверхвысокого уровня автомобилизации (700–800 авт/1000 жителей), паркирование является не только чисто техническим процессом, но и приобретает все оттенки социально-экономического характера [57, 123, 124, 98]. Так, например, в Японии существенным ограничением в использовании личного автомобиля выступает, как ни странно, не стоимость самого автомобиля, а стоимость его парковки (хранения) в условиях ограниченной площади страны. Использование индивидуального транспорта требует значительного изъятия земель для транспортной инфраструктуры и существенных капиталовложений, прежде всего, для многоярусных паркингов. Паркинги в центральных частях города, как правило, подземные, при этом они не занимают много места и сохраняют архитектурный стиль центральной части города (рис. 2.20 а.). На периферии центральной части города и городской территории паркинги, как правило, многоэтажные – от 3 до 10 этажей. Существуют и исключения: паркинг-небоскрёб (Eureka Tower Car Park Мельбурн, Австралия рис. 2.20 г). Гораздо реже применяют высокотехнологичные парковки, например, CarTowers в тематическом парке «Автоград» рядом с заводом Volkswagen в Вольфсбурге, Германия. Здание с полностью роботизированными подъемниками, которые доставляют в среднем 600 автомобилей в сутки.

Классификация парковок может дать представление о наиболее рациональных инструментах управления транспортным спросом. В классической литературе [92, 33 и др.] рассматриваются следующие подходы к классификации паркингов (рис. 2.21).



а)



б)



в)



г)

Рис. 2.20 – Примеры парковок: а – подземная парковка центр г. Страсбург Франция; б – надземная парковка на подъезде к центральной части Рима; в – паркинг-небоскрёб Мельбурн, Австралия; г – Механизированный паркинг Вольфсбурге, Германия

По расположению относительно городского пространства: уличные и внеуличные. Уличные паркинги организованы непосредственно на крайней правой полосе проезжей части или в специальных карманах (выделенных полосах), являющихся неотъемлемой частью улицы (дороги). Организация парковки таким образом накладывает своё влияние на снижение пропускной способности дороги, прежде всего, из-за манёвров паркирования. По мнению авторов, североамериканского руководства по пропускной способности НСМ 2000/2010 [192, 193], влияние в значительной степени зависит, прежде всего, от числа маневров паркирования, числа полос в данном направлении и ширины полосы движения. Поэтому во многих городах Европы уличное паркирование стремятся вывести на параллельные (второстепенные) улицы (рис. 2.22), обслуживающие прилегающую к магистральной улице территорию.

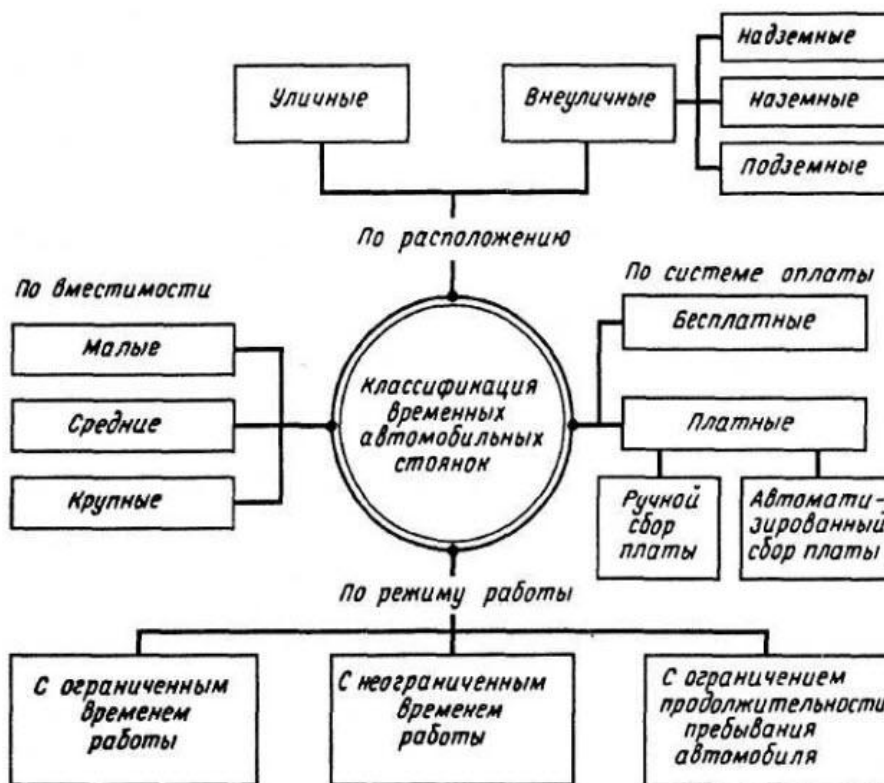


Рисунок 2.21 – Классификация парковок

Внеуличные паркинги, в свою очередь, делятся на надземные, подземные и представляют собой обособленную территорию, въезд на которую осуществляется с прилегающей УДС. Важным элементом организации въезда и выезда транспортных средств на территорию стоянки является накопительная полоса, не позволяющая образованию очереди в пиковые часы на проезжей части и, следовательно, её блокирования. Протяженность накопительной полосы рассчитывается из сопоставления средней продолжительности обслуживания одной заявки (въезда/выезда автомобиля) и интенсивности поступления заявок. Фактически это система массового обслуживания с ограниченной очередью.



Рис. 2.22 – Примеры уличных парковок г. Карлсруэ, Германия



Надземные парковки устраивают преимущественно возле крупных центров массового тяготения, где проблему обеспечения парковкой невозможно решить за счет прилегающей территории, как правило, вне исторических центров. Наземные паркинги наиболее распространены на периферийной территории города, в жилых зонах и возле мелких или средних ЦМТ. Небольшие наземные паркинги могут быть организованы на внеуличном пространстве, в том числе и в центральной части города.

Подземные паркинги являются наиболее выгодными с точки зрения экономии городского пространства, поскольку нуждаются только в организации въезда/выезда, но при этом являются наиболее затратными с точки зрения финансовых ресурсов. Большая часть подземных паркингов находится в исторических центрах крупных и крупнейших городов. В последнее время, при строительстве крупных ЦМТ, проектировщики стараются минимизировать накладные затраты времени на подход от места парковки до ближайшего входа [192]. Такое стремление может быть реализовано за счет организации парковки по всей окрестности ЦМТ и, соответственно, увеличения плотности входов/выходов (рис. 2.23).



Рис. 2.23 – Пример зоны доступности крупного торгового центра «Мега Молл» г. Москва

Другой вариант организации паркирования подразумевает паркирование на первом этаже ЦМТ, при этом само здание находится на сваях, а вход/выход посетителей реализуется по эскалаторам. Следует подчеркнуть, что радиус доступности 400 м соответствует примерно 5 минутам ходьбы в одну сторону. В целом за одну поездку это достаточно высокие накладные затраты времени.

По вместимости парковки делят на малые, средние и крупные. По системе оплаты парковки делят на бесплатные и платные. Каждая из этих категорий может быть как охраняемой, так и не охраняемой. Платные в свою очередь делятся на те, в которых оплата и контроль осуществляется в автоматизированном режиме и те, в которых оплата взимается вручную. Интересным решением нашего времени является возможность бронирования парковки в автоматизированном режиме по сети Интернет. В качестве инструмента управления спросом на паркирование часто применяют ограничение бесплатного времени паркирования или, в принципе, возможности паркирования превышающего определенный предел времени. Например, во многих ведомственных учреждениях (аэропорты, вокзалы, и др.) применяют ограничение бесплатного пребывания (первые 30 (15) минут бесплатно), продолжительность бесплатного периода зависит от типа ЦМТ и от его размеров. В европейских странах, а с недавнего времени и в Москве, преимущественно в центральной части, действует ограничение на оплату парковки на уличных пространствах (не более 2 часов), что позволяет избежать массового паркирования автомобилей на улицах и дорогах при реализации поездок по трудовым целям. Также к наиболее действенным мерам по управлению спросом на паркирование следует отнести гибкую тарификацию стоимости паркирования, основанную на принципе: ближе к центру города – дороже стоимость парковки, вне зависимости от её типа и сервиса. Крайне важным аспектом управления транспортным спросом на паркирование является динамическая система информирования водителей о числе свободных мест на ближайших



парковках. Такая система поможет избежать перепробегов, потерь времени и создания заторов, поскольку избавит водителя от непредвиденного отсутствия мест на выбранной парковке.

Продолжительность паркирования неразрывна связана с типом посещаемого ЦМТ, особенностями технологических процессов, быстротой и своевременностью обслуживания, наличием очередей при обслуживании, площадью ЦМТ, удобством навигации на ЦМТ и другими факторами. Продолжительность паркирования является одним из ключевых показателей функционирования ЦМТ, на её основе производится расчет потребного числа мест для обслуживания посетителей, прибывающих на ИТ. Продолжительность паркирования отражает продолжительность посещения ЦМТ и косвенно показывает качество обслуживания. Этот параметр является одним из наиболее сложных с точки зрения измерения в натуральных условиях. Необходимо фиксировать моменты прибытия и убытия каждого автомобиля с рассматриваемого ЦМТ:

$$t_p = \frac{\sum_{i=1}^n (t_y - t_n)}{n}, \quad (2.20)$$

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). В зависимости от цели поездки и ЦМТ, к которому совершается корреспонденция, будет зависеть продолжительность паркирования. При совершении трудовых корреспонденций, продолжительность использования автомобиля не превышает 10–15% времени, остальное время занимает продолжительность парковки, наоборот при совершении культурно-бытовых и деловых корреспонденций, особенно в крупных и крупнейших городах, доля времени паркирования может составлять до 50% и выше. Поэтому выявление средней продолжительности паркирования, в зависимости от цели поездки и типа ЦМТ, является важной научной и практической задачей.

В нормативной литературе [152, 153] приведены данные о числе парковочных мест в зависимости от типа ЦМТ. В качестве расчетного показателя вы-

браны весьма разнообразные параметры, что усложняет процесс расчёта, например, для промышленных предприятий, административных учреждений число парковочных мест предлагается оценивать на основе числа работающих, для предприятий торговли – на основе торговой площади, для поликлиник – на основе числа корреспонденций и др. Данные приведены на максимальный уровень автомобилизации 250 авт/1000 жителей. Так, например, в соответствии со СНиП для предприятий торговли (торговые центры, универмаги) предполагается 5–7 мест на каждые 100 м<sup>2</sup> торговли. Некоторые ведомства разрабатывают собственные нормативы, например, ведомственные нормы проектирования ВНП 001-01 Банка России [28], в которых указано количество мест для автомобилей клиентов расчетно-кассовых центров (пункты приема платежей код 41) рекомендуется принимать из расчета 5 мест на одну операционную кассу, а для автомобилей сотрудников – из расчета 20 мест на 100 работающих.

Данные исследований числа посетителей по городам разных категорий (табл. 2.9, рис. 2.24) показывают, что предлагаемый норматив не соответствует сегодняшнему спросу на паркирование, в крупных и крупнейших городах число парковочных мест необходимо примерно в 1,5–2 раза больше. В средних и больших городах потребность в парковочных местах может быть удовлетворена существующими нормативами, однако следует понимать, что это связано не только с тем, что уровень автомобилизации в таких городах ниже, но и с объективным снижением числа корреспонденций ввиду меньшего числа населения. Таким образом, можно сделать вывод о необходимости дифференцированного подхода оценки числа парковочных мест в городах разной численностью населения. Однако следует принять этот вывод с оговоркой о том, что он преимущественно будет распространяться на объекты культурно-бытовой направленности, поскольку нормы времени труда и отдыха, продолжительность обучения и т.п. являются едиными на всей территории РФ.

Таблица 2.9

Расчет необходимого числа парковочных мест по СНиП и фактическое значение (розничная торговля, торгово-развлекательные центры, универмаги код 21)

Категория города	Площадь ЦМТ, м <sup>2</sup>	Фактически потребное число парковочных мест	Расчетное значение по СНиП
Малые	270	8	15
Средние	3960	38	200
Большие	2700	50	135
Крупные	1154	80	57
Крупнейшие	—	—	—

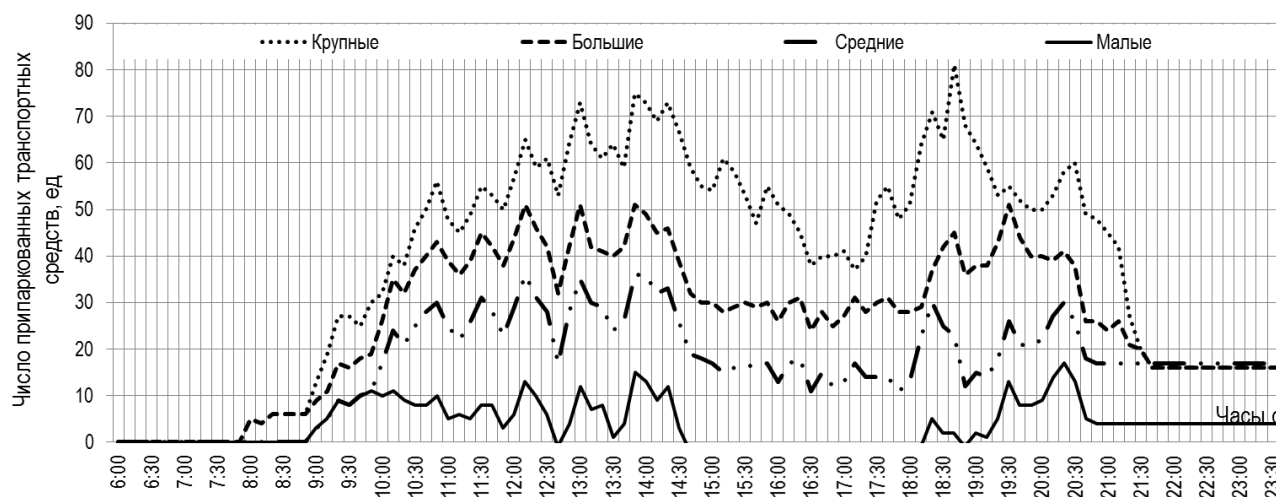


Рис. 2.24 – Распределение потребного числа парковочных мест возле крупных универмагов по городам

Из рисунка 2.24 видно, что спрос на паркирование возникает примерно в одни и те же часы в городах разных групп и его характер примерно одинаковый, разрывы в объемах паркирования также представляют определенную закономерность, которая может быть выражена в поправочных коэффициентах к городам разных групп.

В целом по имеющимся данным замеров более чем трёх сотен ЦМТ, соответствующих принятой в данной работе классификации (Приложение 7), и фактически рассмотренных более 50 000 случаев паркирования можно заключить, что минимальная продолжительность паркирования учитывается на уровне 10

минут, это связано с технологическим процессом сбора и обработки данных экспериментов, а максимальное значение приближается к величине 300–350 мин. Как правило, это крупные промышленные предприятия, логистические центры, жилье всех типов, СНТ, ДТН. Наименьшие значения по продолжительности парковки 10–25 мин имеют ЦМТ сферы обслуживания и розничной торговли, например, аптеки не более 10 мин, детские сады, отделения приема платежей, продуктовые магазины в районе 12–15 мин и др. К ЦМТ с умеренной продолжительностью парковки 30–100 мин можно отнести физкультурно-оздоровительные центры, поликлиники, кафе-рестораны, музеи, театры/кинотеатры, автомойки, СТО, строительные рынки, магазины мебели и пр. В таблице 2.10 приведены значения в соответствии с принятой классификацией ЦМТ.

Таблица 2.10

## Средняя продолжительность парковки с учетом типа ЦМТ

Код территории	Наименование ЦМТ	Средняя продолжительность парковки, мин		Доля работников / артефактов
		Посетителей <sup>1</sup>	Сотрудников	
1	Жилье	195	–	–
2	Торговля, общепит, сфера услуг	25	210	0,37
3	Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг	84	349	0,46
4	Офисы	23	162	29
5	Промышленность	164	365	0,54
6	Коммунально-складское хозяйство	206	334	0,86

<sup>1</sup>Средние значения представлены без учета продолжительности парковки рабочих и служащих, продолжительность которых часто совпадает с продолжительностью работы ЦМТ (смены).

В ходе натурных исследований и обработке экспериментальных данных было установлено, что довольно большая часть замеров продолжительности парковки имеет чрезвычайно высокие значения, резко отличающиеся от среднеквадратичного отклонения, в большинстве случаев такие исключения, или как их называют в математической терминологии «артефакты», возникают в результате постановки индивидуальных транспортных средств на общую парковку рабочими и служащими данного ЦМТ. Естественно, что продолжительность

парковки таких автомобилей часто совпадает с продолжительностью работы ЦМТ (смены). В отношении ЦМТ, которые относятся к жилым зонам (код 1), и некоторые другие, например, кемпинги, базы отдыха, гаражные кооперативы, стоянки длительного хранения – подобные «артефакты» могут объясняться спецификой функционирования этих территорий, например, весьма трудно прогнозируется время пребывания на приеме у врача или офисная работа, предполагающая совершение деловых корреспонденций «по требованию» и т.п. Таким образом, в случае отсутствия специальной ведомственной парковки для работников учреждения необходимо учитывать долю нестандартных случаев продолжительности парковки, которая наиболее низкая для учреждений государственной власти и розничной торговли, что является закономерностью, поскольку работники этих предприятий реже остальных покидают рабочие места досрочно. Учет доли нестандартных случаев продолжительности парковки можно осуществлять на основе расчета средневзвешенного значения продолжительности парковки:

$$t'_p = t_p^n(1 - d_a) + t_p^a \cdot d_a, \quad (2.21)$$

где  $t'_p$  – средневзвешенная продолжительность парковки, мин;  $t_p^n$ ,  $t_p^a$  – продолжительность парковки посетителей и сотрудников/артефактов, соответственно, мин;  $d_a$  – доля сотрудников/артефактов. На основании этого выражения можно проводить расчеты отдельно для ведомственных парковок и парковок посетителей, тем самым более рационально используя пространство для парковки. Наиболее ярким примером являются парковки возле крупных торговых (торгово-развлекательных) центров, поскольку наиболее привлекательные места (расположенные ближе ко входу) занимают работниками торгового комплекса и практически не работают в течение всего рабочего дня, снижая тем самым производительность парковки и качество транспортного обслуживания посетителей.

На основании данных о средней продолжительности парковки, с учетом резервирования мест для работников  $t'_p$ , необходимо предложить математи-

ческую зависимость, позволяющую проводить расчет потребного числа парковочных мест. В состав такой зависимости должны войти данные о суточной генерации корреспонденций, доле посетителей на ИТ, наполнения ИТ, коэффициенты суточной неравномерности и, по возможности, коэффициент фактора часа пик. Учитывая перечисленные факторы, имеем:

$$K_{\Pi} = \frac{G \cdot S \cdot d_{\text{ИТ}} \cdot k_{\text{сн}} \cdot t'_p}{e_{\text{ИТ}} \cdot 60}, \quad (2.22)$$

где  $d_{\text{ИТ}}$  – доля посетителей на ИТ;  $k_{\text{сн}}$  – коэффициент суточной неравномерности (как правило, для часа с максимальной загрузкой);  $e_{\text{ИТ}}$  – наполнение салона ИТ, чел.;  $t'_p$  – средневзвешенная продолжительность парковки, мин; 60 – переводной коэффициент из минут в часы;  $S$  – площадь ЦМТ, м<sup>2</sup>. Примеры расчета потребного числа парковочных мест на основе выражения (2.22) приведен в разделе 4.3.2.

Представляется, что наиболее удобным показателем, характеризующим потребное число парковочных мест, является удельный показатель потребного числа мест на единицу площади (100 м<sup>2</sup>) ЦМТ:

$$N_{K_{\Pi}} = \frac{G \cdot d_{\text{ИТ}} \cdot k_{\text{сн}} \cdot t'_p \cdot 10}{e_{\text{ИТ}} \cdot 6}. \quad (2.23)$$

Важным аспектом при определении потребного числа мест для паркования выступает так называемый фактор часа пик (PHF фактор). Данный коэффициент в зарубежной литературе [192] рекомендуют учитывать при прогнозировании интенсивности транспортных потоков, что, несомненно, искусственно повышает интенсивность движения и, следовательно, требует усиления инженерных решений при проектировании элементов УДС, в частности, пропускной способности пересечений. Фактически смысл этого коэффициента заключается в увеличении надежности функционирования элементов УДС. С точки зрения повышения надежности паркования также необходимо учитывать фактор часа пик, поскольку в пиковые часы количество заявок на паркование может резко вырасти в течение короткого промежутка времени, что может создать очереди и

даже заторы на участках въезда и выезда с парковки. Математическое выражение фактора часа пик выглядит следующим образом:

$$PHF = \frac{N_{пик}}{6 \cdot N_{10}},$$

где,  $N_{пик}$  – суммарная интенсивность поступления заявок на паркирование за час пик, авт.;  $N_{10}$  – интенсивность поступления заявок на паркирование за максимальную десятиминутку, авт. На основании натурных исследований были обобщены данные фактора часа пик и сведены в таблицу 2.11.

Усредненное значение PHF фактора по всем рассмотренным типам ЦМТ составляет 0,56, что их характеризует с достаточно высокими внутричасовыми пиками. В разбивке по укрупненным типам ЦМТ наибольшими пиками облают ЦМТ с чётко выраженными началом и окончанием работы (смены) учреждения государственной власти, промышленные зоны. Розничная торговля, офисы и жилые зоны имеют меньшие внутричасовые пики в связи с наибольшим распределением числа посетителей в течение суток.

Таблица 2.11

Фактор часа пик в соответствии с ЦМТ

Код территории	Наименование ЦМТ	Фактор часа пик (PHF)
1	Жилье	0,65
2	Торговля, общепит, сфера услуг	0,64
3	Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг	0,45
4	Офисы	0,49
5	Промышленность	0,43
6	Коммунально-складское хозяйство	0,49

Научные изыскания в отношении определения потребного числа парковочных мест в зависимости от численности городского населения и уровня автомобилизации проводились в источниках [33, 152], в частности были установлены следующие зависимости:

$$K_{п} = \frac{K_{max} \cdot Q_{п} \cdot U_{п} \cdot \delta}{Q \cdot U}, \quad (2.24)$$

где  $K_{max}$  – максимальное число автомобилей на стоянке в данный период;  $Q$  и  $Q_{п}$  – существующая и перспективная ёмкость обслуживаемого стоянкой объекта, выражена максимальным числом посетителей;  $U$  и  $U_{п}$  – существующий и перспективный уровень автомобилизации города или региона (авт/1000 чел.);  $\delta$  – поправочный коэффициент, учитывающий изменения интенсивности использования автомобиля в будущем (при отсутствии указанных данных можно принимать 0,8–1). Суть представленного выражения заключается в вычислении так называемых коэффициентов роста в виде отношения существующей и перспективной ёмкости территории, а также уровня автомобилизации. Наиболее ценной является переменная  $K_{max}$ , поскольку показывает потребность в парковании в данный момент, которую можно определить на основе суммарного числа посетителей в пиковый час, доли посетителей на ИТ и средней продолжительности паркования.

Из проведенных исследований и полученных замеров средней продолжительности паркования можно сделать вывод, что этот параметр коррелирует со средней продолжительностью пребывания в ЦМТ. Зависимость между другими факторами: численностью городского населения, удаленностью от центра города или магистральной улицы, числом корреспонденций, днем недели выявить не удалось. Вместе с этим удалось получить весьма тесную зависимость между средней продолжительностью паркования и площадью ЦМТ при следующих ограничениях: только для объектов розничной торговли (укрупненный код 2), крупных и крупнейших городов (рис. 2.25).

В современной практике управления спросом на паркование, особенно в условиях недостатка парковочных мест, многие владельцы (управляющие) крупных торгово-развлекательных центров предлагают часть территории парковки выделить в платный сегмент, позволяющий посетителям не тратить время на поиск парковочных мест, предоставление дополнительных услуг в виде охраны, и даже мойки автомобиля. Как правило, платные сегменты находятся в наиболее привлекательных зонах, приближенных к центральному входу с максимальным



удобством въезда и выезда, что не может не сказаться на условиях парковки бесплатного сегмента. К сожалению, автор может только предположить, что при дифференцированном способе оплаты парковки её продолжительность будет ниже относительно ситуации, если стоимость парковки будет фиксированная.

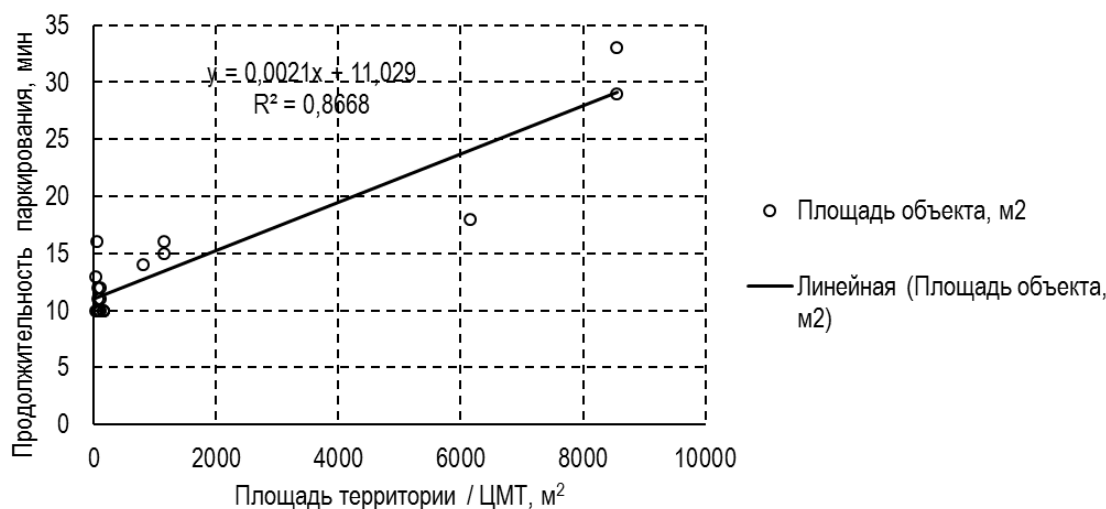


Рис. 2.25 – Зависимость продолжительности парковки от площади ЦМТ

С точки зрения учета продолжительности парковки по дням недели удалось установить, что средняя продолжительность парковки в будние дни на 15 % ниже, чем в выходные и, соответственно, равна 70 и 82 минуты. Более детальные данные по укрупненным классам ЦМТ представлены в таблице 2.12.

Таблица 2.12

Средняя продолжительность парковки по дням недели и сезонам года

Код территории	Наименование ЦМТ	Средняя продолжительность парковки, мин.			
		будний	выходной	летний	зимний
1	Жилье	148	165	171	149
2	Торговля, общепит, сфера услуг	26	23	27	24
3	Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг	77	118	80	87
4	Офисы	23	–	13	25
5	Промышленность	164	–	–	164
6	Коммунально-складское хозяйство	206	–	–	206

Изменение продолжительности парковки по сезонам года заметно отличается в жилых зонах и офисах, что может быть вызвано низкими сезонными температурами, вследствие которых после продолжительного времени парковки придется увеличить время прогрева автомобиля. В среднем эта разница достигает 34%. Следует отметить, что не во всех типах ЦМТ продолжительность парковки в будний день ниже по отношению к выходным.

Изменение продолжительности парковки по дням недели также имеет отличия в жилых зонах, образовании, здравоохранении. Здесь сказывается увеличение свободного времени у населения в выходные дни, и поэтому мероприятия спортивно-досугового характера можно не ограничивать определенными временными рамками.

### 2.3.3 Факторы, влияющие на коэффициенты суточной неравномерности

На рисунке 2.26 графическое отображение физического смысла коэффициентов суточной неравномерности. Потребность учета изменения природных явлений и процессов производственной деятельности (с целью установления количественной зависимости этих изменений) является необходимым условием полного и своевременного удовлетворения потребности в ресурсах, в т.ч. и в перевозках. В зависимости от времени суток неравномерность совершения корреспонденций обусловлена биологически-социальной активностью людей, именно поэтому возникают пиковые загрузки УДС, пассажирского транспорта и других объектов транспортной инфраструктуры.

В чисто математическом понимании коэффициенты суточной неравномерности показывают долю загрузки ЦМТ, которая приходится на рассматриваемый час (рис. 2.26). Исходя из рисунка – это отношение площади столбца диаграммы за рассматриваемый час к площади всей диаграммы. Следует отметить, что значение данных коэффициентов варьируется в пределах от 0 до 1. Значение «0» может означать полное отсутствие загрузки в рассматриваемый час, а значение «1» то, что продолжительность работы объекта не превышала 1 часа.

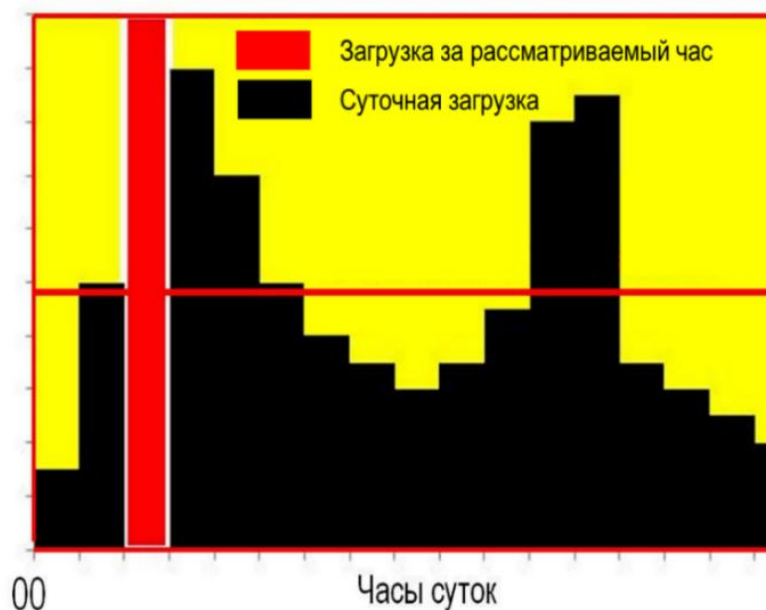


Рис. 2.26 – Графическое отображение физического смысла коэффициентов суточной неравномерности

Сумма коэффициентов суточной неравномерности должна быть равна «1». Коэффициенты суточной неравномерности могут быть вычислены по следующему выражению:

$$k_{\text{сн}} = \frac{N_{\text{час}}}{N_{\text{сут}}}, \quad (2.25)$$

где  $k_{\text{сн}}$  – коэффициент суточной неравномерности за рассматриваемый час,  $N_{\text{час}}$  – число корреспонденций, совершенных за рассматриваемый час;  $N_{\text{сут}}$  – число корреспонденций, совершенных за сутки (период функционирования). Для практического применения в транспортных расчетах обычно не требуются значения коэффициентов за каждый час функционирования ЦМТ, необходимы только коэффициенты за пиковые периоды, они носят название коэффициентов суточного максимума. Как правило, большая часть ЦМТ имеет общепринятые коэффициенты суточной неравномерности, распределенные в соответствии с общепринятыми пиковыми нагрузками, однако имеются и исключения, например, детские сады, ясли имеют резкое смещение числа корреспонденций в утренний час – до 40% проходные заводов, столовых и т.п. (рис. 2.27).

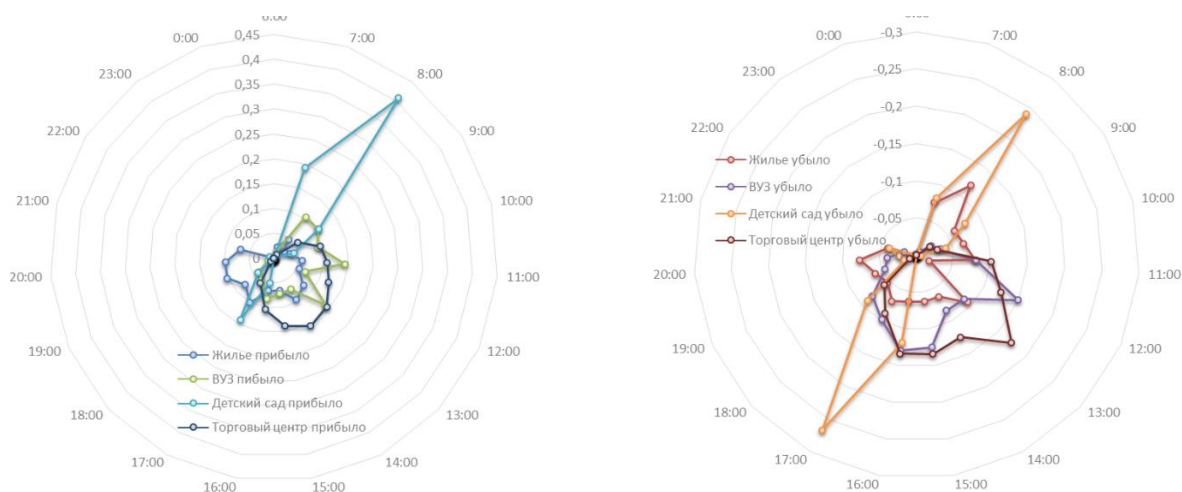


Рис. 2.27 – Зависимость коэффициента суточной неравномерности от часов суток по ЦМТ

Стандартный коэффициент суточного максимума лежит в пределах 0,12–0,15, к таким ЦМТ относят жилье, офисы, почтовые отделения, СНТ/ДТН и другие территории. В таблице 2.13 приведены усредненные значения коэффициентов суточной неравномерности для укрупненных типов ЦМТ.

Применение коэффициентов суточной неравномерности позволяет установить связь между суточным значением загрузки ЦМТ и конкретным часом. Такая взаимосвязь крайне важна при проведении практических расчетов (прогнозирование транспортного спроса к ЦМТ и ТРР). В целом следует отметить, что усредненное значение коэффициента суточного максимума по всем рассматриваемым ЦМТ составило 0,168.

#### 2.3.4 Факторы, влияющие на долю посетителей ЦМТ на ИТ

Границы выбора способа передвижения на общественном или индивидуальном транспорте весьма сложно определить, поскольку вероятность выбора зависит от многочисленного количества объективных и субъективных факторов. Вопросы, связанные с выбором вида транспорта и особенности функционирования

Таблица 2.13

## Коэффициенты суточной неравномерности по укрупненным типам ЦМТ

Часы суток	1		2		3		4		5		6	
	Жилье		Торговля, общепит, сфера услуг		Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг		Офисы		Промышленность		Коммунально-складское хозяйство	
	П	У	П	У	П	У	П	У	П	У	П	У
7:00	0,047	0,106	0,028	0,017	0,085	0,021	0,023	0,019	0,54	0,021	0,052	0,086
8:00	0,042	0,088	0,049	0,031	0,116	0,048	0,072	0,046	0,02	0,059	0,087	0,126
9:00	0,041	0,07	0,061	0,043	0,094	0,055	0,102	0,063	0,037	0,007	0,070	0,118
10:00	0,051	0,065	0,072	0,061	0,062	0,066	0,098	0,089	0,051	0,023	0,063	0,072
11:00	0,06	0,061	0,078	0,073	0,078	0,062	0,126	0,13	0,040	0,088	0,067	0,075
12:00	0,073	0,064	0,087	0,080	0,079	0,083	0,099	0,120	0,079	0,071	0,075	0,091
13:00	0,069	0,068	0,089	0,087	0,077	0,072	0,091	0,080	0,152	0,079	0,084	0,066
14:00	0,069	0,056	0,086	0,081	0,070	0,066	0,098	0,097	0,031	0,065	0,074	0,074
15:00	0,061	0,064	0,088	0,084	0,062	0,072	0,103	0,104	0,029	0,032	0,052	0,063
16:00	0,066	0,054	0,084	0,086	0,059	0,075	0,100	0,113	0,015	0,135	0,086	0,098
17:00	0,089	0,075	0,094	0,095	0,066	0,071	0,100	0,108	0,029	0,127	0,089	0,084
18:00	0,097	0,071	0,095	0,105	0,081	0,089	0,09	0,105	0,120	0,069	0,058	0,044
19:00	0,104	0,067	0,075	0,080	0,077	0,095	0,039	0,055	0,060	0,073	0,105	0,082
20:00	0,075	0,053	0,064	0,073	0,072	0,099	0,005	0,0053	0,043	0,139	0,097	0,042
21:00	0,057	0,044	0,054	0,068	0,069	0,144			0,025	0,099	0,072	0,023
22:00	0,019	0,017	0,044	0,047	0,087	0,132					0,076	0,004
23:00	-					0,02						

От широко освещены в следующих трудах [31, 32, 41, 42, 200, 204, 196, 197 и др.]. К общественным видам транспорта следует относить автобус, троллейбус, трамвай, пригородные поезда, метрополитен и, в некоторых случаях, фуникулеры и эскалаторы. В данной работе пешие передвижения автор рассматривает как передвижения в категории общественного транспорта, поскольку социологические исследования поведения показывают высокую вероятность использования общественного транспорта при его наличии даже на небольшие расстояния. Например, в источнике [33] приводятся данные о вероятности совершения пеших передвижений в зависимости от цели корреспонденции и дальности передвижений. Общие закономерности представленных данных заключаются в увеличении вероятности пеших передвижений для культурно-бытовых и рекреационных корреспонденций по сравнению с трудовыми, а также снижением вероятности пеших корреспонденций с увеличением их дальности. Например, при дальности передвижения в пределах 500 м вероятность совершения пешей корреспонденции по трудовым целям составляет 0,9, для культурно-бытовой – 0,95, рекреационной – 0,99. При увеличении дальности корреспонденции до 1500 м вероятность совершения трудовой корреспонденции падает до 0,6, а рекреационной до 0,85. Таким образом, следует учитывать вероятность совершения пеших корреспонденций при формировании транспортных расчетных районов и выявления доли корреспонденций на общественном и индивидуальном транспорте.

К индивидуальным видам транспорта следует относить автомобиль, велосипед, самокат. В последнее время весьма большую популярность набирают такие транспортные средства как сегвей и самокаты с разными силовыми установками, включая бензиновые двигатели. Дальность передвижения на таких транспортных средствах ограничена, но учитывая, что средняя дальность передвижения в крупных и крупнейших городах не превышает 15 км, например, г. Москва [1], а в большинстве городов значительно ниже 4–8 км., то при средней скорости движения 15–20 км/ч и при наличии соответствующей инфраструктуры значительная доля поездок могла бы приходиться именно на подобный вид транспорта.

На вероятность выбора влияет уровень автомобилизации в стране и регионе, т.е. физическая возможность воспользоваться личным автомобилем, наличие в шаговой доступности маршрутов ОТ (остановочных пунктов), т.е. физическая возможность воспользоваться ОТ, цель поездки (трудовая/культурно-бытовая/деловая), место проживания (город/пригород), погодные условия, уровень сервиса/комфорта ОТ (регулярность движения, безопасность, удаленность пункта отправления от остановочного пункта, а также удаленность остановочного пункта от пункта назначения и др.), стоимостная оценка поездки, затраты времени на передвижение, часы суток, состояние здоровья и даже настроение субъекта. Очень часто вероятность использования ИТ повышается при необходимости совершения так называемых смешанных корреспонденций (посещение нескольких мест с разными целями или в разных частях города), по понятным причинам использование ИТ может быть удобней.

Анализ данных, приведенный на страницах транспортных департаментов крупных городов Европы, США и др. [229, 202, 182 и др.] показывает, что транспортная политика, проводимая в разных странах в значительной степени, предопределяет уровень автомобилизации и, следовательно, предопределяет долю корреспонденций на индивидуальном и общественном транспорте. Конечно, это перспектива не 2–3 лет и даже не 5 лет, но опыт европейских городов показывает, что принятые решения дают свои результаты в перспективе 7–15 лет. В целом транспортную политику можно разделить на три условных направления: «Жесткое ограничение использования ИТ»; «Стимулирование поездок на ОТ»; «Стимулирование использования ИТ». При выборе первого направления (Гонконг, Сингапур) средняя автомобилизация не превышает 100–120 авт/1000 жит., это становится возможным благодаря применению высоких налогов, транспортных пошлин, высокой стоимости парковки, топлива, обслуживания ТС и др.

Следует отметить, что первое направление в значительной степени ограничивает мобильность населения, искусственно снижает уровень жизни и сдерживает рост развития территорий. Второе направление менее радикальное в целом, но в

некоторых случаях носит более репрессивный характер, например, в отношении центральных зон городов, где стоимость парковки очень высока (платный въезд в центр города: Париж, Лондон, Нью-Йорк, и др. [5]). Основной отличительной особенностью данного направления является следующий концептуальный подход: чем ближе к центру города, тем дороже стоит эксплуатация ИТ. Следует отметить, что для удобства передвижения жителей пригорода, властями создаются все условия для возможности быстрой смены ИТ на ОТ благодаря перехватывающим парковкам P+R и разветвленной сети ОТ. При таком подходе средний уровень автомобилизации зафиксирован на уровне 340–360 авт/1000 жителей. Третье направление, как правило, связано с недальновидным лоббированием законов, направленных на создание мощного рынка потребления транспортных средств как продукта и соответствующего для него сервиса, включая дорожное строительство.

По этому пути пошел ряд городов США (Сан-Франциско, Лос-Анджелес, Детройт и др.), в основе аргументов в пользу преимущественного использования ИТ выдвигается проживание на обширных территориях с малоэтажной застройкой, которая не позволяет организовать рентабельные маршруты ОТ. В таких условиях средний уровень автомобилизации может достигать 600–750 авт/1000 жителей и выше. Физический смысл доли корреспонденций, совершаемых на ИТ, может быть представлен выражением:  $P_{ИТ} = E_{ИТ} / E_{час}$ , где  $E_{ИТ}$  и  $E_{час}$ , соответственно, число посетителей, прибывающих на ИТ, и их суммарное значение за рассматриваемый час. Несмотря на столь обширный объем факторов, влияющих на вероятность выбора способа передвижения и как следствие доли корреспонденций на ИТ, все же некоторые закономерности стоит отметить. Прежде всего передвижение в пригородных районах: ИЖС, поселки, деревни, СНТ и ДТН, проживающие в них люди чаще горожан пользуются ИТ, даже несмотря на наличие сообщения ОТ. Поездки по культурно-бытовым целям чаще осуществляются на ИТ, поездки по трудовым целям, а также в места общественного питания (кафе, рестораны) с разветвленной сетью



маршрутного транспорта, чаще осуществляются на ОТ. В таблице 2.14 представлены доли поездок на ИТ, совершенные по разным типам ЦМТ.

Таблица 2.14

Доля посетителей на ИТ		
Код территории	Наименование ЦМТ	Доля посетителей на ИТ
1	Жилье	0,55
14, 16	Жилье с участком земли, СНТ, ДНТ	0,80
2	Торговля, общепит, сфера услуг	0,46
3	Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг	0,54
4	Офисы	0,35
5	Промышленность	0,55
6	Коммунально-складское хозяйство	0,66

Из таблицы видно, что наибольшая доля посетителей, пользующихся индивидуальным транспортом, наблюдается в жилых зонах, промышленных зонах и коммунально-складском хозяйстве. Сегодня хранение автомобиля в подавляющем большинстве случаев фактически осуществляется непосредственно возле мест проживания, причем нет существенной разницы между многоэтажной городской застройкой (доля ИТ 0,45) и ИЖС, поселками, СНТ и ДТН (доля ИТ 0,804). Сложившаяся ситуация продиктована низкой степенью вовлеченности государственного регулирования использования индивидуального транспорта, снижением популярности ОТ ввиду передачи его значительной части (в некоторых городах до 100%, например, г. Орёл) в частные руки и рядом макроэкономических факторов, таких как высокие удельные капитальные затраты на развитие сети ОТ. Одним из таких факторов является развитие страхового законодательства, которое определяет стоимость страхового полиса «Каско». При стоимости данного полиса, равном или даже ниже стоимости хранения автомобиля на специализированных охраняемых стоянках, у автолюбителей пропадает потребность в использовании последних и, следовательно, повышается доступность ИТ. Кроме того, этот факт подтверждается существенным снижением стоимости гаражей за последние 7–10 лет, которые сегодня используются в большей степени как кладовки.

Промышленные территории по праву являются территориями повышенного спроса на использование индивидуального транспорта, поскольку маршруты ОТ не подходят к таким территориям (выносы предприятий из селитебной территории) или его регулярность недостаточна. Наименьшая доля посетителей на ИТ наблюдается в таких ЦМТ как аптеки, парикмахерские, учебные заведения, офисы и т.п. Более подробно доля посетителей на ИТ приведена в Приложении 2.

В меньшей степени использование ИТ распространяется на образование, поскольку это касается преимущественно определенных социальных групп населения (школьники, студенты), фактически поездки в высшие учебные заведения, техникумы, колледжи должны рассматриваться в качестве трудовых. Следует упомянуть и тот факт, что многие студенты проживают в непосредственной близости от вуза (техникума) в общежитии/студгородке. Учреждения государственной власти можно сравнить с офисными зданиями вследствие того, что их преимущественное расположение – центр города. В центр города всегда проще доехать на ОТ, паркирование затруднено, если нет ведомственной парковки, продолжительность паркирования высокая, а в зимний период необходимы дополнительные прогревы, что может ухудшить экологическую обстановку.

Примечательно отметить, что средняя доля использования ИТ по всем видам корреспонденций составила 0,512, а в будние дни 0,565, что не выявляет существенной разницы между использованием ИТ в будние и праздничные дни. Вместе с этим, выполненные исследования позволяют выявить долю применения ИТ в летний (месяцы с 5 по 10 включительно) и зимний (месяцы с 11 по 4 включительно) периоды, которая составляет 0,618 и 0,468, соответственно. Следует отметить, что приведенные в отечественной литературе данные о снижении числа автомобилей в зимний период в сегодняшних условиях подтверждаются в меньшей динамике, с разницей в 32 %. По мнению автора, такая тенденция может объясняться, прежде всего, изменением культуры использования ИТ, который сегодня стал достаточно неприхотливым с точки зрения обслуживания, например, хранение переключало

из гаражей и специально отведенных стоянок во дворы многоэтажной и индивидуальной застройки, технические новшества позволяют прогревать автомобиль дистанционно, увеличилась и безопасность движения с применением соответствующих зимних шин и реагентов. В общем, сегодня автомобиль является весьма удобным и неприхотливым средством передвижения, именно поэтому его всё больше предпочитают использовать круглогодично.

Исключительно в количественном аспекте, зависимость распределения использования ИТ была выявлена при анализе данных средней продолжительности парковки в укрупненных группах ЦМТ, например, доля использования ИТ в группе ЦМТ сервиса, к которым относят, прежде всего, АЗС, СТО, автомойки и т.п. наблюдается зависимость, отражающая снижение доли посетителей на ИТ в зависимости от увеличения продолжительности парковки (рис. 2.28), а при посещении медицинских учреждений доля посетителей на ИТ в зависимости от продолжительности парковки растет.

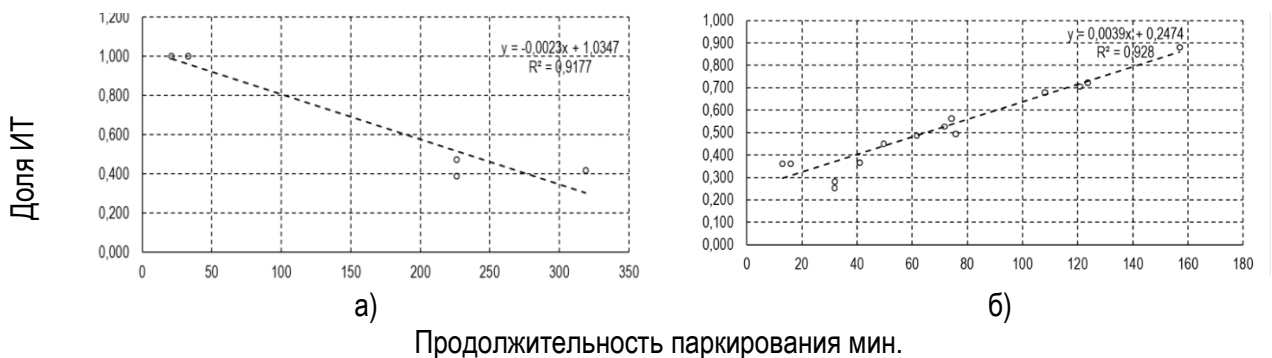


Рис. 2.28 – Зависимость доли корреспонденций на ИТ от продолжительности парковки: а – службы сервиса; б – медицинские учреждения

В целом следует отметить достаточно низкую корреляцию доли корреспонденций на ИТ от продолжительности парковки. Зависимость доли посетителей на ИТ от удаленности от магистральной улицы приведена на рисунке 2.29. Представленные зависимости должны носить линейный характер, поскольку сеть общественного транспорта проходит непосредственно по сети магистральных улиц и, следовательно, при удалении от магистральной улицы доля посетителей на ИТ должна возрастать, однако большая часть полученных зависимостей показывает квадратичную зависимость.

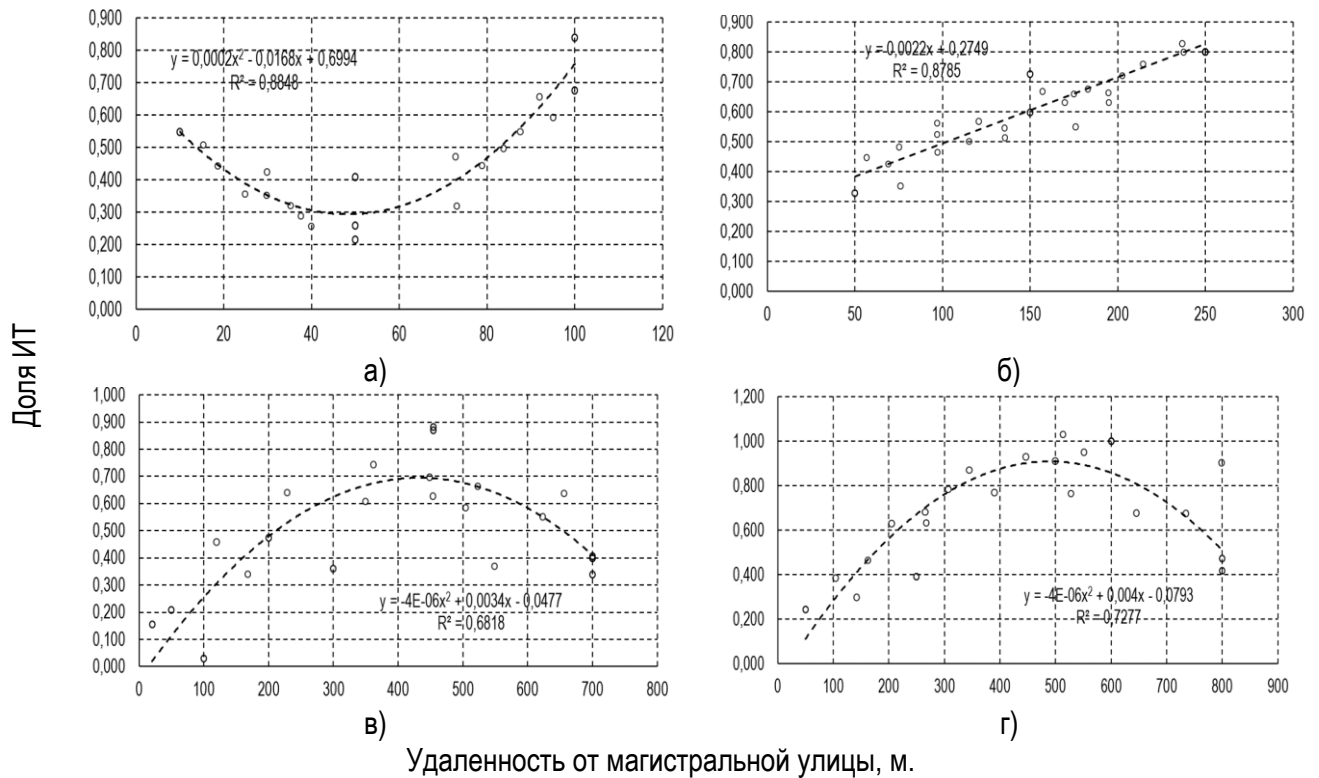


Рис. 2.29 – Зависимость доли корреспонденций на ИТ от удаленности от магистральной улицы: а – многофункциональные торговые центры (код 21); б – объекты розничной торговли (алкомаркет код 217); в – продовольственные товары код 22); г – службы сервиса (АЗС, СТО, автомойки и т.п.)

Многофункциональные торгово-развлекательные центры (код 21), удалены от магистральных улиц, обособливая свою территорию, но при этом оставаясь доступным для посетителей, поскольку это формирует число посетителей и выручку от продаж. Именно по этой причине зависимость удаленности от магистральной улицы в рассматриваемом подклассе носит квадратичный характер.

Объекты розничной торговли (продуктовые магазины код 21) также имеют квадратичную зависимость, однако в данном случае зависимость носит противоположный характер: при росте удаленности растет и доля использования ИТ, поскольку парковка на магистральных улицах или запрещена, или представляется весьма неудобной. Рост доли посетителей на ИТ продолжается до определенного пика, который приходится на расстояние пешеходной доступности 400–500 м., а в некоторых случаях – на расстояние видимости магазина с магистральной улицы. Далее идет снижение доли посетителей на ИТ, поскольку посетителями магазина на значительном удалении от магистральной улицы становятся в подавляющем

большинстве случаев жители этого удаленного района (места) и, естественно, применение ИТ для посещения магазина не требуется.

Оценка влияния удаленности от центра города показывает линейную зависимость доли посетителей на ИТ от удаленности от центра города, в частности, удалось установить такую зависимость в промышленных зонах ( $R^2 = 0,71$ ); зонах отдыха и развлечений ( $R^2 = 0,72$ ), причем наибольшую сходимость дают данные, полученные именно в выходные дни. Такую закономерность можно объяснить желанием использовать ИТ исключительно в выходные дни по культурно-бытовым целям; на учреждениях государственной власти и офисах влияние удаленности от центра города сказывается в меньшей степени ( $R^2 = 0,39-0,49$ ). Зависимость доли посетителей на ИТ от удаленности от центра города в классе жилье (код 1) выявить не удалось. В таблице 2.15 приведены коэффициенты множественной детерминации, отражающие взаимосвязь доли посетителей на ИТ от рассмотренных факторов.

Таблица 2.15

## Коэффициенты детерминации зависимости доли посетителей на ИТ

Код / наименование ЦМТ	Продолжительность парковки, мин		Удаленность от магистральной улицы, м		Расстояние от центра города, м	
	Будний	Выходной	Будний	Выходной	Будний	Выходной
6 Промышленность	0,06	–	0,23	–	0,71	–
1 Жилье	0,056	–	0,107	–	0,207	–
Отдых и развлечения	0,05	0,06	0,05	0,06	0,34	0,88
Учреждения государственной власти	0,008	–	0,022	–	0,35	–
Здравоохранение	0,92	–	0,98	–	0,58	–
4 Офисы	0,009	–	0,0009	–	0,49	–
21 Продовольственные товары	0,21	0,04	0,96	0,4	0,33	–
22 Торгово-развлекательные центры	0,61	–	0,88	–	0,03	0,04
Службы сервиса	0,93	–	0,93	–	–	–
Среднее	0,34	0,05	0,50	0,23	0,40	0,46

Из представленной таблицы 2.15 видно, что продолжительность парковки почти не оказывает влияния на долю посетителей на ИТ за исключением группы объектов служб сервиса и здравоохранения. Такой исход, на взгляд автора, определен особыми специфическими условиями посещения этих объектов, прежде всего, тем,

что посетители не могут с высокой долей вероятности прогнозировать продолжительность посещения данных объектов и, следовательно, продолжительность парковки, что может привести к потребности в использовании личного автомобиля как места пребывания на период ожидания получения услуги. Влияние удаленности от магистральной улицы в большей степени проявлено в отношении объектов розничной торговли, а также медицинских учреждений и служб сервиса. В целом данный фактор носит квадратичную зависимость, отражающую наличие оптимального расстояния расположения от магистральной улицы. Влияние расстояния от центра города носит линейный характер и проявляется в большей степени на промышленных зонах (код б), зонах отдыха и развлечений, особенно в выходные дни и на офисах. Примечательно, что данный фактор практически не оказывает влияния на жилые зоны, даже при отдельном учете ИЖС, СНТ, ДТН.

Доля использования ИТ часто может отличаться не только по дням недели или сезонам года, но и по часам суток, например, для портов и транспортных терминалов, промышленных территорий, офисов наибольшая доля посетителей на ИТ будет наблюдаться в 16 часов, а для жилых зон, образования, а также служб сервиса будет приходиться на вечерние часы 20–22 часа (табл. 2.16).

В целом следует отметить низкую вариацию (средний коэффициент вариации 0,17), что свидетельствует о незначительном отклонении данных исследований от среднего значения. Для большей наглядности данные таблицы 2.16 представлены на рис. 2.30. Лепестковая диаграмма дает возможность не только фактического представления численного значения доли посетителей на ИТ, но и представляет возможность сравнения данных по часам суток и по типу ЦМТ.

Из рисунка видно, что ЦМТ, у которых доля посетителей на ИТ низкая, располагаются ближе к центру графика, например, офисы, а ЦМТ с более высокой долей посетителей на ИТ приближены к внешним границам, например, коммунально-складское хозяйство.

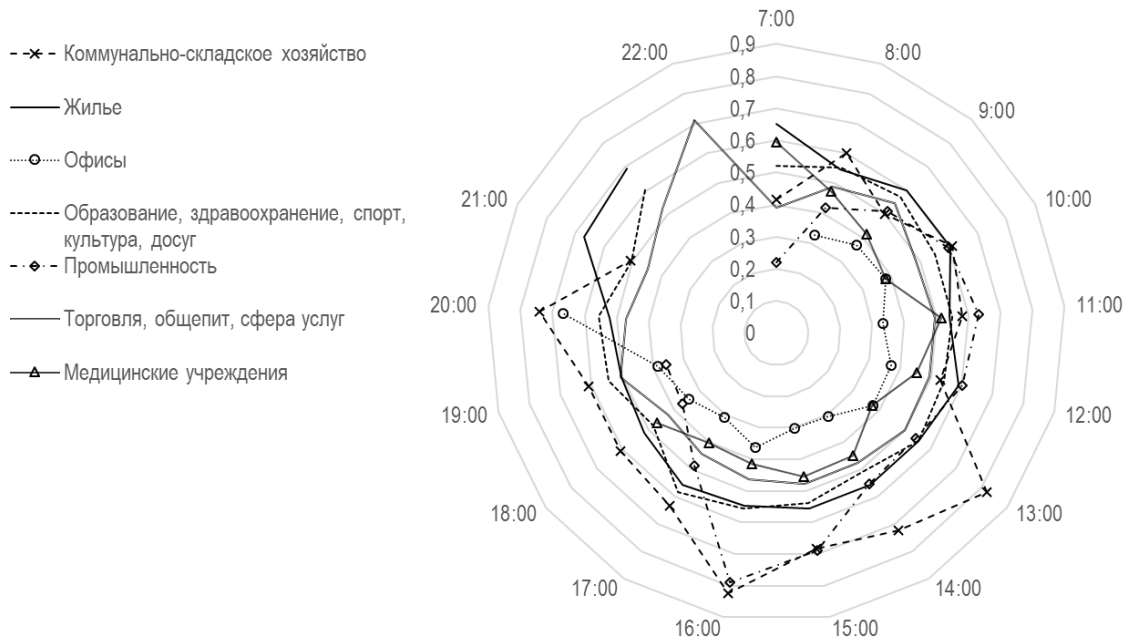
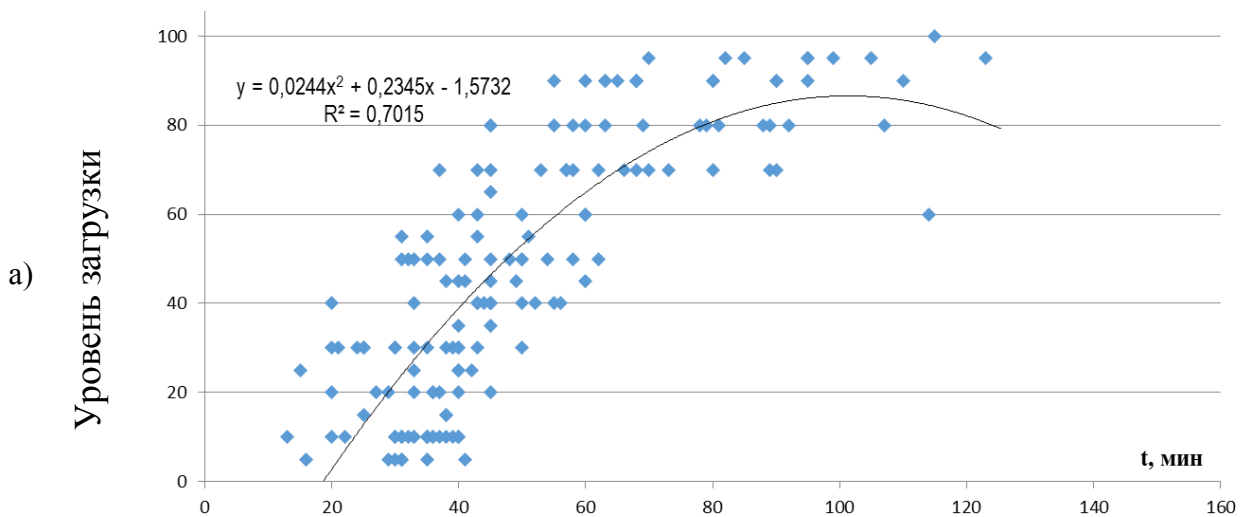


Рис. 2.30 – Зависимость доли посетителей на ИТ от часов суток

Одновременно с натурными исследованиями, направленными на выявление доли корреспонденций, совершаемых на ИТ, были проведены замеры времени корреспонденции, как на ОТ, так и на ИТ, которые показали, что на способ выбора передвижения, прежде всего, могут влиять уровень загрузки УДС, а также возможности альтернативных маршрутов движения (рис. 2.31).



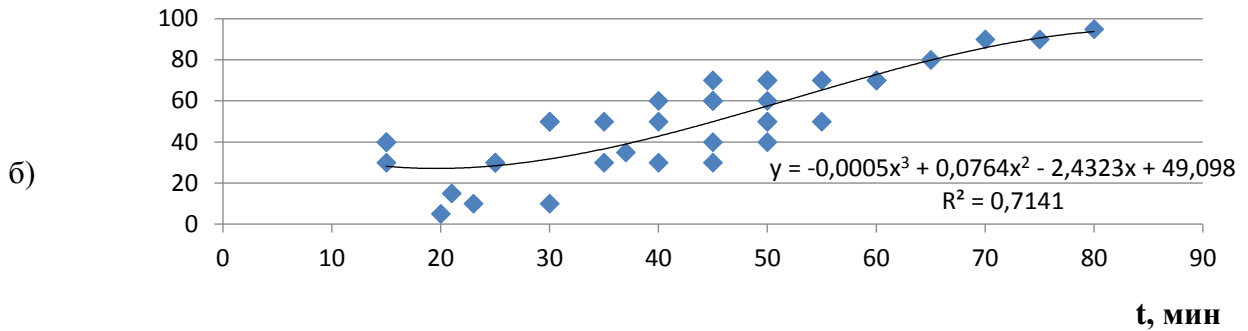


Рисунок 2.31 – Влияние уровня загрузки УДС на продолжительность поездки на: а – ИТ; б – ОТ

Из графиков видно, что уровень загрузки УДС почти в равной степени влияет на изменение продолжительности корреспонденции, что может быть обусловлено низкой развитостью УДС. Результаты анализа временных затрат на поездку при использовании ИТ или ОТ представлены в Главе 4.

Важную роль в формировании выбора вида транспорта играет доля накладных затрат времени в общем времени поездки (рис. 2.32). Причем с развитием строительных технологий, направленных на строительство подземных паркингов и развитие рынка страховых услуг, позволяют автовладельцам хранить свои автомобили в непосредственной близости от мест проживания, что естественным образом сокращает накладные затраты времени.

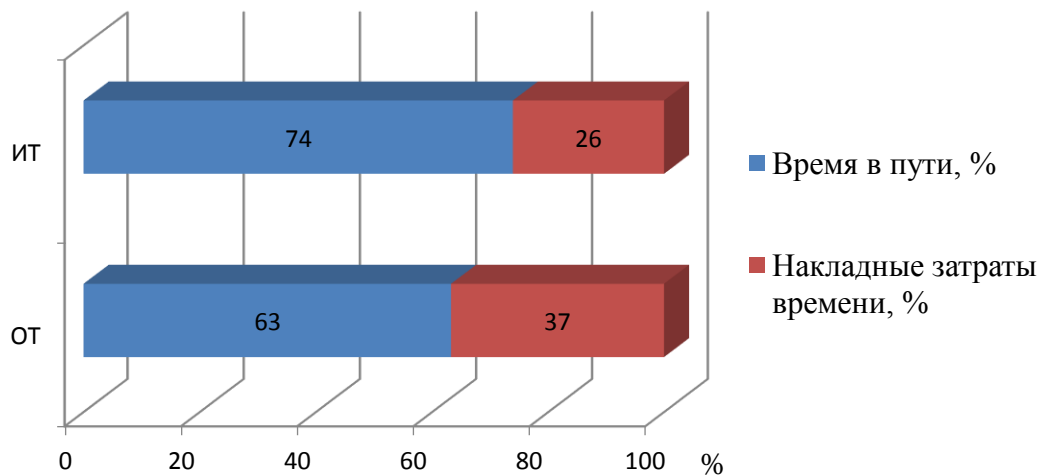


Рисунок 2.32 – Суммарные затраты времени на передвижение



Таблица 2.16

## Доля посетителей на индивидуальном транспорте

Часы суток	1	2	3	4	5	6	Мин	Макс	Среднее
	Жилье	Торговля, общепит, сфера услуг	Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг	Офисы	Промышленность	Коммунально-складское хозяйство			
7:00	0,652	0,39	0,522		0,22	0,415	0,22	0,652	0,43
8:00	0,547	0,49	0,553	0,327	0,42	0,601	0,327	0,601	0,48
9:00	0,601	0,546	0,573	0,37	0,512	0,502	0,37	0,601	0,51
10:00	0,605	0,488	0,552	0,38	0,598	0,61	0,38	0,61	0,53
11:00	0,542	0,497	0,549	0,333	0,631	0,582	0,333	0,631	0,52
12:00	0,591	0,494	0,542	0,37	0,601	0,53	0,37	0,601	0,52
13:00	0,556	0,502	0,556	0,375	0,544	0,821	0,375	0,821	0,55
14:00	0,556	0,477	0,508	0,306	0,552	0,721	0,306	0,721	0,52
15:00	0,556	0,478	0,539	0,302	0,687	0,682	0,302	0,687	0,54
16:00	0,547	0,464	0,557	0,361	0,79	0,823	0,361	0,823	0,59
17:00	0,556	0,443	0,581	0,308	0,485	0,632	0,308	0,632	0,50
18:00	0,517	0,423	0,48	0,341	0,367	0,61	0,341	0,61	0,45
19:00	0,502	0,504	0,543	0,383	0,356	0,609	0,356	0,609	0,48
20:00	0,523	0,471	0,557	0,667	-	0,74	0,471	0,74	0,59
21:00	0,669	0,447	0,503	-	-	0,507	0,447	0,669	0,53
22:00	0,693	0,526	0,605	-	-	-	0,526	0,693	0,60
23:00	-	0,71	-	-	-	-	-	-	-
Коэффициент вариации	0,09	0,13	0,05	0,25	0,29	0,18	-	-	-

Накладные затраты времени при совершении корреспонденций на ОТ для большинства городов РФ будут выше, чем на ИТ, поскольку для реализации противоположной картины необходимо повышать популярность ГПТ, которая, в свою очередь, тесно связана с высокой регулярностью сообщения, развитостью маршрутной сети ГПТ, высокой скоростью сообщения и качеством обслуживания.

### 2.3.5 Факторы, влияющие на среднее наполнение ИТ

Среднее наполнение индивидуального транспорта является одним из ключевых показателей производительности и эффективности использования индивидуального транспорта [51]. Вместе с этим нельзя в одинаковой мере сравнивать наполнение индивидуального и общественного транспорта, поскольку общественный в отличие от индивидуального выполняет потребность в перевозках, ограниченную пространственными и временными характеристиками маршрута. Индивидуальный же является не только средством передвижения, но и является олицетворением мобильности, престижности и относительной уникальности субъекта-собственника.

Основными факторами, влияющими на степень наполнения индивидуального транспорта, может служить средняя численность домохозяйств, совпадение времени начала и конца работы членов семьи, среднее число автомобилей, приходящихся на одно домохозяйство, удаленность проживания от центра города, развитость маршрутной сети общественного транспорта, цель поездки и др. Фактически данный параметр является логическим продолжением и более углубленным изучением доли посетителей на ИТ, а следовательно, и часть факторов, влияющих на долю посетителей на ИТ, в той или иной степени, могут влиять и на наполнение салона ИТ. В частности, в будние дни среднее наполнение по всем ЦМТ составляет 1,56 чел/авт, а в выходные 1,76, что на 13,6% больше, чем в будние дни. По сезонности года различий в наполнении не наблюдается, что доказывает постоянность использования автомобиля вне зависимости от сезона года. Распределение наполняемости ИТ по укрупненным типам ЦМТ представлено в таблице 2.17.

## Среднее наполнение ИТ

Код территории	Наименование ЦМТ	Среднее наполнение ИТ
1	Жилье	1,56
14, 16	Жилье с участком земли, СНТ, ДНТ	1,68
2	Торговля, общепит, сфера услуг	1,58
3	Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг	1,58
4	Офисы	1,45
5	Промышленность	1,85
6	Коммунально-складское хозяйство	1,29

Среднее значение по всем классам ЦМТ составляет 1,56 чел/авт, что совпадает с всемирными исследованиями средней наполняемости, приведенной в специальной литературе [32]. Коммунально-складское хозяйство и офисы отличаются наименьшей наполняемостью салона ИТ, это может быть обусловлено распределением трудовых корреспонденций одного домохозяйства в разные части города или с разными целями. Наоборот, средняя наполняемость будет выше при посещении объектов розничной торговли, общепита и сферы услуг, а также медицинских учреждений, как правило, их посещают массово всей семьей. В том числе, можно отметить, что промышленные зоны, которые, как правило, находятся в значительном удалении от центра города, обладают более высоким средним наполнением ИТ, поскольку их работники объединяются для снижения стоимости поездки на одном автомобиле.

Следует отметить зависимость величины среднего наполнения ИТ от других количественных характеристик функционирования ЦМТ. На рисунке 2.33 представлены зависимости среднего наполнения от доли ИТ.

В целом зависимость среднего наполнения от доли поездок на ИТ имеет весьма низкую субъективную мотивацию, поскольку обе переменные представляют собой значения некоторых среднестатистических величин, выявление которых возможно только при целенаправленных натурных исследованиях.

Представленные зависимости (чисто в практических целях) могут быть использованы при недостатке натурных данных, для перехода от одной переменной

к другой. Например, проведенные натурные исследования могут не захватывать данные о доли посетителей на ИТ, которую можно получить на основе выявленной средней наполняемости ИТ. К сожалению, такая зависимость установлена только применительно к ЦМТ, представленным на рисунке 2.33 а.

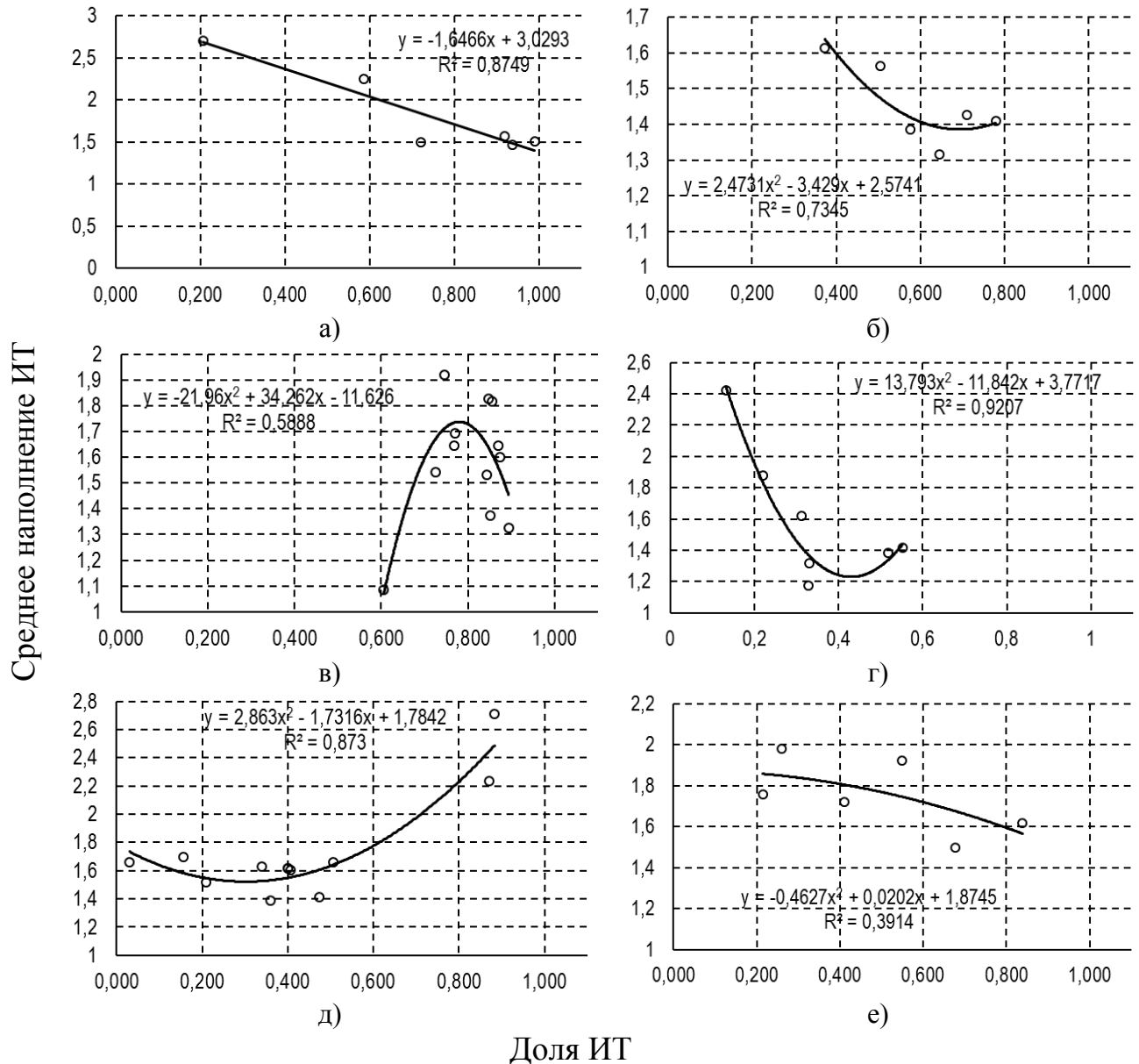


Рис. 2.33 – Зависимость среднего наполнения ИТ от доли посетителей на ИТ: а – промышленность; б – жилье (высокоэтажная и среднеэтажная застройка код 12 и 13); в – низкоэтажная застройка ИЖС, СНТ (код 14, 16); г – учреждения государственной власти; д – розничная торговля (продовольственные товары код 21); е – розничная торговля (торгово-развлекательные центры код 21)

Так, при уменьшении среднего наполнения растет доля ИТ на промышленных территориях, что весьма легко объяснить с практической точки зрения – происходит перераспределение работников промышленной зоны между варьирующимся числом ИТ. В остальных случаях зависимость рассматриваемых параметров наилучшим образом аппроксимируется квадратичной зависимостью, причем, в случае с жилыми зонами (низко этажная застройка ИЖС, СНТ рис. 2.33 в) зависимость имеет положительную динамику примерно до доли использования ИТ 0,8 (оптимум) и далее резкое снижение средней наполняемости при росте доли посетителей на ИТ.

Относительно низкая доля ИТ для рассматриваемого типа ЦМТ может быть обусловлена наличием в шаговой доступности сети маршрутов общественного транспорта, и вместе с этим низкой наполняемостью ввиду высокого числа автомобилей, приходящихся на одно домохозяйство. В качестве примеров можно привести элитные коттеджные поселки, находящиеся в городской черте («Шведская деревня», ИЖС мкр-н Солнечный г. Иркутск). Далее зависимость выходит на снижения наполняемости с одновременным увеличением доли ИТ. Зависимости остальных типов ЦМТ наилучшим образом аппроксимируются квадратичной зависимостью, показывающей некое оптимальное соотношение рассматриваемых параметров и доказывающих общее снижение среднего наполнения при увеличении доли посетителей на ИТ. При достижении некоторого оптимума среднее наполнение начинает расти с одновременным ростом доли посетителей на ИТ.

Влияние удаленности ЦМТ от городского центра на среднее наполнение ИТ выявлено в промышленных территориях, розничной торговле (продовольственные товары код 21, торгово-развлекательные центры код 22), службы сервиса (рис. 2.34).

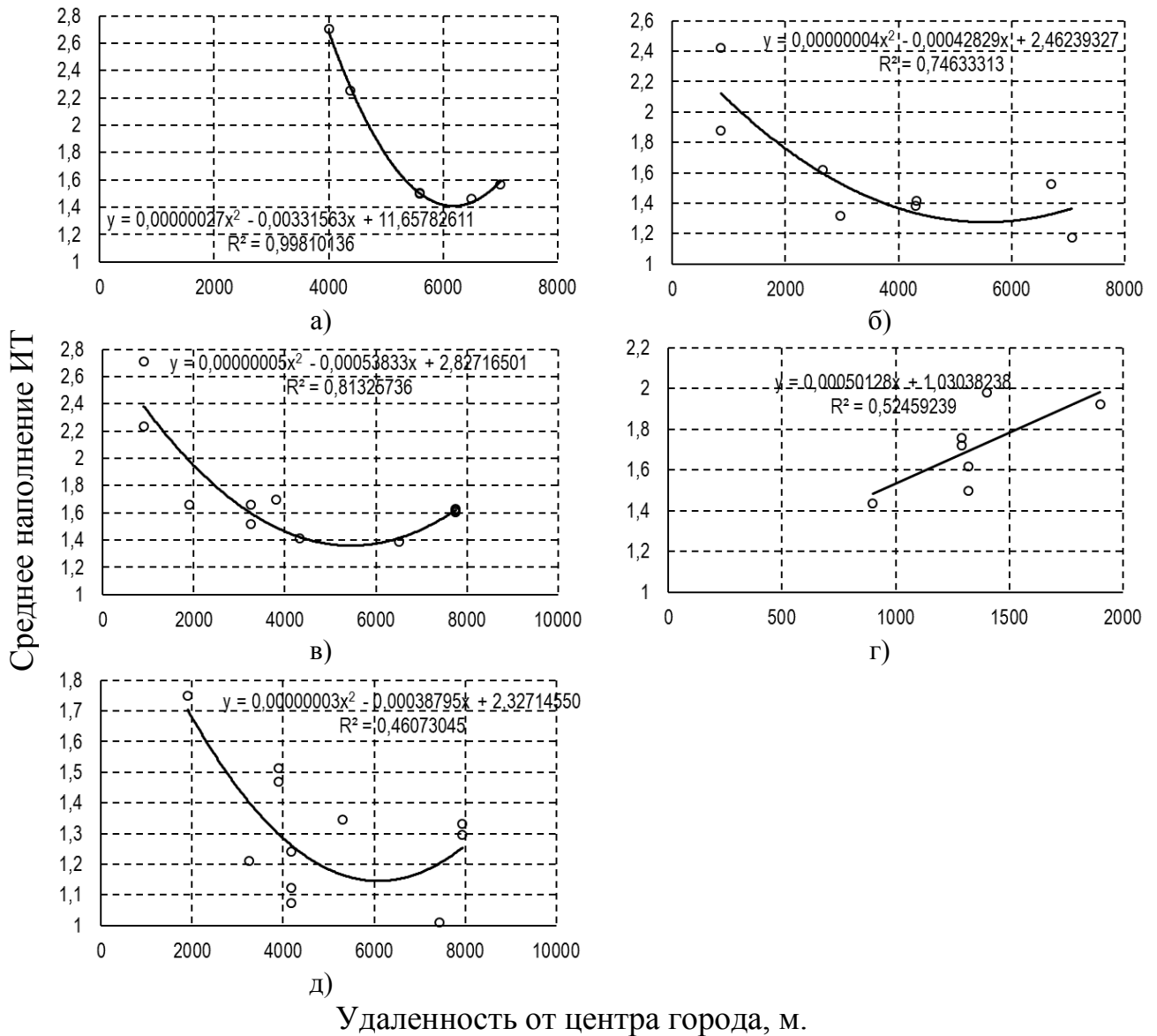


Рис. 2.34 – Зависимость среднего наполнения ИТ от удаленности от центра города: а – промышленность; б – офисы; в – розничная торговля (продовольственные товары код 21); г – розничная торговля (торгово-развлекательные центры код 22); д – службы сервиса

Рассмотренные зависимости (рис. 2.34) наилучшим образом аппроксимируются квадратичной зависимостью, при этом характер изменения наполнения ИТ заключается в том, что при незначительном удалении от центра города 2–4 км (исключение составляют промышленные территории 6 км) наполнение ИТ продолжает снижаться с ростом удаленности, достигая своего оптимума на рубеже примерно 4–5 км, наполнение ИТ начинает расти с ростом удаленности. Такая зависимость может быть обусловлена увеличением затрат времени (стоимости) на пере-

движения большей длины и поэтому число пассажиров ИТ с увеличением удаленности от центра города уменьшается. После достижения некоторого оптимума, наполнение ИТ начинает расти с ростом удаленности от центра города, что продиктовано целесообразностью снижения затрат на поездку к месту работы или по культурно-бытовым целям. Исключением является розничная торговля (торгово-развлекательные центры код 22), здесь динамика изменения наполняемости ИТ от удаленности от центра города протекает в строго линейной зависимости (рис. 2.34 г), несмотря на узкий коридор значений удаленности от центра города.

Влияние удаленности от магистральной улицы на среднее наполнение ИТ в целом ощущается в незначительной степени. Наиболее ярко такое влияние ощущается на офисных территориях (код 4) и наилучшим образом аппроксимируется логарифмической функцией при  $R^2 = 0,67$  (рис. 2.35 а).

Одним из наиболее значимых факторов, влияющих на формирование транспортного спроса в целом и, как следствие, на наполнение ИТ, в частности, является площадь ЦМТ. Конечно, эта характеристика не может в полной мере объяснить формирование среднего наполнения, но в отдельных укрупненных типах ЦМТ такое влияние весьма ощутимо (рис. 2.36) сказывается на ЦМТ отдыха и развлечений, торговли и служб сервиса. Примечательно отметить, что влияние площади на наполнение ИТ проявляется на ЦМТ культурно-бытовой направленности. Причем наполнение ИТ будет тем выше, чем больше площадь ЦМТ (рис. 2.36 а) и б).

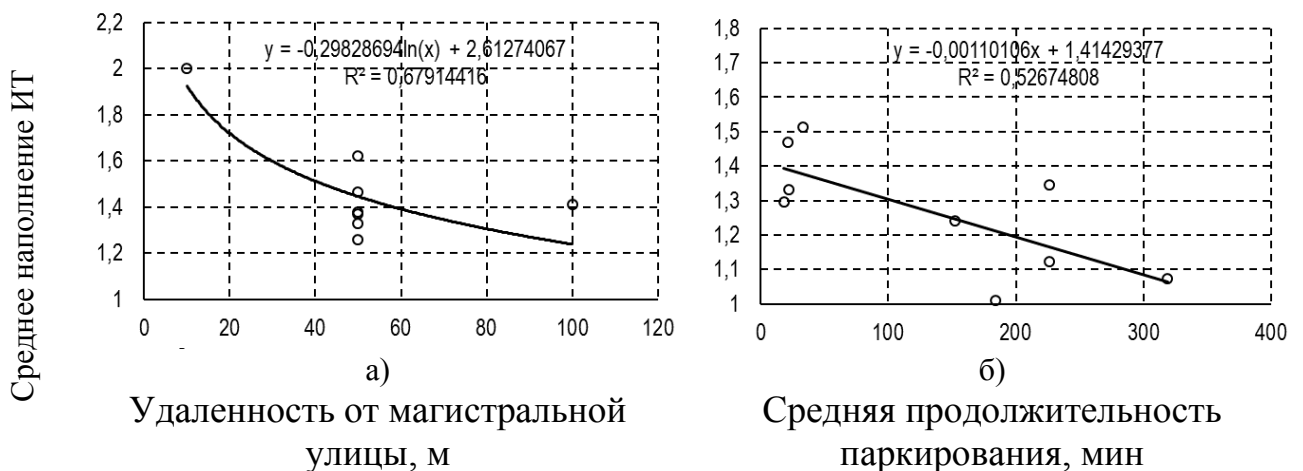


Рис. 2.35 – Зависимость среднего наполнения ИТ: а – от удаленности от магистральной улицы (территория офиса код 4); б – средней продолжительности парковки (учреждения государственной власти)

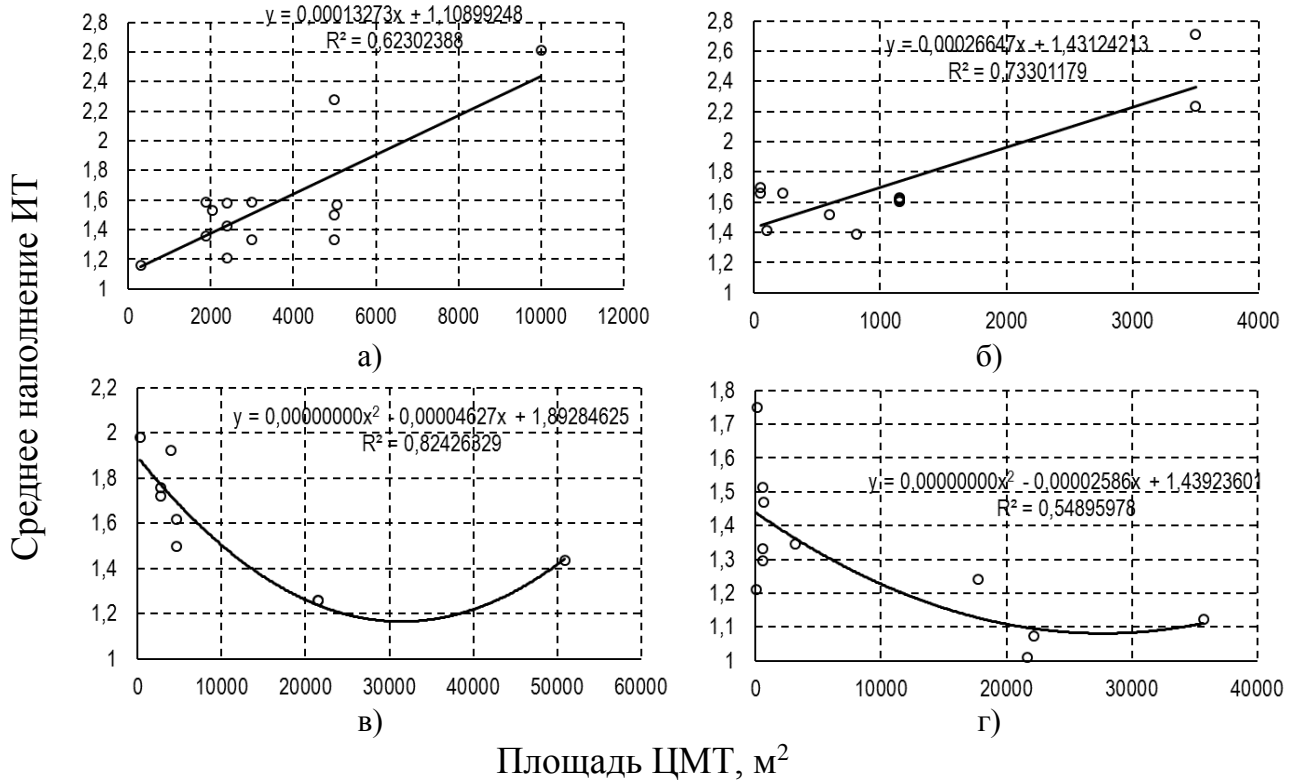


Рис. 2.36 – Зависимость среднего наполнения ИТ от площади ЦМТ: а – зоны отдыха и развлечений; б – розничная торговля (продовольственные товары код 21); в – розничная торговля (торгово-развлекательные центры код 22); г – службы сервиса

Влияние средней продолжительности паркирования заметно только на объектах сервиса, причем в данном контексте продолжительность паркирования характеризует продолжительность обслуживания, и чем она выше, тем меньше наполнение ИТ (рис. 2.35 б). Для ЦМТ (рис. 2.36 «в» и «г»)) такая зависимость проявляется в квадратичной форме.

Таким образом, наибольшее влияние на наполнение ИТ оказывает доля посетителей на ИТ, удаленность ЦМТ от центра города, площадь ЦМТ. Для выявления доли влияния каждого из перечисленных факторов и их значимости необходимо проводить регрессионно-корреляционный анализ, проведенный в Главе 4.



## 2.4. Математическое описание транспортного спроса на основе количественных характеристик функционирования урбанизированных территорий

Инструментарий, позволяющий проводить оценку транспортного спроса, должен включать в себя по возможности наименьшее количество труднодоступных параметров, которые непостоянны во времени или с учетом динамичности городской среды, вкусов и предпочтений горожан, которые могут претерпевать значительные изменения, но и обладать достаточно высокой точностью, особенно это важно при оценке транспортного спроса к локальным ЦМТ в виде отдельно стоящих зданий, торговых центров и т.п. Исходя из определения транспортного спроса (п. 1.1) следует, что максимально точно необходимо определить количество посетителей за рассматриваемый промежуток времени. Для практических целей особенно важно знать объем посетителей именно в пиковые периоды с учетом распределения поездок на ИТ и без него, что позволит учесть потребное число парковочных мест, пропускную способность запрашиваемого(щих) пересечения(ний), потребное число каналов обслуживания (например, касс в супермаркете), в целом оценить влияние ЦМТ на прилегающую УДС и установить уровень обслуживания движения. Таким образом, концептуальная модель оценки транспортного спроса к отдельным ЦМТ будет выглядеть следующим образом:

$$E_{\text{ЦМТ}} = (a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots a_ix_i \dots a_kx_k), \quad (2.26)$$

где  $a_1, a_2, a_i, a_k$  – коэффициенты регрессии (пропорциональности);  $x_1, x_2, x_i, x_k$  – факторы, влияющие на число корреспонденций. Причем для каждого отдельно взятого типа ЦМТ набор факторов может отличаться. Учитывая три основных фактора, характеризующих расположение ЦМТ, математическая модель оценки транспортного спроса на микроуровне будет выглядеть следующим образом:

$$E_{\text{ЦМТ}} = a_0 + a_1S_i + a_2l_c + a_3l_m, \quad (2.27)$$

где  $a_0, a_1, a_2, a_3$  – коэффициенты пропорциональности, корр/сут, корр/сут м<sup>2</sup>, корр/сут м, корр/сут м, соответственно;  $S_i$  – площадь ЦМТ, м<sup>2</sup>;  $l_c$  – расстояние от центра города, м;  $l_m$  – удаленность от магистральной улицы, м.

При выявлении транспортного спроса к ТРР, т.е. расчета ёмкости по прибытию и отправлению, важными аспектами являются коэффициенты суточной неравномерности (суточного максимума), позволяющие перейти от суточного значения к часовому, генерирующая способность ЦМТ расположенных в каждом из транспортных расчетных районов, параметры расположения ЦМТ (площадь, удаленность от центра города, магистральной улицы и др.). Как правило, периферийные транспортные расчетные районы имеют один доминирующий тип ЦМТ (жилье, промзона, рекреационные зоны), выявление генерирующей способности в таком случае не представляет труда,

Городская территория часто представляет из себя конгломерат городских функций, таких как жильё, культура, торговля, образование и др. В такой ситуации оценка генерирующей способности, рассматриваемой территории может быть осуществлена по её средневзвешенному значению. Концептуальная модель транспортного спроса (ёмкости транспортных расчетных районов) будет выглядеть:

$$E_{\text{ТРР}} = f_1(G, S, l_c, l_m, x_1, \dots, x_n) + f_2(G, S, l_c, l_m, x_1, \dots, x_n) + f_n(G, S, l_c, l_m, x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n f_i(G, S, l_c, l_m, x_1, \dots, x_n), \quad (2.28)$$

где  $f_1, f_2, f_n$  – функция от рассматриваемых факторов;  $G$  – удельная генерация корреспонденций, чел/м<sup>2</sup>;  $S$  – площадь ЦМТ соответствующего типа, м<sup>2</sup>;  $l_c$  – расстояние от центра города, м;  $l_m$  – удаленность от магистральной улицы, м;  $x_1, x_2, x_n$  – факторы, влияющие на ёмкость транспортного расчетного района. Важно отметить, что ряд представленных факторов является обязательным ( $G, S$ ), поскольку из предварительного анализа факторов, влияющих на транспортный спрос, понятно, что они проявляют основное влияние в большинстве ЦМТ на долю других факторов, в зависимости от типа ЦМТ приходится оставшийся объясняющий эффект. Учитывая эмпирическое выражение 1.25, а также зависимости, отражающие величину транспортного спроса к отдельным ЦМТ, математическая модель оценки транспортного спроса на мезо (макро) уровне (ёмкости транспортных расчетных районов) будет выглядеть следующим образом:

$$E_{\text{ТРР}} = 4758,2 + (0,79(0,018S_{12,13} + 0,18 \cdot l_c - 590)) + (0,71S_{14}G_{14}) +$$

$$+(0,85S_{35}G_{35}) + (0,50(0,73 \cdot S_{21})) + (0,65(152+0,1 \cdot S_4)) , \quad (2.29)$$

где  $S_{12,13}$ ,  $S_{14}$ ,  $S_{35}$ ,  $S_{21}$ ,  $S_4$  – площадь ЦМТ, соответственно: жилья средней и высокой этажности, м<sup>2</sup>; жилья с участком земли м<sup>2</sup>; учебных заведений ВПО (институты, академии, университеты), м<sup>2</sup>; торгово-развлекательных центров, офисов, м<sup>2</sup>;  $l_c$  – ЦМТ от центра города, м;  $G_{14}$ ,  $G_{35}$  – удельная генерация корреспонденций, чел/м<sup>2</sup>, соответственно, жилья с участком земли, учебных заведений ВПО.

На практике часто возникает необходимость в прогнозировании известных в транспортной науке критериев качества транспортного обслуживания или организации дорожного движения, для чего и необходимы математические модели. Например, при оценке качества транспортного обслуживания посетителей крупного ЦМТ можно оценивать и прогнозировать интенсивность ИТ в запрашиваемых сечениях, что позволит своевременно уже на стадии проектирования избежать существенных задержек и аварийности на таких пересечениях. Математическая модель прогнозирования интенсивности ИТ на основе эмпирических зависимостей оценки транспортного спроса ЦМТ и его количественных характеристик представлена выражением [17]:

$$N_{ИТ} = E_{ЦМТ} \cdot \frac{d_{ИТ}}{P_{ИТ}} \cdot k_{сн} , \quad (2.30)$$

где  $d_{ИТ}$  – доля посетителей на ИТ в рассматриваемый час;  $P_{ИТ}$  – среднее наполнение ИТ, чел.;  $k_{сн}$  – коэффициент суточной неравномерности для рассматриваемого часа.

Примечательно отметить, что первый множитель олицетворяет транспортный спрос, выраженный числом корреспонденций в течение суток, второй множитель, представленный отношением доли ИТ к среднему наполнению ИТ, показывает интенсивность ИТ в течение суток, и третий множитель  $k_{сн}$  показывает интенсивность ИТ за интересующий час, как правило, пиковый.

## 2.5. Математическое описание организации движения ТС на основе оценки транспортного спроса к ЦМТ

Организация дорожного движения (ОДД), в соответствии с 196 ФЗ – это комплекс организационно-правовых, организационно-технических мероприятий и распорядительных действий по управлению движением на дорогах, «направленный на обеспечение безопасности дорожного движения. Одним из видов ОДД является проектная деятельность по оптимизации дорожного движения автотранспорта и пешеходов. Дорожное проектирование используется при строительстве новых, а также при проведении ремонтно-восстановительных работ старых дорог». Часто мероприятия по совершенствованию ОДД применяются для снижения аварийности на опасных дорожных участках. Но имеются и другие условия, при которых необходима разработка ПОД, например, при размещении новых или реконструкции существующих ЦМТ, способных оказать существенное изменение пропускной способности и или уровня загрузки, прилегающей УДС и, в первую очередь, запрашивающего эти ЦМТ пересечения.

В зависимости от масштабов ЦМТ, транспортного спроса, доли посетителей на ИТ, интенсивности транспортных потоков на конфликтующих направлениях, запрашивающие пересечения могут быть нерегулируемые и регулируемые. Оценка основных параметров функционирования пересечений может осуществляться на основании разработанных методик, в частности, на основании методических рекомендаций по оценке пропускной способности автомобильных дорог [129].

### 2.5.1. Математическое описание уровня обслуживания движения

Уровень обслуживания движения – понятие, плотно закрепившиеся в отечественных нормативных документах относительно недавно, и связано это, прежде всего, с развитием автомобилизации, увеличением числа типов подвижного состава и, соответственно, необходимостью организации дорожного движения при весьма широком спектре факторов и дорожных условий. Рассматриваемое понятие

является производной основных характеристик функционирования элементов УДС и, прежде всего, пересечений. К таким характеристикам относят коэффициент (уровень) загрузки  $z = N/P$ , где  $N$  – интенсивность движения, авт/ч;  $P$  – фактическая (практическая) пропускная способность, авт/ч; коэффициент скорости движения  $c = V_z/V_0$  где  $V_z$  – средняя скорость движения при рассматриваемом уровне обслуживания, км/ч;  $V_0$  – скорость движения в свободных условиях при уровне обслуживания  $A$ , км/ч; и коэффициент насыщения загрузки  $p = q_z/q_{max}$ , где  $q_z$  – интенсивность движения, авт/ч;  $q_{max}$  – фактическая (практическая) пропускная способность, авт/ч. Для оценки уровня обслуживания на УДС и её элементов, специалистам в области ОДД, ОБД, транспортным инженерам вполне достаточно перечисленных характеристик, однако в случаях с принятием решений на политическом, административном и уровнях бизнес-сообществ необходима более простая интерпретация уровня обслуживания, сводящаяся к некоторой шкале с кратким описанием процесса движения (табл. 2.18).

Таким образом, задача оценки уровня обслуживания движения сводится к определению основных характеристик дорожного движения, а для пересечений наиболее подходящей характеристикой является коэффициент загрузки. Если интенсивность движения ИТ по направлению к или от ЦМТ в рассматриваемом случае является определяемой транспортным спросом, то пропускная способность должна оцениваться существующими методиками для конкретных условий, которые можно разделить по типам пересечений: регулируемые и не регулируемые.

Для оценки целесообразности применения светофорного регулирования на пересечении, запитывающем ЦМТ, следует использовать нормативную литературу [34], основным условием которой является критическое соотношение интенсивностей ТС и пешеходов в конфликтующих направлениях. Методика оценки пропускной способности описана в литературном источнике [129].

## 2.5.2. Математическое описание коэффициента загрузки нерегулируемых пересечений

Модель оценки пропускной способности нерегулируемых пересечений представлена выражением [129]:

$$P_{\Pi} = N_{\text{гл}} \left( A \frac{e^{-\beta_{q_1} \cdot \gamma \cdot \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_1 \cdot \gamma \cdot \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_{q_2} \cdot \gamma \cdot \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_2 \cdot \gamma \cdot \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_{q_3} \cdot \gamma \cdot \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_3 \cdot \gamma \cdot \delta t}} \right), \quad (2.31)$$

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;  $A = \epsilon_{\text{м}} - \epsilon_{\text{п}}$  – 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;  $\delta t$  – интервал между выходами автомобилей из очереди на второстепенной дороге, с;  $\beta_{q_1}, \beta_{q_2}, \beta_{q_3}$  – коэффициенты, характеризующие плотность потока автомобилей;  $A + B + C = 1$ .

Таким образом, учитывая выражение 2.30 и 2.31, коэффициент загрузки  $z$  для нерегулируемых пересечений будет выглядеть следующим образом:

$$Z = \frac{E_{\text{ЦМТ}} \cdot \frac{d_{\text{ит}}}{P_{\text{ит}}} \cdot k_{\text{сн}}}{N_{\text{гл}} \left( A \frac{e^{-\beta_{q_1} \cdot \gamma \cdot \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_1 \cdot \gamma \cdot \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_{q_2} \cdot \gamma \cdot \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_2 \cdot \gamma \cdot \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_{q_3} \cdot \gamma \cdot \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_3 \cdot \gamma \cdot \delta t}} \right)}. \quad (2.32)$$

Пример оценки коэффициента загрузки и связанного с ним уровня обслуживания приведен в разделе 4.7. В целом следует отметить высокую насыщенность модели 2.32 факторами, учитывающими наличие связанных частей транспортного потока «пачек», уклонов, плотность потока и др., что, по мнению автора, является отражением интервалов между транспортными средствами в главном потоке. В зависимости от этих интервалов, скорости движения главного потока, а также интервалов времени между транспортными средствами во второстепенном потоке и будет зависеть пропускная способность второстепенного направления на нерегулируемом пересечении. Таким образом, методика, учитывающая преимущественно перечисленные факторы, представлена в работах [232, 161, 188, 217].

Таблица 2.18 Уровень обслуживания движением [129]

Уровень обслуживания движения	Коэффициент загрузки $\alpha$	Коэффициент скорости движения $\beta$	Коэффициент	Характеристика потока автомобилей	Состояние потока	Эмоциональная нагрузка водителя	Удобство работы водителя	Экономическая эффективность работы дороги
A	$<0,20$	$>0,90$	$<0,10$	автомобили движутся в свободных условиях, взаимодействие между автомобилями отсутствует	свободное движение одиночных автомобилей с большой скоростью	низкая	удобно	неэффективная
B	0,20-0,45	0,70-0,90	0,10-0,30	автомобили движутся группами, совершается много обгонов	движение автомобилей малыми группами (2-5 шт.); обгоны возможны	нормальная	мало удобно	мало эффективная
C	0,45-0,70	0,55-0,70	0,30-0,07	в потоке еще существуют большие интервалы между автомобилями, обгоны запрещены	движение автомобилей большими группами (5-14 шт.); 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	неэффективная
E	0,90-1,00	$<0,40$	1,00	поток движется с остановками, возникают заторы, режим пропускной способности	плотное	очень высокая	очень неудобно	неэффективная
F	$>1,00$	0,30	1,00	полная остановка движения, заторы	сверхплотное	крайне высокая	крайне неудобно	неэффективная

Водитель принимает решение въехать на нерегулируемый перекресток, находясь на подходе к перекрестку и двигаясь во второстепенном направлении, которое зависит от величины временного интервала между двумя следующими друг за другом транспортными средствами в главном направлении. Если водитель считает один из таких интервалов приемлемым, он начинает движение, если же ему интервал покажется слишком маленьким – он будет ждать приемлемого интервала. В случае, если водитель ожидает слишком долгое время, то может оказаться так, что в итоге за приемлемый он посчитает интервал, который будет меньше, чем один из тех, которые он уже пропустил.

Временной интервал, который необходим водителю, чтобы начать движение во второстепенном направлении, называется граничным интервалом.

На данном этапе при расчетах следует учесть, что на всех подходах к перекрестку каждая группа движения (налево прямо и направо) осуществляет движение по выделенной полосе, пока еще без учета реальной организации движения и числа полос на подходах (рис. 2.37). Принцип движения на нерегулируемом пересечении в соответствии с правилами дорожного движения (ПДД) и расстановкой рангов заключается в том, что чем меньше значение ранга, тем выше приоритет по проезду пересечения имеет транспортный поток.

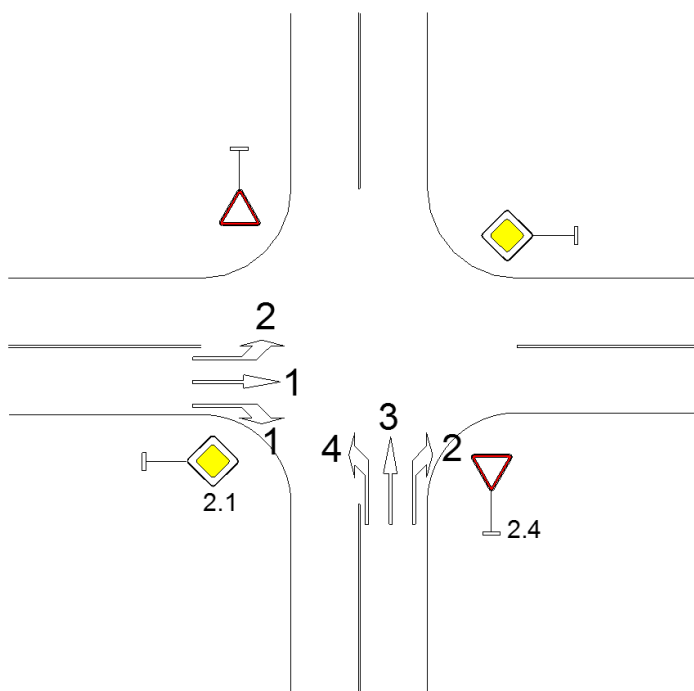


Рис 2.37 – Схема движения транспортных потоков (1–4 ранга) на нерегулируемом пересечении



Например, потоки первого ранга не уступают никому, как правило, они двигаются по дороге, обозначенной знаком 2.1 «Главная дорога» в прямом или правоповоротном направлении. Второй ранг вынужден уступать дорогу первому (из главного направления налево и из второстепенного направо). Третий ранг подразумевает проезд прямо из второстепенного направления и вынужден уступать дорогу первому и второму рангу. Четвертый же ранг (налево из второстепенного направления) уступает дорогу всем (1, 2 и 3 рангу), его пропускная способность наиболее низкая.

Пропускная способность потоков первого ранга при идеальных условиях (отсутствие левых и правых поворотов, припаркованных транспортных средств на крайней правой полосе, продольных кривых и кривых в плане и др.) может быть приравнена к идеальному потоку насыщения (примерно 1900 авт/ч). При расчете пропускной способности потоков первого ранга (из главного направления направо, помимо перечисленных коэффициентов, принимаются коэффициенты, учитывающие наличие пешеходного движения, остановок общественного транспорта, парковки на крайней правой полосе).

Пропускная способность потоков второго ранга оценивается базовой пропускной способностью, которая рассчитывается для всех рангов отличных от первого (2, 3 и 4 ранга). Следует отметить, что базовая пропускная способность учитывает влияние потоков только первого ранга и именно по этой причине пропускная способность потоков второго ранга равна их базовой пропускной способности. Расчёт осуществляется по выражению [232]:

$$G_i = \frac{3600}{t_f} e^{-\frac{q_p}{3600} \left( t_g - \frac{t_f}{2} \right)}, \quad (2.33)$$

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 (табл. 2.19), с;  $t_f$  – средний интервал следования (табл. 2.20), с.

Таблица 2.19

## Средний граничный интервал [232]

Направление	Средний граничный интервал $t_g$ , с				в городе
	вне города				
	вне зон агломераций		внутри зон агломераций		
	Поток направо				
	присутствует	отсутствует	присутствует	отсутствует	
Налево из главного направления	6,4	5,9	6,0	5,5	5,5
Направо из второстепенного направления	7,3		6,5		6,5
Прямо из второстепенного направления	7,0		6,5		6,5
Налево из второстепенного направления	7,4		6,6		6,6
Прямо и налево из второстепенного направления для случая одностороннего движения	6,2		5,6		5,6

С увеличением плотности транспортного потока средний граничный интервал уменьшается. Средний граничный интервал принимается на основании натурных исследований на нерегулируемых пересечениях.

Для определения пропускной способности потока 3-го ранга необходимо определить вероятность того, что поток 2-го ранга будет двигаться беспрепятственно:

Таблица 2.20

## Средний интервал следования [232]

Направление	Средний интервал следования $t_f$ , с		
	вне города		в городе
	Поток направо		
	присутствует	отсутствует	
Налево из главного направления	2,9	2,6	
Направо из второстепенного направления	3,1	3,1	3,7
Прямо из второстепенного направления	3,5	3,5	4,0
Налево из второстепенного направления	3,4	3,4	3,8
Прямо и налево из второстепенного направления для случая одностороннего движения	3,4	3,4	3,8

$$p = 1 - \frac{N}{c}, \quad (2.34)$$

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.

Вероятность беспрепятственного движения потока 2-го ранга рассчитывается для каждого подхода. Пропускная способность потока 3-го ранга определяется, исходя из формулы:

$$c_3 = \prod_{i=1}^n p_{02i} G_3, \quad (2.35)$$

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

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

$$c_4 = \prod_{i=1}^n p_{02i} \prod_{j=1}^m p_{03j} G_4, \quad (2.36)$$

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.

В методике оценки пропускной способности нерегулируемых пересечений важно помнить о том, что пропускная способность каждого направления рассчитывается с учетом того, что каждое направление (транспортный поток) движется по выделенной полосе. Здесь не учитываются взаимные помехи (задержки), возникающие в результате объединения потоков разных рангов в одну или несколько физических полос на подходе. Как правило, второстепенные подходы имеют не более одной полосы движения на подходе, а главные не более двух (рис. 2.38). Частным случаем выявления эффективности нерегулируемого пересечения является определение пропускной способности смешанной полосы движения (рис. 2.39).

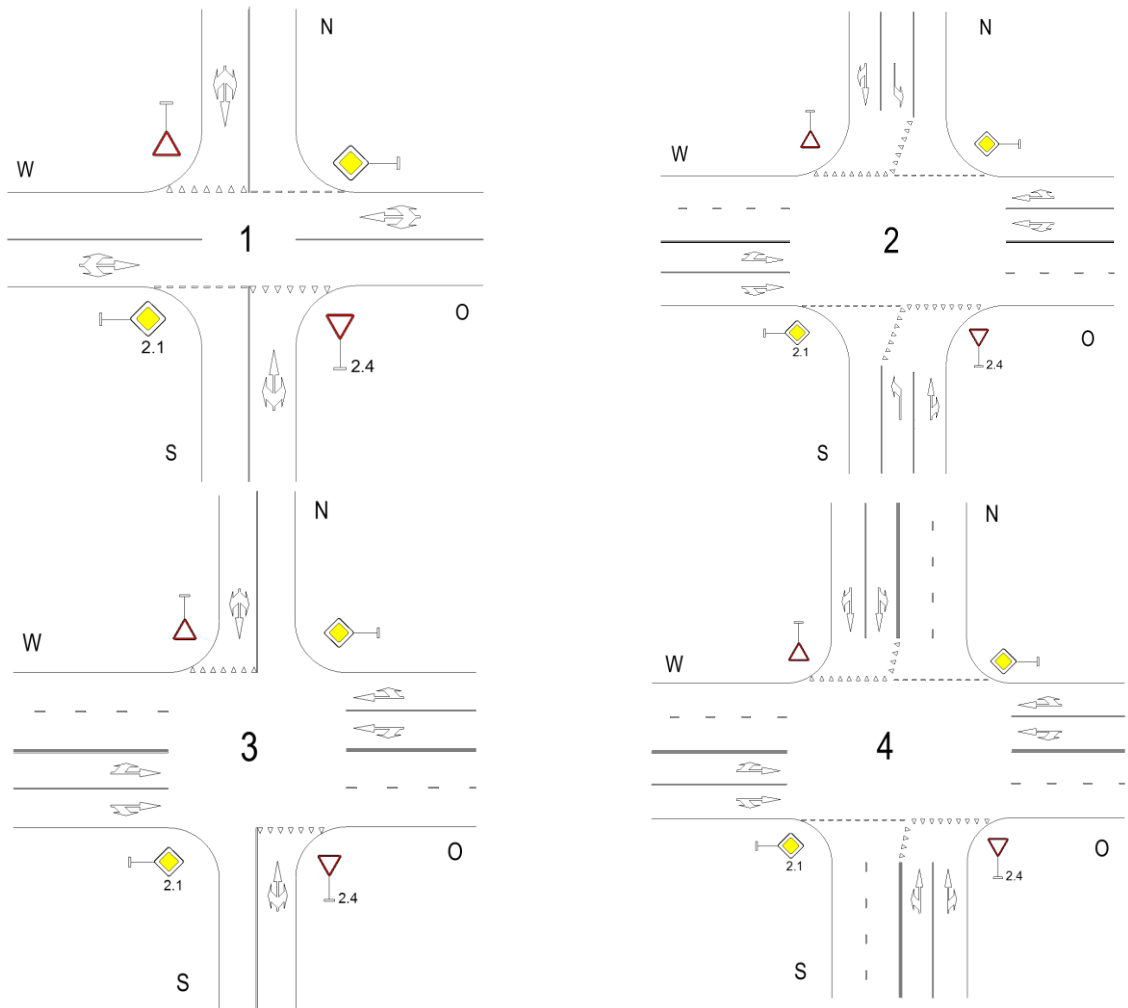


Рис. 2.38 – Возможные варианты организации движения на нерегулируемом пересечении

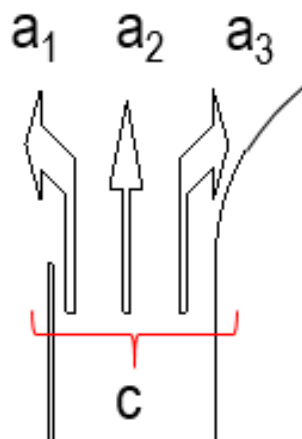


Рис. 2.39 – Смешанная полоса движения на нерегулируемом пересечении

Пропускная способность смешанной полосы определяется по следующей формуле:

$$c = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{a_i}{c_i}}, \quad (2.37)$$

где  $c$  – пропускная способность смешанной полосы, ед/ч;  $a_i$  – доля  $i$ -го потока в сумме всех  $n$  потоков на рассматриваемой полосе;  $c_i$  – пропускная способность  $i$ -го направления, ед/ч.

Таким образом, учитывая 2.32–2.37, коэффициент загрузки  $i$ -го потока можно представить выражением:

$$z = \frac{E_{цмт} \cdot \frac{d_{ум}}{P_{ум}} \cdot k_{сч} \cdot k_d}{1 + \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{\left( \frac{3600}{t_f} e^{-\frac{q_p}{3600} \left( t_s - \frac{t_f}{2} \right)} \right) \cdot \left( \left( \prod_{i=1}^n 1 - \frac{N_i}{c_{02i}} \right) \cdot \left( \prod_{j=1}^m 1 - \frac{N_j}{c_{03i}} \right) \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^n N_i \right)}}$$

$$z = \frac{E_{цмт} \cdot \frac{d_{ум}}{P_{ум}} \cdot k_{сч} \cdot k_d}{1 + \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{\left( \frac{3600}{t_f} e^{-\frac{q_p}{3600} \left( t_s - \frac{t_f}{2} \right)} \right) \cdot \left( \left( \prod_{i=1}^n 1 - \frac{N_i}{c_{02i}} \right) \cdot \left( \prod_{j=1}^m 1 - \frac{N_j}{c_{03i}} \right) \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^n N_i \right)}}$$

После промежуточных преобразований, данная зависимость будет выглядеть:

$$z = \left( E_{цмт} \cdot \frac{d_{ум}}{P_{ум}} \cdot k_{сч} \cdot k_d \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{\left( \frac{3600}{t_f} e^{-\frac{q_p}{3600} \left( t_s - \frac{t_f}{2} \right)} \right) \cdot \left( \prod_{j=1}^m 1 - \frac{N_{02j}}{c_{02j}} \right) \cdot \left( \prod_{j=1}^m 1 - \frac{N_{03j}}{c_{03j}} \right) \cdot \left( E_{цмт} \cdot \frac{d_{ум}}{P_{ум}} \cdot k_{сч} \cdot k_d \right)} \right)$$

Учитывая, что параметр  $N_i$  – олицетворяет интенсивность убывающего транспортного потока, то его можно представить в виде основных параметров функционирования ЦМТ:  $N_i = E_{цмт} \cdot \frac{d_{ум}}{P_{ум}} \cdot k_{сч}^{\gamma_0} \cdot k_d$ , таким образом, уровень загрузки подхода на нерегулируемом пересечении будет выглядеть:

$$z = \sum_{i=1}^n \frac{E_{um} \cdot \frac{d_{um}}{P_{um}} \cdot k_{cu}^{y_{\bar{b}}} \cdot k_d}{\left( \frac{3600}{t_f} e^{-\frac{q_p}{3600} \left( t_g - \frac{t_f}{2} \right)} \right) \cdot \left( \prod_{j=1}^m 1 - \frac{N_{02j}}{c_{02j}} \right) \cdot \left( \prod_{j=1}^m 1 - \frac{N_{03j}}{c_{03j}} \right)}, \quad (2.38)$$

где  $q_p$  – интенсивность транспортного потока 1 ранга, конфликтующего с рассматриваемым направлением движения, авт/ч;  $k_d$  – коэффициент, учитывающий долю транспортного потока, распределяемого между пересечениями, рассматриваемого ЦМТ (при одном пересечении  $k_d=1$ );  $k_{cu}^{y_{\bar{b}}}$  – коэффициент суточной неравномерности по убытию;  $n$  – число транспортных потоков в группе движения;  $t_g$  – средний граничный интервал, с;  $t_f$  – средний интервал следования, с;  $N_{02j}$  – интенсивность транспортного потока второго ранга, конфликтующего с рассматриваемым направлением движения, авт/ч (при отсутствии исключается);  $N_{03j}$  – интенсивность транспортного потока третьего ранга, конфликтующего с рассматриваемым направлением движения, авт/ч (при отсутствии исключается);  $c_{02j}$  и  $c_{03j}$  – пропускная способность транспортного потока второго и третьего рангов, соответственно, конфликтующих с рассматриваемым направлением движения, авт/ч (при отсутствии исключается);  $m$  – число транспортных потоков второго и третьего рангов, соответственно, конфликтующих с рассматриваемым направлением движения. Подробный расчет по предлагаемой методике приведен в разделе 4.7. Наличие или отсутствие конфликта определяется исходя из схемы ОДД. Пример оценки влияния потоков отличных от первого ранга приведен на рисунке 2.40.

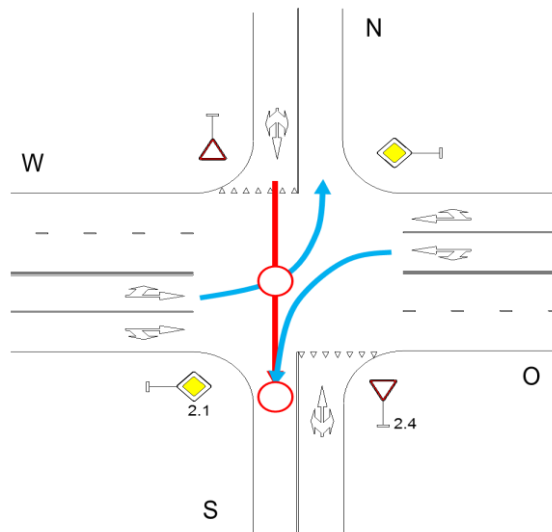


Рис. 2.40 – Конфликтные точки потока третьего ранга NS с потоками второго ранга OS и WN

В рассматриваемом примере поток третьего ранга имеет две конфликтные точки с потоками второго ранга, которые следует учитывать в зависимости 2.38 при расчете коэффициента загрузки.

### 2.5.3. Математическое описание коэффициента загрузки регулируемых пересечений

Учитывая методику, приведенную в методических рекомендациях по оценке пропускной способности автомобильных дорог [129], математический аппарат по оценке пропускной способности регулируемых пересечений будет представлен рядом формул:

➤ пропускная способность группы полос:

$$P_{ij} = \frac{S_{ij} \cdot G_i}{C}, \quad (2.39)$$

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:

$$S = S_0 \cdot n \cdot f_{ш} \cdot f_y \cdot f_{п} \cdot f_a \cdot f_T \cdot f_H \cdot f_{ш} \cdot f_{лп} \cdot f_{лпеш} \cdot f_{пеш}, \quad (2.40)$$

где  $S_0$  – идеальный поток насыщения, прив. авт/ч;  $n$  – количество полос движения в составе группы;  $f_{ш}$  – коэффициент, учитывающий ширину полосы движения;  $f_y$  – коэффициент, учитывающий продольные уклоны;  $f_{п}$  – коэффициент, учитывающий наличие уличных стоянок;  $f_a$  – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые останавливающимися на остановках автобусами;  $f_T$  – коэффициент, учитывающий тип территории;  $f_H$  – 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;  $f_{\text{Ппеш}}$  – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте направо.

➤ длительность цикла регулирования:

$$C = \frac{(1,5L+5)}{(1-\sum_{i=1}^n y_i)} \quad , \quad (2.41)$$

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

➤ фазовый коэффициент:

$$y_i = \max\left(\frac{N_{ij}}{S_{ij}}\right), \quad (2.42)$$

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:

$$G_i = \frac{y_i}{\sum_{i=1}^n y_i} \cdot \sum_{i=1}^n G_i \quad , \quad (2.43)$$

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

$$\sum_{i=1}^n G_i = C - L. \quad (2.44)$$

Таким образом, учитывая математический аппарат по оценке пропускной способности группы полос на регулируемом пересечении, учитывая 2.30, 2.39–2.44, можно представить соответствующую модель оценки уровня загрузки:

$$z = \frac{E_{\text{ЦМТ}} \cdot \frac{d_{\text{ИТ}}}{P_{\text{ИТ}}} \cdot k_{\text{сн}}}{(S_0 n f_{\text{ш}} f_{\text{у}} f_{\text{п}} f_{\text{а}} f_{\text{т}} f_{\text{н}} f_{\text{ш}} f_{\text{лп}} f_{\text{лпеш}} f_{\text{ппеш}}) \cdot \left( \frac{\frac{N_{ij}}{S_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \frac{N_{ij}}{S_{ij}}} \cdot \sum_{i=1}^n G_i \right)}{\left( \frac{(1,5L+5)}{(1-\sum_{i=1}^n (\frac{N_{ij}}{S_{ij}}))} \right)}$$

В результате математических преобразований модель оценки уровня загрузки приобретает вид:



$$z = \frac{(E_{\text{ЦМТ}} \cdot \frac{d_{\text{ИТ}}}{P_{\text{ИТ}}} \cdot k_{\text{сн}})(1,5L + 5)}{(S_0 n f_{\text{ш}} f_{\text{у}} f_{\text{п}} f_{\text{а}} f_{\text{т}} f_{\text{н}} f_{\text{ш}} f_{\text{лп}} f_{\text{лпеш}} f_{\text{ппеш}}) \cdot \left( \frac{\frac{N_{ij}}{S_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \frac{N_{ij}}{S_{ij}}} \cdot \sum_{i=1}^n G_i \right) \cdot \left( 1 - \sum_{i=1}^n \left( \frac{N_{ij}}{S_{ij}} \right) \right)}$$

$$z = \frac{(E_{\text{ЦМТ}} \cdot \frac{d_{\text{ИТ}}}{P_{\text{ИТ}}} \cdot k_{\text{сн}})(1,5L + 5)}{(S_0 n f_{\text{ш}} f_{\text{у}} f_{\text{п}} f_{\text{а}} f_{\text{т}} f_{\text{н}} f_{\text{ш}} f_{\text{лп}} f_{\text{лпеш}} f_{\text{ппеш}}) \cdot \left( \frac{N_{ij} \cdot \sum_{i=1}^n G_i}{\left( \sum_{i=1}^n \frac{N_{ij}}{S_{ij}} \right) \cdot (S_{ij})} \right) \cdot \left( 1 - \sum_{i=1}^n \left( \frac{N_{ij}}{S_{ij}} \right) \right)}$$

$$z = \frac{(E_{\text{ЦМТ}} \cdot \frac{d_{\text{ИТ}}}{P_{\text{ИТ}}} \cdot k_{\text{сн}}) \cdot (1,5L + 5)}{\left( \frac{N_{ij} \cdot \sum_{i=1}^n G_i}{\left( \sum_{i=1}^n \frac{N_{ij}}{S_{ij}} \right)} \right) \cdot \left( 1 - \sum_{i=1}^n \frac{N_{ij}}{S_{ij}} \right)}$$

$$z = \frac{(E_{\text{ЦМТ}} \cdot \frac{d_{\text{ИТ}}}{P_{\text{ИТ}}} \cdot k_{\text{сн}})(1,5L + 5)}{\left( \frac{N_{ij} \cdot \left( \frac{1,5L + 5}{\left( 1 - \sum_{i=1}^n \frac{N_{ij}}{S_{ij}} \right)} - L \right)}{\sum_{i=1}^n \frac{N_{ij}}{S_{ij}}} \right) \cdot \left( 1 - \sum_{i=1}^n \frac{N_{ij}}{S_{ij}} \right)}$$

окончательный вид математического выражения уровня загрузки:

$$z = \frac{(1,5L + 5) \cdot \left( \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{S_i} \right)}{\left( \frac{1,5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^n \max \frac{N_i}{S_i}} - L \right) \cdot \left( 1 - \sum_{i=1}^n \max \frac{N_i}{S_i} \right)},$$

(2.45)

где  $E_{\text{ЦМТ}}$  – транспортный спрос у центра массового тяготения, корр/сут;  $d_{\text{ИТ}}$  – доля посетителей на ИТ в рассматриваемый час;  $P_{\text{ИТ}}$  – среднее наполнение ИТ, чел.;  $k_{\text{сн}}$  – коэффициент суточной неравномерности для рассматриваемого часа;  $L$  – продол-

жительность потерянного времени в цикле, с;  $N_i$  – интенсивность ИТ, рассматриваемой группы полос ед/ч;  $S_i$  – поток насыщения, авт/ч;  $n$  – число фаз;  $k_d$  – коэффициент, учитывающий долю транспортного потока, распределённого между пересечениями ЦМТ.

Следует особенно отметить, что представленная модель (2.45) требует от проектировщика только тех исходных данных, которые являются общедоступными, например, геометрические параметры запрашиваемого пересечения, площадь ЦМТ и его удаленность от центра города. Пример расчета уровня загрузки и определение уровня обслуживания движения приводится в разделе 4.7.

Выводы по главе:

1. В процессе создания городов и всеобщей глобализации наряду с положительными экономическим, технологическим и другими эффектами наблюдается рост и усугубление негативных факторов, сопровождающих рост и развитие крупных и крупнейших городов. Одним из таких негативных факторов является трудность сообщения в городах и зонах их влияния, что в свою очередь требует разработки соответствующих подходов (методов) к планированию и реализации одной из основных функций территорий – своевременное и полное удовлетворение потребности в перевозках.
2. С целью поиска решений в области транспортного планирования необходимо создание классификации существующих ЦМТ, в рамках которых возможно выявление количественных характеристик для математического моделирования транспортных процессов функционирования и взаимодействия территорий. Основными критериями классификации территорий выступает средняя продолжительность посещения территории и их генерирующая способность. Все известные ЦМТ могут быть разделены на 6 укрупненных классов, которые в свою очередь делятся на подклассы, которых насчитывается более 100.

3. Зонирование городской территории в так называемые транспортные расчетные районы является важным этапом транспортного планирования, пересмотр границ которых желательно проводить не реже срока комплексной транспортной схемы (10–15 лет), с использованием ГИС.
4. Зависимость между площадью транспортного расчетного района и его удаленностью от центра города является весьма приближенной. Коэффициент множественной детерминации рассматриваемой зависимости составил 0,5. С удалением на каждый километр от центра города площадь ТРР увеличивается примерно на 27 Га.
5. Изменение функций городской среды (перепрофилирование, уплотнение, точечная застройка) вносят значительные коррективы в перераспределение транспортных потоков на территории города и зоне его влияния, учесть данное перераспределение возможно при выполнении (КТС, КСОД). Кроме того, изменение функций городской среды влечет за собой изменение интенсивности транспортных потоков на прилегающей УДС к таким территориям (ЦМТ).
6. В настоящее время пригороды крупных и крупнейших городов являются весьма динамично развивающимися территориями, прежде всего, с жилой низкоэтажной застройкой, на примере г. Иркутск можно констатировать, что земельный фонд ИЖС, СНТ, ДТН составляет свыше 13 тыс. Га. Существующая транспортная инфраструктура, уровень автомобилизации и прочие факторы, влияющие на суммарное время корреспонденции, определяют радиус доступности зоны влияния города, в частности для г. Иркутск он составляет на ИТ – 16 км, а на ОТ 8 км. Остальные территории лежат за пределами градостроительных норм на передвижения по трудовым целям в один конец.
7. Как правило, детальные транспортные расчеты (матрицы межрайонных корреспонденций, распределение транспортных потоков на магистральной сети города и др.) выполняются в рамках градостроительно-транспортных проектов, однако с целью предварительного (экспресс) анализа необходим инструментарий, позволяющий оценить генерирующую способность ЦМТ с приемлемой точностью

(25–30%). Полученная математическая модель экспресс-оценки генерирующей способности ЦМТ (транспортного расчетного района) позволяет сделать расчет на основе данных о площади ЦМТ и средней высотности зданий (типе ЦМТ).

8. Удельная генерация корреспонденций косвенно отражает привлекательность ЦМТ и лежит в пределах от 0,0005 чел/м<sup>2</sup> (5 чел/Га) до 6 чел/м<sup>2</sup>. В зависимости от типа ЦМТ, дня недели данная величина может существенно варьироваться, в частности, в выходные дни удельная генерация корреспонденций в среднем в 1,66 раза выше, чем в будние дни. Влияние на удельную генерацию корреспонденций оказывает удаленность от центра города.

9. Продолжительность парковки является одним из ключевых показателей функционирования ЦМТ, на её основе оценивается продолжительность пребывания (обслуживания), а также вычисляется потребное число парковочных мест. Диапазон продолжительности парковки лежит в диапазоне от 10 до 350 мин. Исследования продолжительности парковки в городах с разной численностью населения «показали» на необходимость дифференцированного подхода при оценке числа парковочных мест (распространяется только на объекты культурно-бытового назначения).

10. Выявлены зависимости продолжительности парковки от площади ЦМТ и дня недели, в отличие от них, сезонность не влияет на продолжительность парковки.

11. Разработанная математическая зависимость, позволяющая производить расчет потребного числа парковочных мест, требует наличия для рассматриваемого ЦМТ данных (продолжительность парковки, удельная генерация, доля посетителей на ИТ и др.).

12. Коэффициенты суточной неравномерности отражают долю загрузки территории в рассматриваемый час и лежат в диапазоне от 2–5% от суточной нормы до 60%. Наиболее типичные значения коэффициента суточного максима для больших, крупных и крупнейших городов лежат в диапазоне 0,12–0,15.

13. Распределение доли посетителей между ИТ и ОТ является основополагающим фактором организации транспортного обслуживания посетителей ЦМТ. На распределение доли посетителей на ИТ в значительной степени влияют: дальность корреспонденции, цель корреспонденции, транспортная стратегия страны (города), уровень автомобилизации, продолжительность парковки, удаленность от магистральной улицы и от центра города. Наибольшая доля посетителей на ИТ наблюдается в территориях, расположенных на значительном удалении от центра города (ИЖС, СНТ и ДТН доля ИТ 0,804). Влияние сезонности на долю ИТ сказывается на 32%, влияние дня недели не выявлено.

14. Среди ЦМТ с наибольшей долей использования ИТ являются жилые зоны, службы сервиса, промышленные территории, что обусловливается их удаленностью от центра города.

15. Выявленные закономерности между наполнением ИТ и основными факторами, носят преимущественно линейную или квадратичную зависимость, что позволяет определить границы влияния и выявить оптимальные значения влияющих факторов.

16. Расчет ёмкости ТРР необходимо выполнять на основе эмпирической зависимости, включающую количественные характеристики функционирования урбанизированных территорий.

17. Оценивать величину влияния ЦМТ (ОКС) на прилегающую УДС в случае перепрофилирования существующих или введения в эксплуатацию новых следует на основе математических моделей основывающихся, с одной стороны, на методических рекомендациях отраслевого документа по оценке пропускной способности автомобильных дорог, а с другой – на транспортном спросе, возникающем к этому ЦМТ (ОКС).

## ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Натурные исследования проводятся во всех областях науки. Основная цель эксперимента – выявление закономерности, установление новых фактов или выявление влияния окружающих условий. Натурные исследования являются наиболее распространенным способом получения исходных массивов данных для установления зависимости между социально-экономическими или техническими процессами. Однако вместе с этим получение достаточного объема натуральных данных может быть сопряжено с высокой трудоемкостью их получения. В таких случаях исследователю предстоит выполнить оптимизацию натуральных исследований, основанных, как правило, на применении современных технических устройств и электронно-вычислительных комплексов или снизить объем натуральных исследований за счет снижения точности получаемых зависимостей. В большинстве исследований точность принимается на 95% уровне значимости, что несет в себе компромисс между достаточной точностью и необходимым объемом исходных данных.

### 3.1. Выявление общей информации функционирования ЦМТ

В практике очень часто возникают сложности с возможностью применения разного рода исходных данных для оценки степени привлекательности некоторых ЦМТ. Например, ёмкость транспортных расчётных районов, необходимая для получения матрицы межрайонных корреспонденций, в классическом варианте вычисляется из данных либо пенсионного фонда, либо участковых избирательных комиссий, либо других закрытых баз данных. Применение таких данных всегда сопровождается чрезмерной бюрократизацией и возможностью доступа только в случае выполнения инженерно-проектировочных работ на основе официального договора, например, по инициативе администрации города (муниципалитета). Для случаев выполнения научно-изыскательских и опытно-конструкторских работ получить такие данные практически очень сложно. В этой связи возникает необходимость раз-

работки методик, позволяющих проводить оценку ёмкости транспортных расчетных районов, позволяющих выполнять расчет матрицы межрайонных корреспонденций на основе общедоступных данных, например, таких как тип ЦМТ, т.е. характер их функционирования, площадь, как мера количественной оценки; удаленность от центра города (жилого квартала, магистральной улицы и т.п.). Речь идет о применении геоинформационных систем, которые на сегодняшний день предлагают обширный перечень данных о функционировании ЦМТ [36, 74, 245]. Помимо тех данных, которые были перечислены выше, также может быть определена площадь паркирования перед ЦМТ, наличие и удаленность остановочных пунктов, количество входов / выходов ЦМТ и др. Наиболее прогрессивной геоинформационной средой на сегодняшний день в России является среда 2GIS. Получение основных исходных данных о рассматриваемом ЦМТ возможно на основе специально разработанного модуля «Площадь» (рис. 3.1). В сочетании с информацией о этажности здания и в некоторых случаях с указанием плана этажей, этот инструмент становится грозным оружием для получения исходных данных с целью решения проблем транспортного планирования и научных изысканий, связанных с ним.

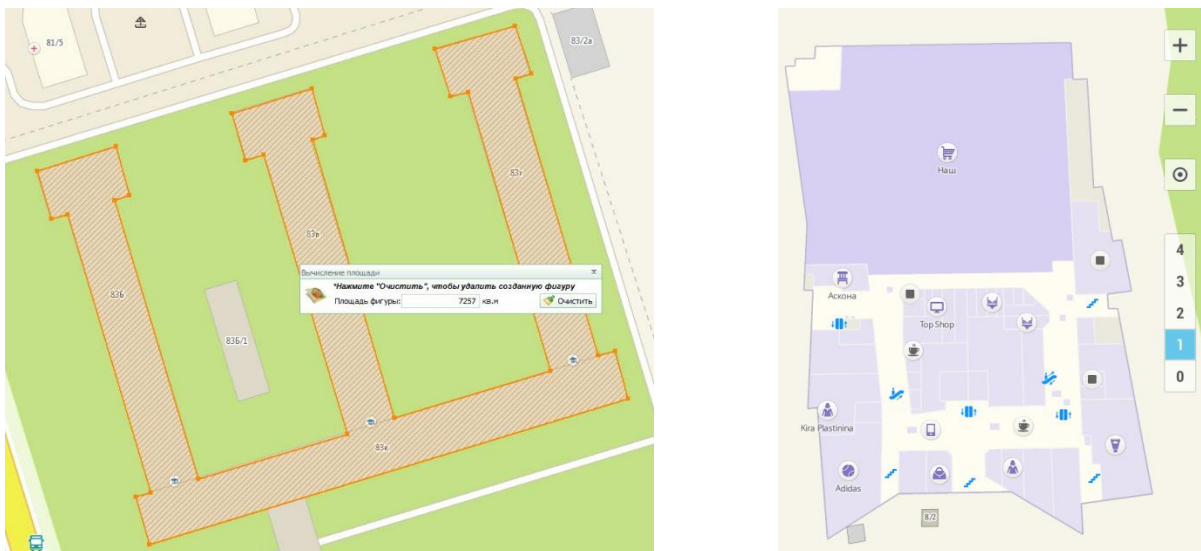


Рис. 3.1 – Сбор исходной информации о площади и типе ЦМТ: слева – вычисление площади основания здания; справа – выявление доли ЦМТ в общей площади ЦМТ

Собранную информацию с помощью 2 GIS целесообразно заносить, в специальную базу данных на основе среды Microsoft Excel (рис. 3.2).

Учет разного типа территории / ЦМТ в одном физическом здании

Произведение площади основания на этажность

Разделение территории города на транспортные расчетные районы

№ зоны	Тип объекта	Код объекта	Улица/микрорайон	Строение /дом	Индекс	Этажность	Площадь прецедии, м2	Площадь других объектов, м2	Площадь прилегающей территории, м2	Суммарная Площадь, м2	Примечание
26	Жилый дом	201	Байкальская	241	664075	4	1230	1020		3900	На первом эта
26	Аптека	809	Байкальская	241	664075	1	210			210	
26	Банк	701	Байкальская	241	664075	1	200			200	
26	Банкомат	702	Байкальская	241	664075	1	50			50	
26	Банкомат	702	Байкальская	241	664075	1	50			50	
26	Банкомат	702	Байкальская	241	664075	1	50			50	
26	Ломбард	704	Байкальская	241	664075	1	55			55	
26	Книжный магазин	814	Байкальская	241	664075	1	330			330	
26	Розничная торговля	822	Байкальская	241	664075	1	75			75	
26	Общежитие	201	Байкальская	241a	664075	5	1635	1215		6960	на первом эта
26	Офис фирмы	710	Байкальская	241a	664075	1	150			150	
26	Салон красоты	910	Байкальская	241a	664075	1	50			50	

Рис. 3.2 – База данных, полученная с помощью среды 2GIS [80]

Таким образом, для исследования привлекательности ЦМТ и последующей оценки ёмкости транспортных расчетных районов были получены необходимые исходные данные с применением среды 2GIS с относительно низкой трудоемкостью исследований.

Одновременно с этим, применение геоинформационных систем может быть расширено и в других приложениях, например, Google Earth. Особенностью применения этого приложения для целей транспортного планирования является возможность визуализации не просто отдельно взятого ЦМТ, но и распределение территории города на расчетные транспортные районы, выделение особого статуса использования территории (промышленность, жилые районы, рекреационные зоны и др.). Такая возможность имеется благодаря встроенным графическим редакторам, позволяющим накладывать линии, полигоны, маршруты, треки и другие элементы (рис. 3.3). Важной особенностью является и тот факт, что выделение какой-либо территории происходит на основе фактических данных её состояния (изменение геометрии УДС, точечного строительства, проведения ремонтных работ и т.п.), в том числе и с возможностью оценки изменений во времени.





Рис. 3.3 – Особенности построения полигонов в среде Google Earth

Важной особенностью использования среды Google Earth является то, что предполагаемые изменения в цвете, стиле и т.п. могут быть применены непосредственно к группе объектов, что в значительной степени снижает трудоемкость представления графических результатов. Следует также упомянуть о сохранении результатов в общераспространенный формат файлов с расширением .kmz или .kml., что позволяет воспользоваться сохраненной информацией практически в любой геоинформационной системе.

С точки зрения технических возможностей, среда Google Earth на сегодняшний день представляет наиболее передовые технологии:

- усовершенствованные средства измерения (расчет площади многоугольников, например, для парковочных мест или участков под строительство, а также окружностей, например, для определения радиуса охвата территории);
- печать в высоком разрешении, допустимые изображения размером до 4800x3200 пикселей;

- эксклюзивные слои данных – демография, недвижимость, транспортные потоки;
- импорт таблиц – возможность добавления до 2500 адресов одновременно, а также присвоения им меток и шаблонов стилей;
- импорт данных ГИС – визуализация векторных файлов ESRI (SHP) и файлов MapInfo (TAB);
- movie maker – экспорт видеофайлов Windows Media и Quicktime в высоком качестве с разрешением до 1920 x 1080 пикселей.

К сожалению, эксклюзивные слои данных (демография, недвижимость) доступны только для США. Наличие актуальной информации о демографии в разбивке по транспортным расчетным районам для городов России позволило бы совершенно на новом качественном уровне выполнять транспортное планирование. Особенно это актуально в наше время, поскольку смена уклада жизни людей, их привычек, новых веяний в моде, устройстве труда и быта меняются чаще, чем в советский период. В наше время наблюдается смена технологий производства и, как следствие, уклад жизни людей меняется чаще, чем продолжительность смены одного поколения, что требует особого «цифрового» подхода к решению текущих задач и планированию новых горизонтов. Также следует упомянуть о цифровой платформе транспорта РФ, которая является одним из кластеров цифровой экономики РФ и основывается на транспортной модели РФ. Последняя реализуется на основании многочисленных имитационных моделей городов и их пригородов, созданных в разное время XXI века. Базовым продуктом реализации цифровой модели РФ принят РТВ Visum. Кроме этого, следует упомянуть и том, что данная модель будет учитывать все виды транспорта, включая авиаперевозки, а также коммерческие грузопотоки, реализуемые на основании договора перевозки.

Другой важной задачей при выявлении исходных данных позиционирования ЦМТ является оценка удаленности рассматриваемого объекта, например, от центра города или магистральной УДС. Вычислить такие данные не составит труда при

наличии указанных выше геоинформационных систем, однако вычисление удаленности по воздушной линии без учета особенностей формирования УДС может существенно снизить точность замеров, с другой стороны, современные ГИС системы позволяют оценивать расстояние (маршруты следования) не только по критерию наименьшего расстояния, но и с точки зрения минимума затрат времени на передвижение. Последний подход учитывает фактическое состояние УДС, категорию улиц и дорог, среднюю скорость сообщения в реальном режиме времени, которая, в свою очередь, как правило, определяется уровнем загрузки. Наглядно уровень загрузки в ГИС системах отражается в качестве бальной системы или дополнительной задержкой, по сравнению со свободными условиями движения (рис. 3.4).

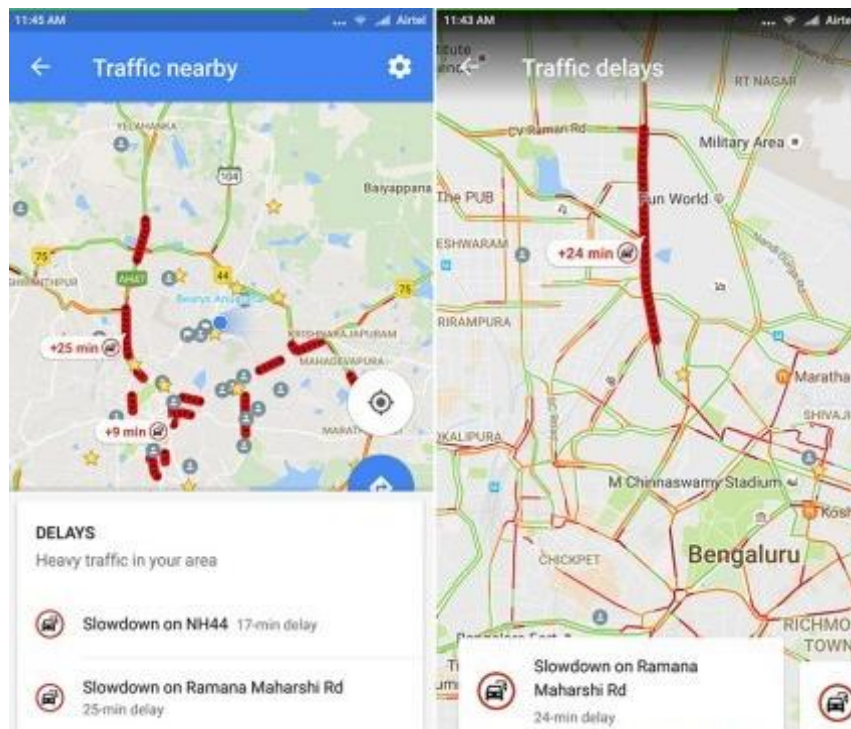


Рис. 3.4 – Оценка задержек на УДС на основе Google maps

Вместе с этим следует упомянуть о необходимости создания матрицы затрат, которая необходима для расчета матрицы межрайонных корреспонденций, являющихся основой транспортного планирования. В качестве исходных данных матрицы затрат, как правило, рассматривают расстояния между центрами транспортных расчетных районов. При наличии транспортной модели города, выполненной

в специальных программных продуктах (VISUM, AIMSUN, и др.), такая матрица затрат может быть рассчитана на основе данных УДС. Однако в случае расчета матрицы межрайонных корреспонденций, без применения указанных программных продуктов, перед инженером возникает необходимость в проведении весьма трудоемких операций, направленных на выявление кратчайших расстояний между центрами ТРР по сети города. Кроме того, при оценке транспортного спроса к отдельным ЦМТ можно использовать коэффициент непрямолинейности для повышения точности. С целью минимизации трудоемкости таких замеров целесообразно замеры проводить по воздушной линии, а полученные замеры трансформировать в расстояния по сети через коэффициент непрямолинейности.

Коэффициент непрямолинейности можно получить на основании данных об удаленности, рассматриваемых ЦМТ по УДС и по воздушной прямой. Данные о расстоянии по УДС также можно определить на основе ГИС систем (рис. 3.5).

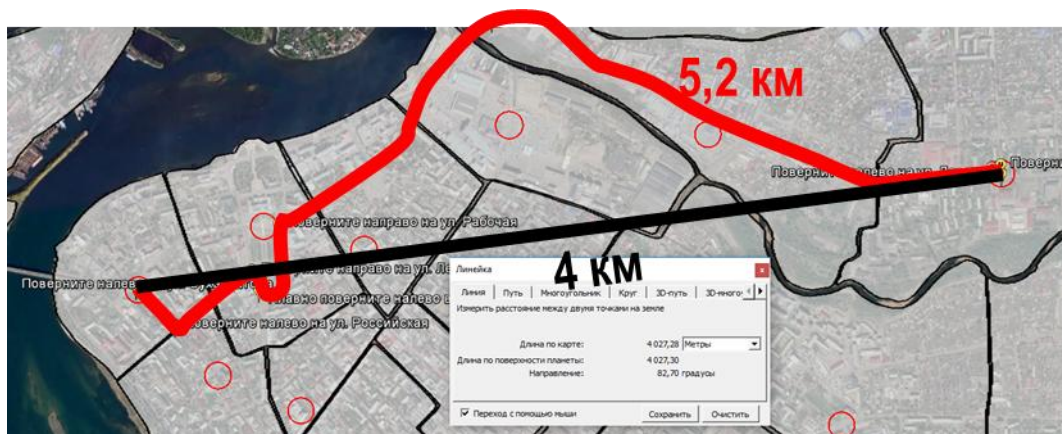


Рис. 3.5 – Оценка расстояния между ТРР на основе Google maps

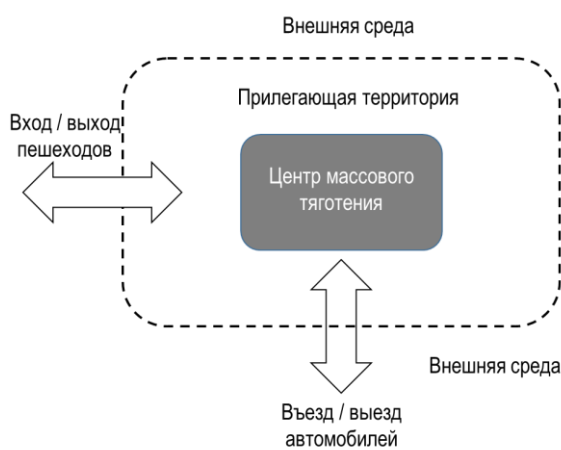
В приведенном примере, показан маршрут между центрами ТРР, проложенный по УДС (5,2 км.) и по воздушной прямой (4,027 км.). Таким образом, сопоставляя эти данные, при учете репрезентативности выборки, можно вычислить коэффициент непрямолинейности, который позволит осуществлять переход от расстояния по воздушной прямой к расстоянию по УДС. Следует отметить, что данный коэффициент будет отражать особенности УДС конкретного города (радиальная,



радиально-кольцевая, прямоугольная, прямоугольно-диагональная), его особенности организации и безопасности дорожного движения. Подробные исследования коэффициента непрямолинейности для г. Иркутск приведены в 4 Главе.

### 3.2. Оценка количественных характеристик функционирования ЦМТ

Для получения достаточного объема исходных данных и проведения регрессионно-корреляционного анализа необходимо проводить натурные замеры, направленные на выявление основных количественных характеристик функционирования центров массового тяготения [8, 18, 19, 20, 21, 22, 45, 52, 54, 55, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 76, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 89, 94, 95, 96, 97, 124, 125, 130, 135, 131, 158]. Наиболее эффективно такие исследования могут быть проведены на объектах, имеющих монофункциональный характер, расположенных обособленно от других центров тяготения, в том числе дорог, пешеходных, велосипедных путей, которые выполняют функцию транзитного движения по рассматриваемой территории. Идеальным, с точки зрения исследования, представляется центр массового тяготения, представленный на рисунке 3.6.



а)



б)

Рис. 3.6 – Идеальный центр массового тяготения с точки зрения учёта посетителей: а – искусственный; б – реальный г. Красноярск ТРЦ «Комсомолл»

Существуют и другие предписания, позволяющие получить в период исследований наиболее достоверную информацию о количественных характеристиках функционирования центров массового тяготения: функционирование центров массового тяготения более 1 года; монофункциональность ЦМТ; прилегающая территория, а также зона парковки должны обслуживать только рассматриваемый ЦМТ; отсутствие транзитных проездов и проходов для пешеходов; число входов / выходов ЦМТ по возможности должно быть минимальным; доступность ЦМТ должна быть обеспечена нормальными подъездными путями без значительных перепробегов или необходимости проезда через несколько светофорных объектов; пешеходные пути должны при необходимости быть оборудованы пешеходными переходами, в том числе и в разных уровнях, тротуарами с твердым покрытием.

Натурные исследования начинаются с подбора ЦМТ, полностью или частично отвечающего требованиям, перечисленным выше. Далее на основании визуального осмотра ЦМТ составляется план-схема проведения обследования (рис. 3.7).

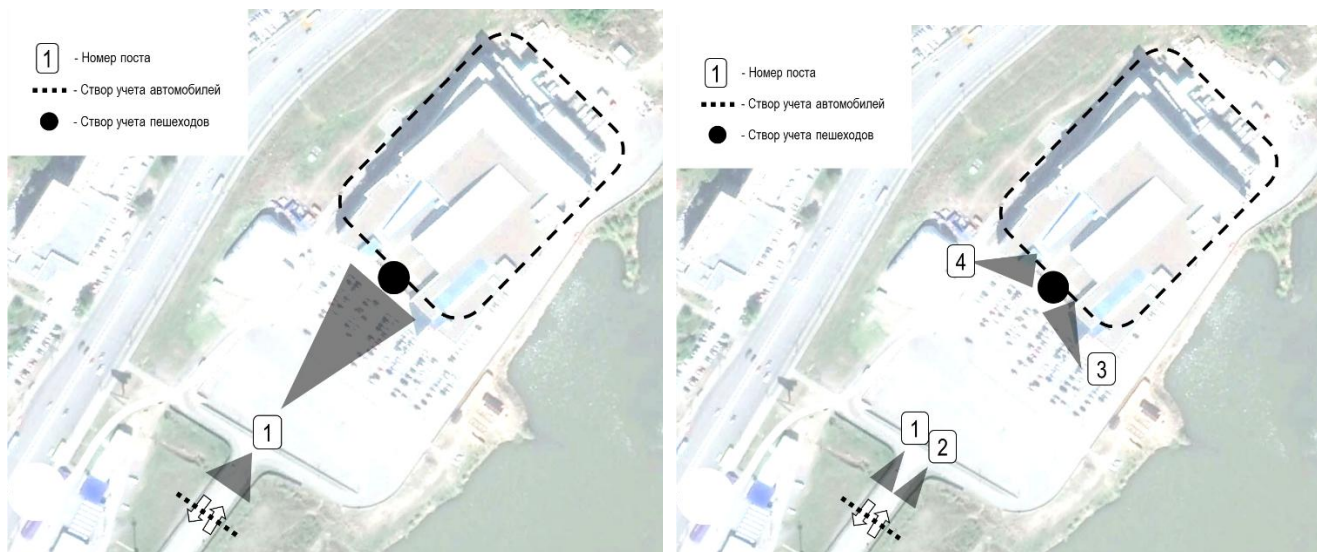


Рис. 3.7 – Пример план-схема проведения натурального эксперимента: а – с применением видеонаблюдения; б – с задействованием учетчиков

Количество постов назначается из предпосылок о возможности одного учетчика или видеокамеры фиксировать максимально возможное число событий. Следует различать особенности мониторинга транспортных и пешеходных потоков учетчиком и видеокамерой. При фиксировании интересующих событий учетчиком

следует особое внимание уделять интенсивности возникновения интересующих событий, поскольку чрезмерно высокая интенсивность может оказаться непосильной для учетчика. Например, интенсивность посетителей на индивидуальном транспорте к крупным торгово-развлекательным центрам, особенно в часы «пик», и особенно на съездах с магистралей, где сохраняется высокая скорость движения может быть не доступна для учетчика. В отношении учетчиков также следует избегать назначения фиксирования разнородной информации, например, одновременного фиксирования числа входящих и выходящих посетителей или входящих посетителей и въезжающих автомобилей и т. п. В отношении применения видеосъемки как средства фиксирования необходимых событий функционирования ЦМТ можно отметить следующие достоинства и недостатки. В частности, видеосъёмку целесообразно применять там, где необходимо фиксировать одновременно несколько событий, так, например, одновременное прибытие / убытие автомобилей и фиксирование их регистрационных знаков, фиксирование автомобилей / пешеходов в створах с высокой интенсивностью, возможность работы на некотором удалении от рассматриваемого ЦМТ. Однако следует отметить ряд существенных недостатков применения видеосъемки: во-первых, видеосъемка не может быть реализована в темное время суток, особенно на значительном удалении от ЦМТ, во-вторых, видеоданные необходимо обрабатывать вручную (оцифровка данных), что увеличивает трудоемкость исследования, в-третьих, при видеосъемке недоступно восприятие числа пассажиров в индивидуальном транспорте даже при «легкой» тонировке стекол автомобиля. Игнорирование приведенных выше рекомендаций, с целью экономии трудовых ресурсов, приводит к резкому снижению качества всего натурального исследования, и нередко к его срыву.

Процесс натурального исследования заключается в выявлении не только количественных характеристик функционирования ЦМТ (число корреспонденций, осуществляемых на общественном транспорте либо пешие корреспонденции; корреспонденции, осуществляемые на индивидуальном транспорте, наполнение индиви-

дуального транспорта, продолжительность парковки и др.), но и для выявления их производных, позволяющих осуществить качественный анализ функционирования рассматриваемой ЦМТ (коэффициенты суточной неравномерности корреспонденций; соотношение числа «входящих» по отношению к «выходящим» корреспонденциям за рассматриваемый промежуток времени; удельная суточная генерация корреспонденций; доля корреспонденций, осуществляемых на индивидуальном транспорте). Таким образом, для выявления указанных характеристик функционирования ЦМТ необходимо осуществлять непрерывный мониторинг транспортных и пешеходных потоков на протяжении всего периода функционирования в течение суток (смены).

Обеспечение непрерывного мониторинга сопряжено с определенными объективными сложностями, например, погодными условиями, согласованностью с представителями ЦМТ, физиологическими особенностями человеческого организма (потребность в перерывах и отдыхе) и др. Учет всех особенностей может быть осуществлен на основе технического регламента проведения исследования. Технический регламент может подразумевать проведение исследования учетчиками, в этом случае необходимо разработать график работы каждого учетчика, т.е. учесть, что перерыв должен быть предоставлен через 3 часа непрерывной работы и не более 6 часов в день. Таким образом, трудоемкость проведения натурного исследования будет напрямую зависеть от числа постов. В приведенном примере (рис. 3.7) количество постов при использовании видеосъемки значительно снижается, однако потребуются больше времени для оцифровки, полученного видеоматериала. Разработанная методика планирования натурного эксперимента (см. Главу 5) позволяет выбрать наиболее оптимальный способ проведения исследований с точки зрения минимальной трудоёмкости.

В зависимости от типа ЦМТ, начало и завершение обследования, а, следовательно, и его продолжительность будут существенно различаться. В такого рода исследованиях крайне важно учесть не менее 90–95% всех посещений за сутки.



Например, жилые территории необходимо исследовать достаточно продолжительный промежуток времени, примерно с 6:50 до 23:00 часов, объекты производственной сферы, как правило, достаточно обследовать весь период функционирования в течение суток с небольшим запасом времени, не более получаса до начала и после окончания. В некоторых случаях ЦМТ не полностью освобождается в ночной период времени, например, парковка перед объектами торговли в ночное время используется жильцами прилегающей жилой территории, в таких случаях перед началом обследования все номера «ночных» транспортных средств переписываются отдельно для того чтобы их исключить из общей статистики натурного эксперимента. В целом следует отметить: чем больше ЦМТ, тем сложнее учесть всех посетителей в течение суток. Особенности функционирования некоторых ЦМТ является отдельные въезды / выезды, входы / выходы, которые носят характер «для vip персон», технические, «черные» и т.п., их учет необязателен при условии, что общий объем посетителей не превысит 5–7% от общего числа посещений.

В ходе проведения натуральных исследований (при задействовании учётчиков) заранее подготавливаются специальные бланки (рис. 3.8) учета числа посетителей как пешим порядком, так и на индивидуальном транспорте. Применение каждого из представленных бланков обусловлено характером функционирования, исследуемого ЦМТ и, прежде всего, интенсивностью фиксируемой информации. В качестве примера можно отметить крупный торговый комплекс, где фиксация въезда и выезда автомобилей будет осуществляться разными учётчиками, следовательно, и бланк необходимо использовать (рис. 3.8 а). В случае с малодеятельными объектами, например, «продуктовая лавка» удобнее использовать бланки (рис. 3.8 б и г).

В случае применения видеосъемки необходима оцифровка полученного видеофайла. Оцифровка сводится к просмотру видеофайла и фиксированию интересующих событий в режиме «офлайн». Для достижения максимальной производительности оцифровки может быть использована ускоренная перемотка и остановка видеокadra в интересующие моменты, например, при фиксировании регистрационного номера транспортного средства. Преимуществом получения данных

а)

Дата замера \_\_\_\_\_ ФИО учетчика \_\_\_\_\_ № Бригады \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_  
 Наименование объекта \_\_\_\_\_ № поста \_\_\_\_\_

Время (формат 8:00)	Въезд ИТ / Выезд ИТ (нужное подчеркнуть формат а100)	Наполнение ИТ (1 2 3 2 1)	Время (формат 8:00)	Въезд ИТ / Выезд ИТ (нужное подчеркнуть формат а100)	Наполнение ИТ (1 2 3 2 1)

б)

Дата замера \_\_\_\_\_ ФИО учетчика \_\_\_\_\_ № Бригады \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_  
 Наименование объекта \_\_\_\_\_ № поста \_\_\_\_\_

Время (формат 8:00)	Въезд ИТ (формат а100)	Наполнение ИТ (1 2 3 2 1)	Въезд ИТ (формат а100)	Наполнение ИТ (1 2 3 2 1)

в)

Дата замера \_\_\_\_\_ ФИО учетчика \_\_\_\_\_ № Бригады \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_  
 Наименование объекта \_\_\_\_\_ № поста \_\_\_\_\_

Время (формат 8:00)	Вход / Выход (нужное подчеркнуть)	Время (формат 8:00)	Вход / Выход (нужное подчеркнуть)
	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10

г)

Дата замера \_\_\_\_\_ ФИО учетчика \_\_\_\_\_ № Бригады \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_  
 Наименование объекта \_\_\_\_\_ № поста \_\_\_\_\_

Время (формат 8:00)	Вход	Выход	Время (формат 8:00)	Вход	Выход

Рис. 3.8 – Специализированные бланки учета числа посетителей ЦМТ: а – учет посетителей на ИТ и наполняемость ИТ при высокой интенсивности; б – учет посетителей на ИТ и наполняемость ИТ при низкой интенсивности; в – учет замера пеших посетителей по входу или выходу при высокой интенсивности; г – учет замера пеших посетителей по входу или выходу при низкой интенсивности

натурного исследования таким образом является, прежде всего, возможность её воспроизведения неограниченное количество раз в режиме «офлайн», что в свою очередь не требует одновременного задействования большого количества оцифровщиков. Воспроизведение видеофайла может быть осуществлено практически из любого медиапроигрывателя на персональном компьютере, однако наиболее удобный интерфейс, с возможностью прокручивать видеофайл с разной скоростью, у проигрывателя «KLMpleer».

Учет числа посетителей на ИТ и наполняемость ИТ при высокой интенсивности (рис. 3.8 а) обусловлены выбором фиксации только одного события: либо въезда, либо выезда посетителей на ИТ из ЦМТ, в противном случае, учетчик не справится с заданием. Противоположно, при низкой интенсивности событий, с целью рационального использования трудовых ресурсов, вполне допустимо фиксировать одновременно посетителей на ИТ и его наполняемость по въезду и выезду (рис. 3.8 б.). Граница между отнесением ЦМТ, имеющей высокую или низкую интенсивность событий, является весьма субъективной, однако можно рекомендовать максимально возможную интенсивность интересующих событий в одном направлении (въезд/выезд), которая составляет 3–5 событий в минуту. Как правило, к территориям с высокой интенсивностью событий относят крупные торговые центры, офисы, службы сервиса, имеющие высокую генерирующую способность и при этом низкое время обслуживания.

Вне зависимости от того, каким образом проводились натурные исследования, их результатом должны быть оцифрованные данные в электронной среде Excel. Здесь возникают ошибки некоторых моментов оцифровки данных натурных исследований. Эти ошибки связаны с интерпретацией регистрационных знаков автомобилей, например, в первом случае регистрационный номер может быть записан в виде «у 254», а в другом «Y254». Здесь сказывается разница между интерпретацией буквы «у» на кириллице и буквы «у» на латинице, наличие пробела в первом случае между буквой и цифрами и его отсутствие во втором случае, применение строчных

и прописных букв и т.п. Такие несоответствия в оцифровке данных могут приводить к существенным погрешностям до 30–40 %, что, несомненно, приведет к срыву эксперимента и потере научных результатов.

### 3.3. Обработка и группировка данных натуральных исследований

Современный мир трудно представить без персонального компьютера, он проник во все сферы производства и быта. Статистическая обработка данных натуральных исследований также на сегодняшний день немыслима без персонального компьютера и прикладных программ, позволяющих с высокой точностью и скоростью производить статистическое оценивание, строить эмпирические зависимости, выявлять артефакты (выбросы), проводить статистическое оценивание [11, 12, 14, 50, 101, 126, 143, 168]. Одновременно с этим следует отметить, что от момента проведения эксперимента до проведения полноценного статистического анализа в современных пакетах прикладных программ возникает много работы по форматированию и группировке данных. Полученные данные с каждого видеозаписи должны быть внесены в электронную таблицу и сгруппированы таким образом, чтобы можно было оценить правильность и полноценность эксперимента, например, сходимость данных о входе / выходе посетителей или въезде / выезде автомобилей. Очевидно, что даже хорошо спланированный эксперимент не застрахован от случайной ошибки, которая может образоваться в результате невнимательного учета посетителей в режиме реального времени при проведении натурального исследования или же в результате обработки видео. Наиболее распространенными ошибками являются несоответствия регистрационных знаков автомобилей, что приводит к потере данных о продолжительности парковки, к сожалению, восстановить данные невозможно. Часто бывает и так, что число вошедших и вышедших не совпадает. В случае, если величина ошибки не превышает 20%, то можно попробовать восстановить баланс путем пропорционального изменения числа входящих относительно числа выходящих или, наоборот, в течение всего периода исследова-

ний. В натуральных исследованиях, направленных на выявление количественных характеристик функционирования ЦМТ, важно понимать, что все получаемые из эксперимента характеристики связаны между собой, например, количество посетителей на индивидуальном транспорте будет определяться исходя из двух параметров (число автомобилей и среднее наполнение), удельная генерация корреспонденций будет определяться из суммарного числа посетителей и площади ЦМТ и др., поэтому очень важно создать единую электронную среду, позволяющую не только правильно и последовательно вносить данные натурального эксперимента, но и вычислять на их основе производные параметры функционирования ЦМТ. Наиболее подходящей средой для такой цели является Microsoft Excel, позволяющий разбивать данные, систематизировать и автоматически строить графики для наглядного отображения закономерностей функционирования ЦМТ (рис. 3.9).

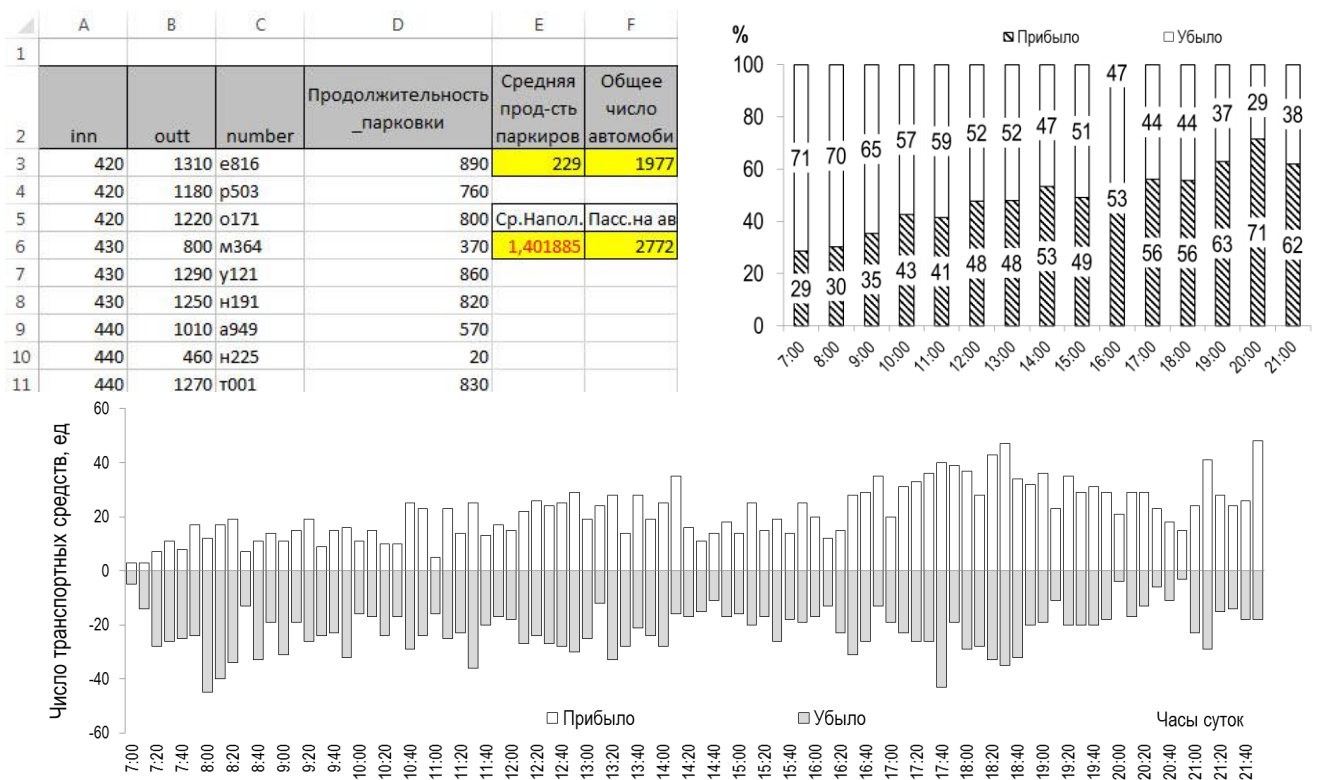


Рисунок 3.9 – Пример хранения и систематизации данных натуральных исследований: сверху справа – продолжительность паркования и её производные; сверху справа – соотношения числа прибывающих и убывающих посетителей; внизу – распределение числа прибывающих и убывающих посетителей

Все исследуемые характеристики натурального эксперимента, за исключением продолжительности парковки, можно обработать в разработанной среде Excel. Поэтому на данном этапе обработки и группировки данных натурального эксперимента встает вопрос о применении дополнительного программного модуля, позволяющего выполнять трудоемкий итерационный процесс сравнения регистрационных номерных знаков автомобилей и автоматического определения момента въезда / выезда автомобиля на территорию ЦМТ. Разница между моментом убытия и прибытием и будет определять продолжительность парковки. Для реализации описанного алгоритма в транспортной лаборатории ИрНИТУ было разработано компьютерное приложение «Parkovka» на базе среды «Access» (автор А.Г. Левашев). Интерфейс программы «Parkovka» представлен на рисунке 3.10. Программа имеет несколько модулей, позволяющих внести данные в строгой последовательности, выбрать начальное время исследований, а также модуль вывода результатов. Отличительной особенностью является возможность оценить ошибку эксперимента, на основе которой принимается решение о включении данных в общую статистическую базу.

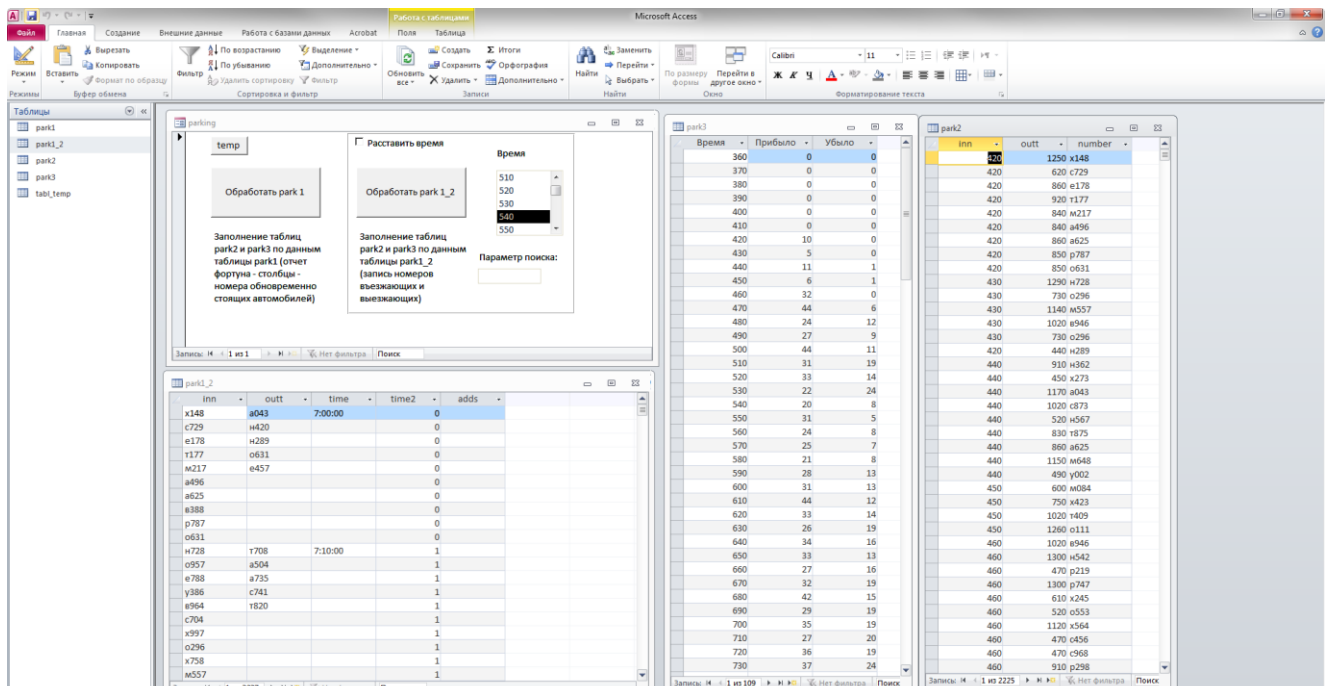


Рис. 3.10 – Внешний вид интерфейса программы «Parkovka»

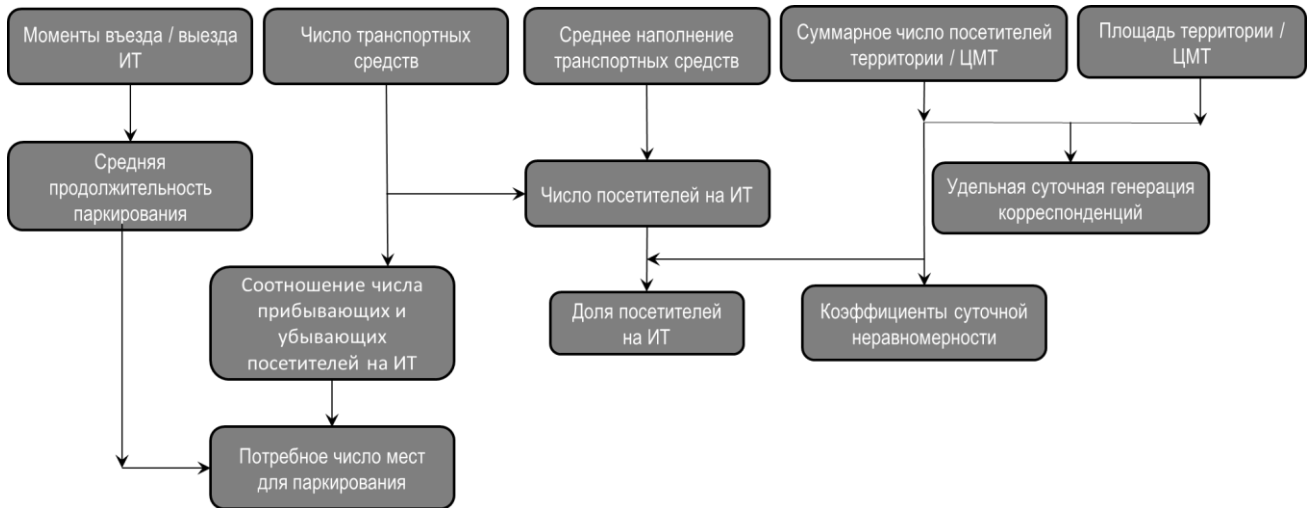


Рис. 3.11 – Связь параметров натуральных исследований

Полный перечень характеристик функционирования ЦМТ представлен на рисунке 3.11. Представленная электронная среда Excel, специально разработанная для хранения и группировки данных одного конкретного исследования не исчерпывает необходимость применения дополнительной базы данных для быстрой и удобной группировки данных по многочисленным исследованиям. Такая база данных должна содержать максимальное число замеренных параметров и их производных исследуемых ЦМТ, и при этом обладать гибкими возможностями по настройке фильтров и формированию отчетов по задаваемым параметрам.

База данных, отвечающая представленным требованиям, может быть создана в среде Microsoft Excel. Основными преимуществами этой среды являются: совместимость с другими программными продуктами («statistica», word и др.), гибкость в настройке фильтров, включая условное форматирование, а также встроенный пакет анализа данных (корреляция, ковариация, регрессия и др.).

Приведенная методика проведения экспериментальных исследований и обработка полученных результатов может быть сконцентрирована и представлена на принципиальной схеме в виде 9 последовательных шагов (рис. 3.12).

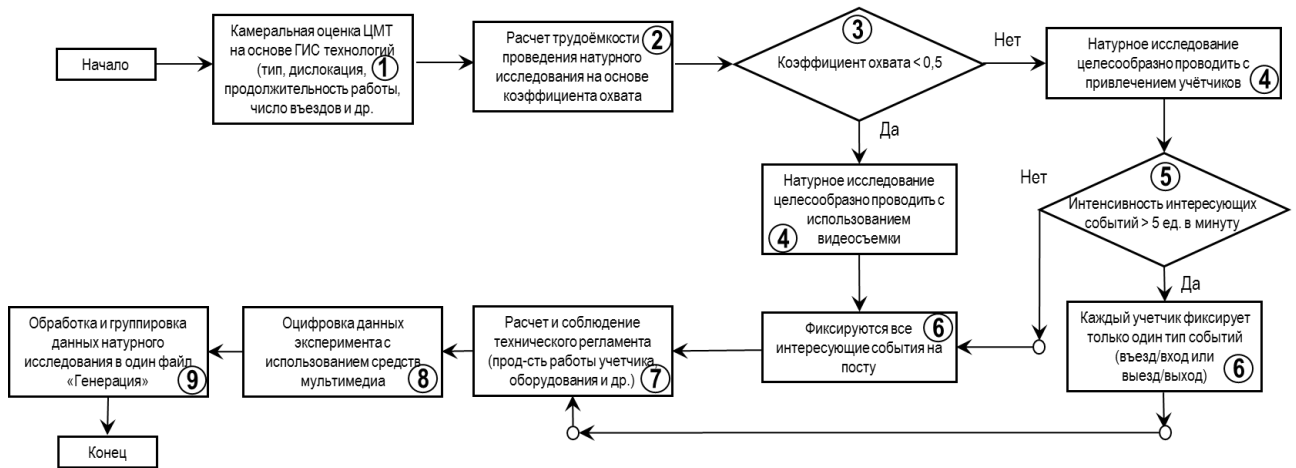


Рис. – 3.12. Принципиальная схема проведения экспериментальных исследований и обработки полученных результатов

Из рисунка видно, что при подготовке натурального эксперимента важную роль играют этапы камеральной подготовки, этап выбора способа проведения исследования на основе трудоёмкости и, следовательно, стоимости, а также соблюдение норм технического регламента, позволяющего проводить натурное исследование с высоким качеством.

### 3.4. Проведение кластерного анализа

Современные социально-экономические явления, уровень технического прогресса, модели поведения населения в городах оказывают существенное влияние на формирование факторов, влияющих на формирование транспортного спроса, особенно это ярко проявляется в поездках, связанных с культурно-бытовыми целями. Вместе с этим необходимо отметить некоторые тенденции, которые существенно корректируют поездки по деловым и даже трудовым целям. Развитие средств связи и телекоммуникаций сегодня позволяет проводить видеовстречи (видеоконференции), не требующие очного присутствия. Ярким примером таких явлений выступает дистанционное образование, проведение рабочих совещаний в правительстве РФ, в крупных компаниях. Многие представители творческих профессий (проектировщики, писатели, ученые и т.п.) уже сегодня не привязаны к ежедневному рабочему месту в офисе. Результаты такой деятельности могут быть



представлены по средствам современных телекоммуникаций. Поэтому исследование всего многообразия факторов, влияющих на вероятность совершения поездки, сегодня вызывает необходимость применения экономико-статистического анализа, который располагает достаточно широким спектром методов, в том числе факторный и кластерный.

Достаточно большое количество факторов, влияющих на формирование транспортного спроса, заставляет принимать во внимание только наиболее существенные из них. Факторный анализ позволяет более лаконично и просто описать функцию отклика (зависимую переменную), а также структуру и характер взаимосвязей между ними.

#### 3.4.1. Особенности применения кластерного анализа для классификации ЦМТ

Применение кластерного анализа впервые нашло свое применение в социологии в 1939 г. В дальнейшем кластерный анализ, благодаря своей уникальной возможности – разбиения множества исследуемых объектов на однородные группы (кластеры), т.е. построения древа по принципу от уникальности к универсальности, получил широчайшее распространение практически во всех областях науки. Одним из основных достоинств кластерного анализа является его возможность проводить анализ по нескольким критериям одновременно, причем эти критерии могут быть весьма разнообразны. Для случая с классификацией факторов, влияющих на объем корреспонденций, совершаемых к рассматриваемой ЦМТ, это может быть и удельная генерация корреспонденций, и средняя продолжительность парковки, и удаленность ЦМТ от магистральной улицы и др. Применение кластерного анализа совместно с регрессионно-корреляционным анализом, позволяет подтвердить максимальную схожесть рассматриваемых случаев либо же доказать полное отсутствие корреляции между рассматриваемыми случаями.

Вместе с этим кластерный анализ все же обладает рядом недостатков, например, единицы измерения характеристик нуждаются в приведении к единому масштабу (стандартизации), в противном случае характеристика, имеющая большее

абсолютное значение, будет доминировать на другими (удаленность ЦМТ от центра города (от 500 м.), всегда будет доминировать над средней продолжительностью парковки (от 10 минут). Имеются и другие недостатки, связанные с тем, что применяемые характеристики для разбиения на кластеры провоцируют «желательное» разбиение, которое не всегда совпадает с разбиением по другим случайно выбранным характеристикам.

Таким образом, можно сформулировать основную цель кластерного анализа в целом и применительно к задачам оценки транспортного спроса в частности: на основании данных массива  $X$ , разбить множество объектов  $G$  на  $m$  кластеров так, чтобы каждый объект принадлежал только одному кластеру, в то время как объекты, принадлежащие разным кластерам, были разнородными.

Кластерный анализ, как и любая другая ветвь научного направления, имеет свою терминологию и особенности. Автор считает необходимым привести основные понятия, которыми будет апеллировать в дальнейшем по тексту настоящей работы. «*Центр кластера* – среднее геометрическое место точек в пространстве переменных». «*Радиус кластера* – максимальное расстояние точек от центра кластера». «*Метрика* – количественная оценка сходства или различия между классифицируемыми объектами [14].

В качестве метрики могут выступать разные показатели. В зависимости от характера исходных данных могут применяться: «линейное расстояние, Евклидово расстояние, квадрат Евклидова расстояние, обобщенное степенное расстояние Минковского, расстояние Чебышева, расстояние городских кварталов» (Манхэттенское расстояние). Из представленных метрических показателей наиболее популярной является Евклидово расстояние, оно является простым геометрическим расстоянием, однако наилучшим образом оно объединяет объекты, которые могут быть описаны шарообразными формами. Степенное расстояние Минковского представляет интерес только как математическая универсальная метрика, расстояние Чебышева – наиболее подходящая метрика при выявлении различий между

объектами, Манхэттенское расстояние является очень схожей метрикой с Евклидовым расстоянием, однако дает меньшие погрешности и более устойчиво к «выбросам», поскольку координаты не возводятся в квадрат.

### 3.4.2. Применение иерархических и неиерархических методов кластеризации

В кластерном анализе различают два метода: иерархические и неиерархические. К первой группе методов относятся агломеративные и дивизимные. К неиерархическим относят метод К-средних. Суть иерархических методов сводится к последовательному (пошаговому) объединению объектов в кластеры. На первом шаге (итерации) каждый объект является уникальным и с каждым последующим шагом происходит утрата уникальности и появляется все большая обобщенность с одновременным уменьшением количества классов. К положительным качествам иерархических методов можно отнести наглядность, выраженную в построении дендограммы (рис. 3.12), на которой четко прослеживается иерархическая структура массива анализируемых данных.

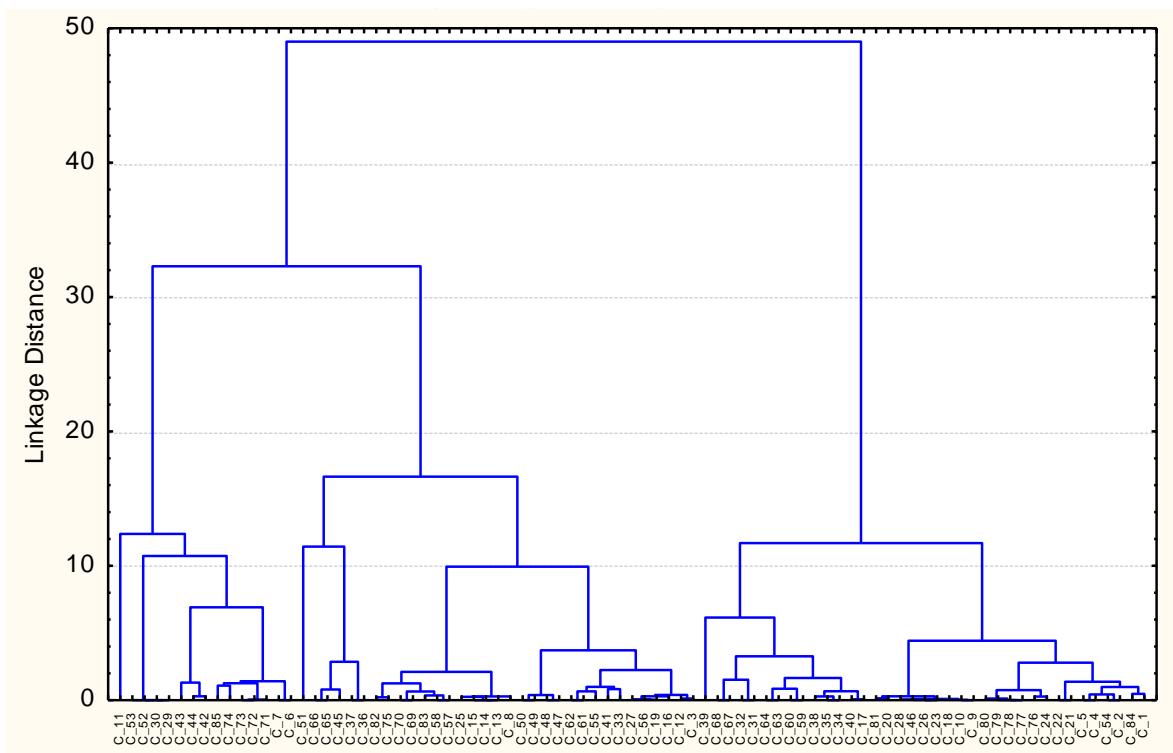


Рис. 3.12 – Пример дендограммы для объектов культурно-бытовой направленности

Иерархические методы, в свою очередь, могут использовать разные процедуры объединения объекты в кластеры. Расстояние «Ближайшего соседа» это (одиночная связь); расстояние «Дальнего соседа» (полная связь); невзвешенное попарное среднее; взвешенное попарное среднее; невзвешенный центроидный метод; взвешенный центроидный метод (медиана); метод Варда.

В первой процедуре расстояние между классами оценивается расстояниями между ближайшими объектами классов, эта процедура в большей степени будет подходить для случаев, когда необходимо объединить рассматриваемые объекты с наименьшим числом итераций. Вторая процедура преследует противоположную цель, и на каждой итерации число объединенных кластеров будет минимальным. Процедура невзвешенного парного среднего в качестве расстояния использует среднее расстояние между всеми объектами в классе от центра класса. Процедура эффективна при сравнении разнородных данных. Процедура взвешенного парного среднего идентична предыдущей, за исключением учета в ней числа объектов, расположенных в каждом из сравниваемых кластеров, поэтому применение данной процедуры оправдано в случаях неравных размеров кластеров. Процедура невзвешенного центроида предполагает использование в качестве расстояниями между кластерами расстояние между их центрами тяжести. Взвешенная центроидная процедура более предпочтительна при значительных отличиях в размерах кластеров. Процедура Варда использует сумму квадратов расстояний между каждым объектом и средней по кластеру, содержащему этот объект. На каждой новой итерации объединяются такие кластеры, объединение которых приведет к минимальному увеличению внутригрупповой суммы квадратов. Данная процедура больше подходит для объединения близко расположенных кластеров.

Метод  $k$ -средних является неиерархичным методом. Сущность данного метода заключается в том, что у исследователя имеются субъективные предположения о том, что рассматриваемый массив объектов (событий) может быть разделен на две или более групп (кластеров). Исходя из этой установки, на каждой итерации объекты объединяются в кластеры по принципу наибольшего расстояния между

друг другом или центром кластера. Иными словами, рассматриваемый объект присоединяется к такому кластеру, которому соответствует максимальная удаленность от центров других кластеров. На следующей итерации центр кластера пересчитывается с учетом нового объекта. Таким образом, полученные кластеры будут содержать объекты максимально не похожие друг на друга.

Для метода k-средних существует несколько процедур, корректирующих результаты кластеризации. «Choose observations to maximize initial between-cluster distances» [14] – данная процедура предполагает выбор в качестве центров кластеров первые несколько значений, число которых зависит от объема выборки. Итогом такой процедуры являются максимизированные расстояния между кластерами. Процедура «Sort distances and take observations at constant intervals» [14] предполагает предварительный анализ всего массива данных, и только после этого назначаются постоянные центры кластеров.

Таким образом, представленные алгоритмы кластерного анализа в решении задач оценки транспортного спроса и выделении ЦМТ в отдельные кластеры (группы) имеют весьма разнообразный и достаточный набор инструментов, процедур и методов, позволяющих с математической точностью доказывать/опровергать необходимость слияния ЦМТ по перечисленным признакам.

### 3.5. Статистические критерии и особенности их применения

#### 3.5.1. Уравнения регрессии и критерии их оценки

Происходящие социально-экономические, социально-технические и тем более чисто технические явления и процессы нуждаются в математическом описании с целью оптимизации существующих процессов, либо их замены для снижения материальных и трудовых издержек производства и жизнедеятельности человечества. Однако следует учитывать, что многие из социально-экономических явлений весьма изменчивы и нуждаются в пересмотре по истечении нескольких лет, а в некоторых случаях и нескольких месяцев.

Основной задачей регрессионного анализа является выявление зависимости между интересующим социально-экономическим (техническим) явлением (в статистике и математике это явление называют зависимой переменной или функцией отклика) от одного или нескольких других явлений, которые называют факторами или независимыми переменными.

В специальной литературе считается общепринятым разделять регрессию на линейную и нелинейную, причем линейная в свою очередь делится на однофакторную и многофакторную. Нелинейная регрессия может быть квадратичной, степенной, экспоненциальной, полиномиальной и др. Для поиска зависимости между транспортным спросом (числом корреспонденций), осуществляемых к какому-либо ЦМТ, наиболее подходящей является линейная регрессия, поскольку изменение числа корреспонденций, как правило, происходит пропорционально изменению некоторых факторов, например, изменению площади, рассматриваемой ЦМТ или её доступности, т.е. удаленности от центра города (жилого района) и т.п. Общий вид линейной регрессии представлен в выражении 3.1.

$$Y = B_0 \cdot X_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 \dots + B_n \cdot X_n, \quad (3.1)$$

где  $Y$  – функция отклика;  $B_{0,1,2,n}$  – коэффициенты регрессии;  $X_{1,2,3,n}$  – факторы влияющие на функцию отклика. При оценке однофакторной зависимости необходимо представить аппроксимирующую кривую (прямую) таким образом, чтобы сумма квадратов отклонений опытных данных от неё имела наименьшее значение. В случае с двухфакторной зависимостью исследователь получает поле в прямоугольной системе координат, в которой также необходимо стремиться к минимальному значению суммы квадратов отклонений. В случае рассмотрения зависимости, имеющей три фактора, опытные данные представляют из себя объёмное облако, аппроксимация которого возможно многомерной плоскостью, причём таким образом, чтобы сумма квадратов отклонений каждой опытной точки от этой плоскости была минимальной.

### 3.5.2. Проверка гипотезы о принадлежности крайних значений к выборке

Проверка гипотезы о принадлежности крайних значений к данной выборке осуществляется на основе критерия выпادا [50, 101] по формуле:

$$T = \frac{x_k - x_{cp}}{\sigma} \geq T_T,$$

где  $T$  – экспериментальное значение критерия выпادا;  $T_m$  – критическое значение критерия выпادا;  $x_{cp}$  – среднее арифметическое значение выборки с учетом крайних значений;  $x_k$  – крайнее значение;  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение (стандартное).

$$\sigma = \sqrt{\frac{D}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}.$$

Здесь  $D = \sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$  – дисперсия эксперимента;  $n$  – объем выборки.

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_n}{n},$$

где  $x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$  – варианты выборки;  $\sum x_n$  – сумма всех вариант в пределах от первой до  $n$ -й величины [15].

Выводы по Главе:

1. Применение среды 2GIS позволяет получить необходимые исходные данные о ЦМТ при относительно низкой трудоемкости исследований.
2. Натурные исследования, направленные на выявление основных характеристик функционирования ЦМТ, должны проводиться на объектах, имеющих монофункциональный характер, расположенных обособлено от других городских территорий.
3. Учет посетителей ЦМТ должен осуществляться исходя из характера функционирования, прежде всего отражающий интенсивность посещаемости как на ИТ, так и без него.

4. Оцифровка данных эксперимента должна проводиться в соответствии с разработанными шаблонами с использованием кириллицы для обозначений регистрационных знаков автомобилей, а также контролироваться на отсутствие «пробелов» и других похожих ошибок оцифровки.

5. Для наглядного отображения закономерностей функционирования ЦМТ, систематизации и хранения характеристик необходимо использовать специальный шаблон, разработанный в среде Microsoft Excel.

6. С целью существенного снижения трудоёмкости группировки данных по выявлению средней продолжительности парковки был использован специальный программный продукт «Parkovka», который выполняет трудоемкий итерационный процесс сравнения регистрационных номерных знаков автомобилей и автоматически определяет моменты въезда /выезда автомобиля из ЦМТ.

7. Рассмотрены и проанализированы основные положения кластерного анализа. Предложены методы и процедуры, позволяющие оптимальным образом классифицировать ЦМТ.

8. Рассмотрен регрессионно-корреляционный анализ и критерии его оценки. Предложены наиболее подходящие критерии для оценки тесноты связи каждого фактора в отдельности с зависимой переменной, в целом всех факторов, значимости получаемых уравнений множественной регрессии.



## ГЛАВА 4. Результаты анализа экспериментальных данных организации движения и оценки транспортного спроса

В целом четвертая глава условно делит все проведенные исследования на две основные части. В первой части необходимо доказать или опровергнуть, используя существующие математико-статистические методы и подходы (см. Глава 3), выдвинутые гипотезы (см. Глава 1, 2) о влиянии рассматриваемых факторов на искомую величину (зависимую переменную), во второй части провести апробацию полученных функциональных зависимостей, отражающих основные закономерности организации дорожного движения при обслуживании ЦМТ (ТРР) на основе оценки транспортного спроса и особенностей их применения на практике.

### 4.1. Обоснование типологии ЦМТ

Классификация ЦМТ, учитывая их многообразие – весьма непростая задача. Однако исследователь может воспользоваться средствами и методами статистического анализа для выявления зависимости, сходства или отсутствия таковых в рассматриваемых техногенных процессах или явлениях природы. В частности, установление сходства между типами ЦМТ возможно на основе некоторых имеющихся количественных критериев (площадь, продолжительность парковки, загрузка посетителями в определенные часы пик и др.). В результате многочисленных экспериментальных сопоставлений, наиболее подходящими критериями для дифференциации типологии территорий (ЦМТ) выявлены площадь и расстояние от центра города, которые косвенно отражают привлекательность территории (ЦМТ). Древо дифференциации представлено на рис. 4.1. В качестве меры учета внутри-классового расстояния используется расстояние городских кварталов (Манхэттенское расстояние). При помощи статистического инструментария необходимо установить границу уникальности рассматриваемых ЦМТ и определить число укрупненных классов, характерных для городов РФ. На представленной дендограмме такая граница вычисляется на основании итерационного процесса сравнения манхэт-

тенского расстояния. В точке перелома, где это расстояние начинает резко увеличиваться, можно констатировать границу рационального объединения в кластеры. В рассматриваемом случае такая граница наблюдается на примерно на 105 итерации, что позволяет говорить о рациональности разбиения на 8 кластеров.

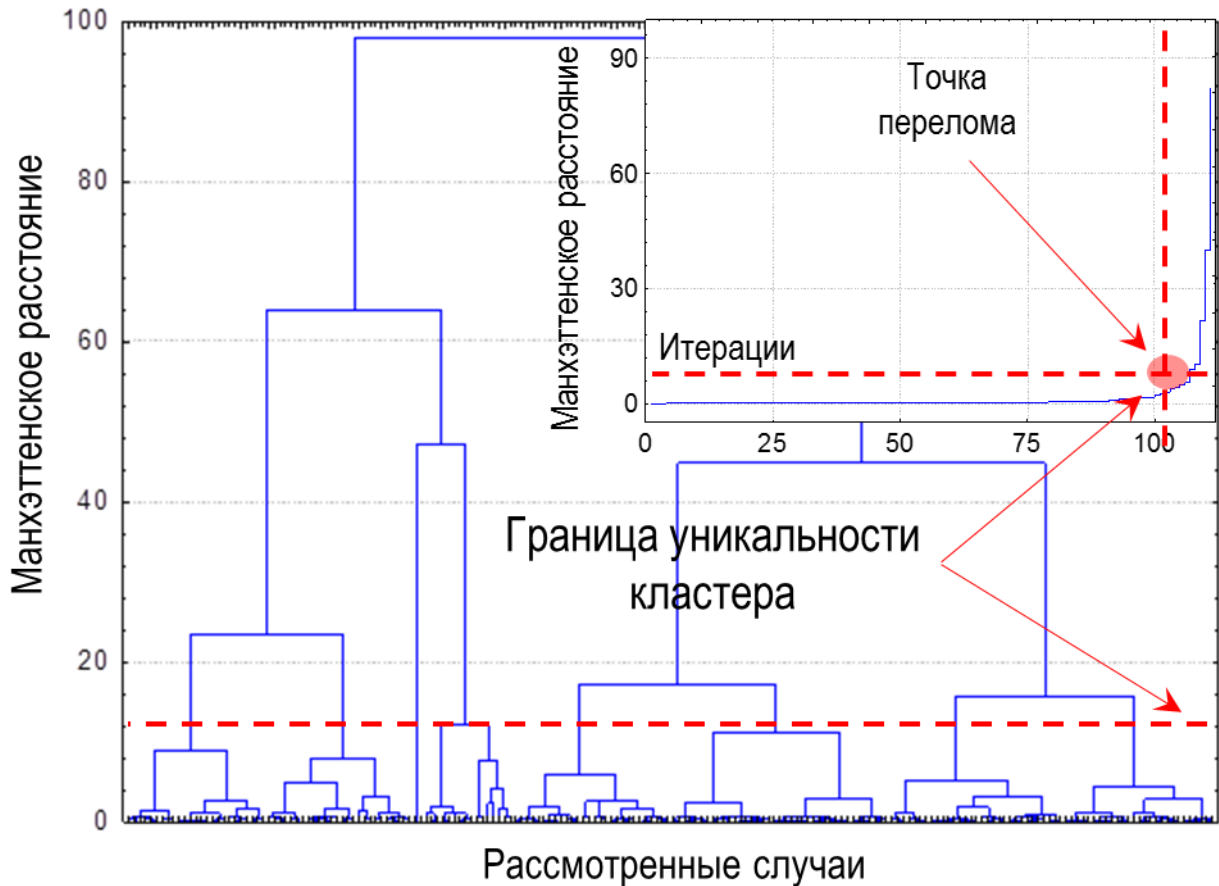


Рис. 4.1 – Древо дифференциации ЦМТ по продолжительности парковки

На основании рисунка 4.1 следует привести таблицу, в которой будет представлено распределение числа объектов, попадающих в каждый из кластеров.

Таблица 4.1

Распределение ЦМТ по кластерам

Код ЦМТ	Наименование ЦМТ	Кластеры							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Жилье	5	7	3	3	8	<b>17</b>	8	5
2	Торговля, общепит, сфера услуг	9	<b>16</b>	8	6	9	0	6	14
3	Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг	6	3	5	1	5	0	<b>8</b>	4
4	Офисы	5	3	2	<b>6</b>	5	0	1	1
5	Промышленность	0	1	1	0	1	0	2	0
6	Коммунально-складское хозяйство	2	1	2	1	0	1	2	0

Данные таблицы 4.1 проиллюстрированы на рис. 4.2.

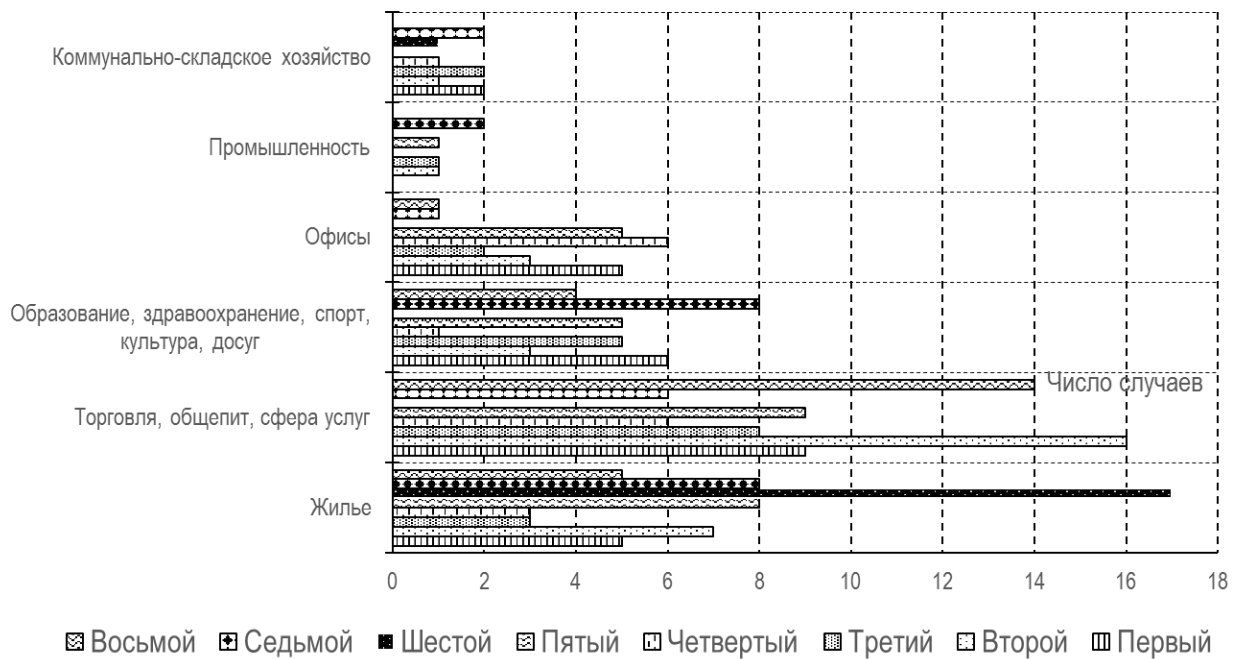


Рис. 4.2 – Распределение ЦМТ по кластерам

Таким образом, из таблицы / рисунка четко видно, что каждому кластеру соответствует один наиболее значимый тип ЦМТ. Для ЦМТ жилье (код 1) наиболее характерен шестой кластер, для торговли общепита и сферы услуг – это второй кластер, для сферы образования, здравоохранения, спорта и культуры – это седьмой кластер. Офисы наиболее полно представлены четвертым кластером и т.д. Следует отметить, что в категории коммунально-складское хозяйство одинаковый приоритет имеют седьмой, второй, третий кластеры, кроме того, в других укрупненных ЦМТ нет однозначного распределения по кластерам. Это, прежде всего, обусловлено чрезвычайно высокой уникальностью каждого из ЦМТ, которые даже при изменении одного фактора, например, удаленности от центра города, начинают функционировать с достоверными отличиями. Таким образом, следует детально проанализировать причины дублирования ЦМТ в рамках одноименного кластера: первый кластер представлен практически во всех укрупненных типах ЦМТ, что свидетельствует о весьма разнообразных свойствах объектов и причислить его к какой-то определенной группе невозможно. Второй кластер наиболее ярко представлен в

укрупненных ЦМТ: торговля, общепит, сфера услуг (код 2), хотя при этом сюда было отнесено жилье, находящееся на достаточном удалении от центра города, что несомненно, повлияло на перераспределение во второй кластер. Третий, пятый и восьмой кластеры (подобно первому) представлены практически во всех укрупненных типах ЦМТ. Четвертый кластер в большей степени преобладает в укрупненной ЦМТ офисы (код 4), хотя при этом в этот кластер было отнесено жилье и гаражный кооператив, находящиеся на достаточном удалении от центра города, что, несомненно, повлияло на перераспределение в этот кластер. В шестом кластере доминирует жилье (код 1), несмотря на попадание одного логистического центра. Седьмой кластер наиболее ярко представлен в укрупненной ЦМТ образование здравоохранение, спорт, культура, досуг (код 3), хотя при этом сюда были отнесены такие объекты как станция технического обслуживания, АЗС и др., объекты коммунально-складского хозяйства, которые по режиму функционирования отличаются от других. К сожалению, параметры, по которым проводился кластерный анализ, оказались не уникальными для каждого из 6 укрупнённых типов ЦМТ. Поэтому чисто на субъективном уровне следует признать, что имеются такие параметры, которые автор на данном этапе исследований не может выявить и которые позволили бы выделить объекты коммунально-складского хозяйства и промышленность (код 5 и 6) в отдельные кластеры, также как это получилось с ЦМТ (1–4).

#### 4.2. Результаты анализа формирования транспортного расчетного района на примере г. Иркутск

Формирование транспортных расчетных районов основано на ряде правил (п. 1.4.2), однако следует заметить, что в результате следования этим правилам, а также ввиду объективных причин, размеры ТРР (площадь, периметр) могут существенно отличаться, причем эта тенденция, как правило, заключается в увеличении площади ТРР при удалении от центра города. На основании данных таблицы 2.4 был проведен регрессионный анализ (табл. 4.2), позволяющий установить зависимость между площадью ТРР и его удаленностью от центра города.

Регрессионная оценка общего массива данных зависимости площади ТРР от его удаленности от центра города

Регрессионная статистика					
Коэффициент корреляции R		0,76			
R-квадрат		0,57			
Нормированный R-квадрат		0,57			
Стандартная ошибка		45,18			
Наблюдения		72			
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F		
			$F_{расч}$	$F_{95\%;2;71}$	
Регрессия	1	196675,75	96	3,92	
Остаток	70	142914,89			
Итого	71	339590,64			
t-статистика					
	Коэффициенты регрессии	t-статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;120}$	нижний	верхний
Y (Га)	35,893	3,599	1,98	16,00	55,78
X <sub>1</sub> (м)	0,0195	9,814		0,015	0,023
Матрица корреляции					
	Y	X <sub>1</sub>	-	-	
Y	1	-	-	-	
X <sub>1</sub>	0,761	1	-	-	
$Y = 35,8932 + 0,019522 X_1$					

Проведенный анализ показывает умеренную взаимосвязь площади ТРР и удаленности от центра города, которой можно пользоваться только при укрупненной оценке. Так, например, при исследовании транспортного расчетного района, на периферии города с удаленностью 10 км от центра, его площадь может составить 230 Га, что соответствует промышленной территории (Авиазавод – 57 ТРР, Промзона Ново-Ленино – 61 ТРР). Данные статистического анализа, приведенные в таблице 4.2, проиллюстрированы на рис. 4.3. Таким образом, эмпирическая зависимость площади ТРР от удаленности от центра города будет описана выражением:

$$F_{трр} = 35,8932 + 0,019522 l_c, \quad (4.1)$$

где  $l_c$  – удаленность от центра города, м.

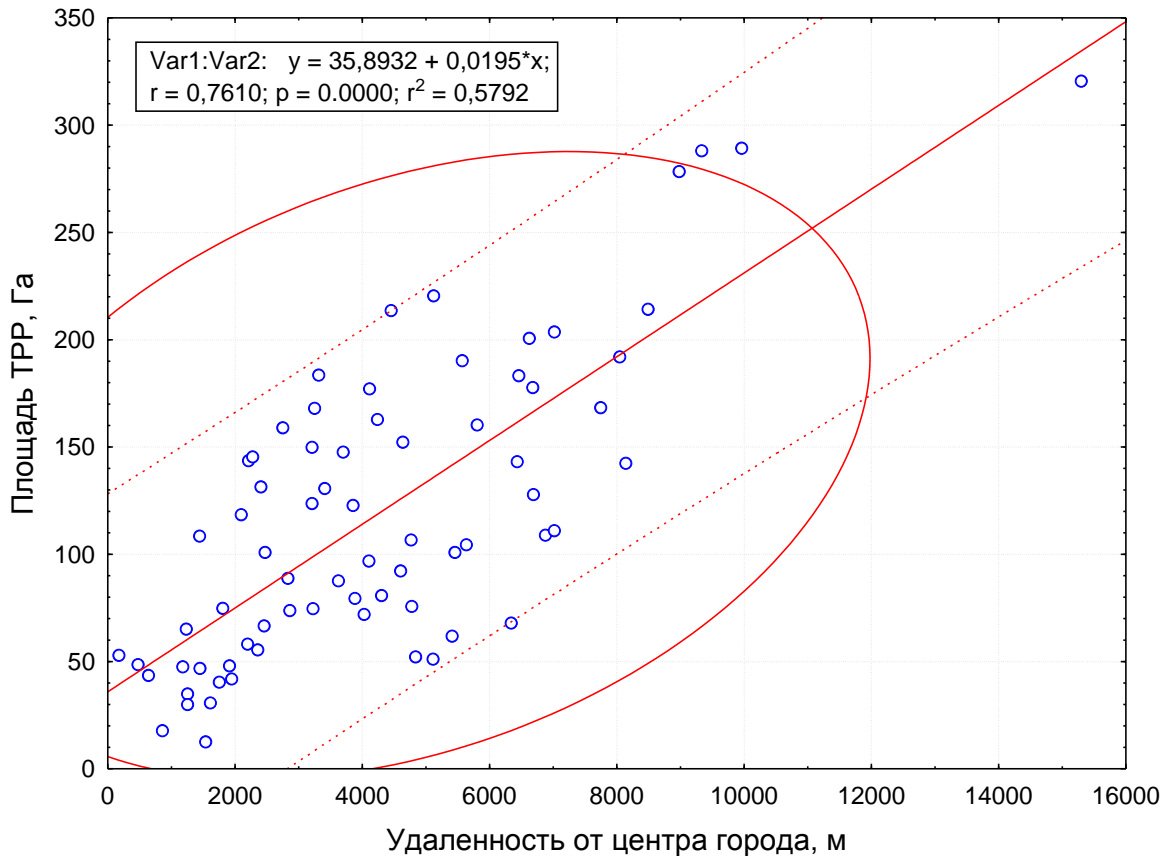


Рис. 4.3 – Зависимость площади ТРР от удаленности от центра города

Разделение ТРР по функциональной принадлежности (жилые, промышленные территории и т.д.), по мнению автора, может изменить качество регрессионной зависимости (табл. 4.3).

Таблица 4.3.

Регрессионная оценка данных жилых районов

Регрессионная статистика				
Коэффициент корреляции R				0,45
R-квадрат				0,20
Нормированный R-квадрат				0,19
Стандартная ошибка				93,52
Наблюдения				79
Дисперсионный анализ				
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F	
			$F_{расч}$	$F_{95\%;2;120}$
Регрессия	1	177227,8421	20,26	3,92
Остаток	77	673452,5456		
Итого	78	850680,3877		

t – статистика					
	Коэффициенты регрессии	t-статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{\text{расчет}}$	$t_{95\%;120}$	нижний	верхний
Y (Га)	63,39	2,72	1,98	17,07	109,71
X <sub>1</sub> (м)	0,016	4,50		0,009	0,024
Матрица корреляции					
	Y	X <sub>1</sub>	-	-	
Y	1	-	-	-	
X <sub>1</sub>	0,45	1	-	-	
$Y = 63,39 + 0,01664 X_1$					

Анализ показывает ухудшение качества регрессионной зависимости. Использовать которую даже для укрупненных расчетов не рекомендуется. Такой результат основан на наличии третьих факторов, наиболее значимо влияющих на искомую величину, в частности, в востребованности жилья в разных районах города. Регрессионный анализ, проведенный только по ГРП, представляющий промышленные территории (табл. 4.4), показал относительно высокую корреляцию, но при этом низкий критерий Фишера – Снедекора, свидетельствующий о недостаточном числе факторов, описывающих данную зависимость. Критерий Стьюдента также свидетельствует о незначимости коэффициентов регрессии.

Таблица 4.4

## Регрессионная оценка данных промышленных территорий

Регрессионная статистика					
Коэффициент корреляции R		0,62			
R-квадрат		0,39			
Нормированный R-квадрат		0,32			
Стандартная ошибка		120,59			
Наблюдения		11			
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F		
			$F_{\text{расч}}$	$F_{95\%;2;10}$	
Регрессия	1	84653,18	5,82	4,96	
Остаток	9	130887,62			
Итого	10	215540,81			
t-статистика					
	Коэффициенты регрессии	t-статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{\text{расчет}}$	$t_{95\%;9}$	нижний	верхний
Y (Га)	58,71	0,70	2,26	-130,66	248,09

$X_1$ (м)	0,02	2,41		0,0015	0,047
Матрица корреляции					
	$Y$	$X_1$	-	-	-
$Y$	1	-	-	-	-
$X_1$	0,62	1	-	-	-
$Y = 58,71 + 0,02466 X_1$					

В заключение проведенного анализа формирования транспортных расчетных районов следует отметить, что наиболее работоспособная зависимость, хотя и с умеренной связью, наблюдается только при использовании общего массива данных.

#### 4.2.1. Результаты анализа формирования устойчивых агломерационных связей города и прилегающей территории на примере г. Иркутск

Анализ данных пригородной территории г. Иркутск, находящейся в зоне его влияния с учетом оценки генерирующей способности территории данного типа, позволяет выполнить расчеты и сформировать эмпирические зависимости, направленные на прогнозирование интенсивности транспортных потоков непосредственно в месте слияния прилегающей территории к транспортным потокам в городской черте. На примере г. Иркутск можно отметить участки перехода пригородной черты в городскую или непосредственно «узкие» участки транспортных развязок (рис. 4.4, табл. 4.5).

Таблица 4.5

#### Участки слияния пригородной и городской территории г. Иркутск

Направление	Основное место слияния
Байкальский тракт	Микрорайон «Солнечный»
Мельничная падь	Поселок «Энергетиков», пересечения ул. Захарова-Мухиной; Сеченова – Мухиной
Голоустненский тракт	Пересечение ул. Рабочей – Дорожной
Московский тракт (М55)	Микрорайон «Синюшина гора» пересечение Б. Рябикова и пр. Маршала Конева
Московский тракт (М53)	Микрорайон Ново-Ленино
Якутский тракт	Якутский тракт – Проходной проезд



Наиболее ярким примером, позволяющим прогнозировать загрузку улично-дорожной сети, является тракт в направлении «Мельничной Пади», поскольку имеет локальную (тупиковую) направленность. Исследования, проведенные в данном направлении, позволяют утверждать, что территория дачных кооперативов (ДТН, СНТ) может генерировать порядка 9–14 корр/Га. Учитывая весьма существенные объемы освоения территории в пригородных направлениях (см. рис. 2.15), порядка 3000 Га в каждом из направлений, возникающая при такой генерирующей способности интенсивность способна превратить участки перехода пригородной черты в городскую, в участки массовых и перманентных транспортных заторов. Даже приблизительные расчеты показывают, что в пиковые периоды интенсивность транспортных потоков с пригородной территорией может достигать 1500–2000 авт/ч. При прогнозировании интенсивности следует учитывать не только площадь ЦМТ, но и её удаленность, поскольку при совершении ежедневных трудовых корреспонденций этот фактор может играть значительную роль. В этом случае следует субурбанизированную территорию разбить на несколько подгрупп, отличающихся удаленностью, например, от центра города, что позволит более дифференцированно оценивать генерирующую способность ЦМТ. В таблице 4.6 представлен анализ данных СНТ и ДТН по направлению «Мельничная Падь».

Таблица 4.6

## Регрессионная оценка данных СНТ и ДТН

Регрессионная статистика				
Коэффициент корреляции R		0,98		
R-квадрат		0,96		
Нормированный R-квадрат		0,95		
Стандартная ошибка		1728,06		
Наблюдения		8		
Дисперсионный анализ				
	число степеней свободы	дисперсия	критерий Фишера F	
			$F_{расч}$	$F_{95\%;1;6}$
Регрессия	2	482278717,7	80,75	5,99
Остаток	5	14931076,48		
Итого	7	497209794,2		
t-статистика				
	коэффициенты регрессии	t-статистика	95%-й доверительный предел	

		$t_{\text{расчет}}$	$t_{95\%;5}$	нижний	верхний
Y (Корр)	-1751,41	0,11	2,57	-39538,1	36035,22
X <sub>1</sub> (Га)	0,000706	12,61		0,000563	0,000851
X <sub>2</sub> (км)	0,14	0,12		-2,78904	3,078473
Матрица корреляции					
	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	-	
Y	1	-	-	-	
X <sub>1</sub>	0,98	1	-	-	
X <sub>2</sub>	0,11	0,10	1	-	
$Y = 7,069 X_1$					

Проведенный анализ показывает, что в целом регрессионная зависимость значима на рассматриваемом уровне значимости, но при этом, на основании критерия Стьюдента, свободный член регрессии и второй фактор незначимо влияют на регрессионную зависимость и, следовательно, ими можно пренебречь. На рисунке 4 наглядно продемонстрирована полученная зависимость в виде плоскости, наклон которой практически незаметен относительно оси, на которой расположены значения удаленности от центра города.

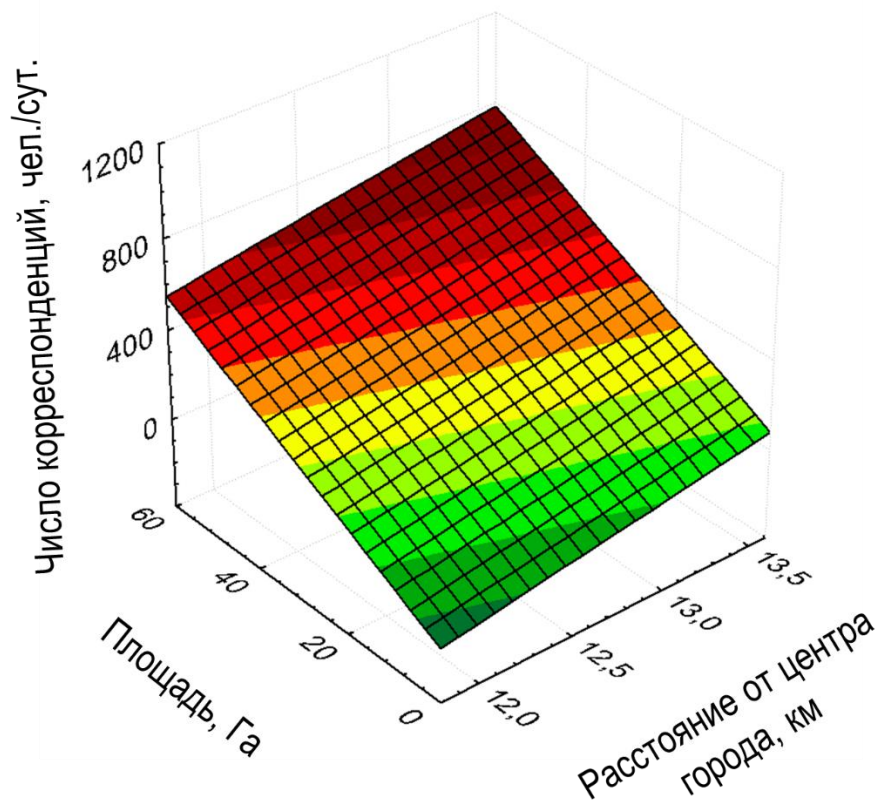


Рис. 4.4 –  
Зависимость числа  
корреспонденций  
от площади СНТ  
ДТН и удаленности  
от центра города

Таким образом, для выявления суточного объема корреспонденций к СНТ и ДТН можно пользоваться эмпирическим выражением:

$$E_{16} = 7,069 \cdot S_{16}, \quad (4.2)$$

где  $S_{16}$  – площадь СНТ, ДТН, Га. Из выражения следует, что 1 Га территории этого типа генерирует примерно 7 человек. Уравнение 4.2 будет справедливо только для периода дачного сезона с мая по октябрь. Проведенные исследования в зимний период (февраль) показывают, что фактор удаленности от центра города имеет решающее значение. Такой исход обусловлен тем, что СНТ и ДТН нельзя однозначно отнести к территориям жилья, поскольку наибольший спрос к ним возникает в период дачного сезона, и в этот период СНТ используется в качестве места постоянного проживания и, следовательно, фактор удаленности не играет решающего значения. С другой стороны, в период трудового года, когда возникает необходимость ежедневных трудовых корреспонденций, расстояние от центра города становится основным фактором. Например, удельная генерация корреспонденций СНТ «Электрон», находящегося на расстоянии 12 км от центра Иркутска, составила 3,4 чел/Га, одновременно с этим СНТ «Подснежник» – удаленное на расстояние 16 км – 1,4 чел/Га и СНТ «Дорожный строитель» – удаленное на 20 км – 0,4 чел/Га. Проведенные исследования на других направлениях пригорода г. Иркутск показывают схожую картину. Из данных исследований можно выявить закономерность:

$$G = 7,73 - 0,375 L, \quad (4.3)$$

где  $G$  – удельная генерация корреспонденций, чел/Га;  $L$  – удалённость от центра города. Причем из выражения следует, что минимальное расстояние от центра города 7,73 км, а максимальное 20,6 км. Что соответствует снижению удельной генерации примерно на 0,52 чел/Га с удалением на каждый километр.

На основе полученных уравнений возможно спрогнозировать интенсивность транспортных потоков. В качестве примера рассмотрим направление «Мельничная Падь» г. Иркутск. Известно, что общая площадь территории СНТ и ДТН в рассмат-

риваемом направлении составляет 3002 Га, следовательно, и объем суточных корреспонденций по (4.2) составит  $Y = 7,069 \cdot 3002 = 21221$  корр/сут. Учитывая среднее долю поездок на ИТ 0,78 (см. прил. 2), наполнение ИТ 1,73 чел/авт. (см. прил. 4), а также коэффициент суточного максимума (часовой неравномерности в пиковый час) – 0,103 (см. прил. 3), то по 2.30 имеем 9576 авт/сут, и пиковое значение интенсивности 986 авт/час. Проверка полученного регрессионного уравнения и проведенных расчетов с натурным экспериментом представлена на рис. 4.5.

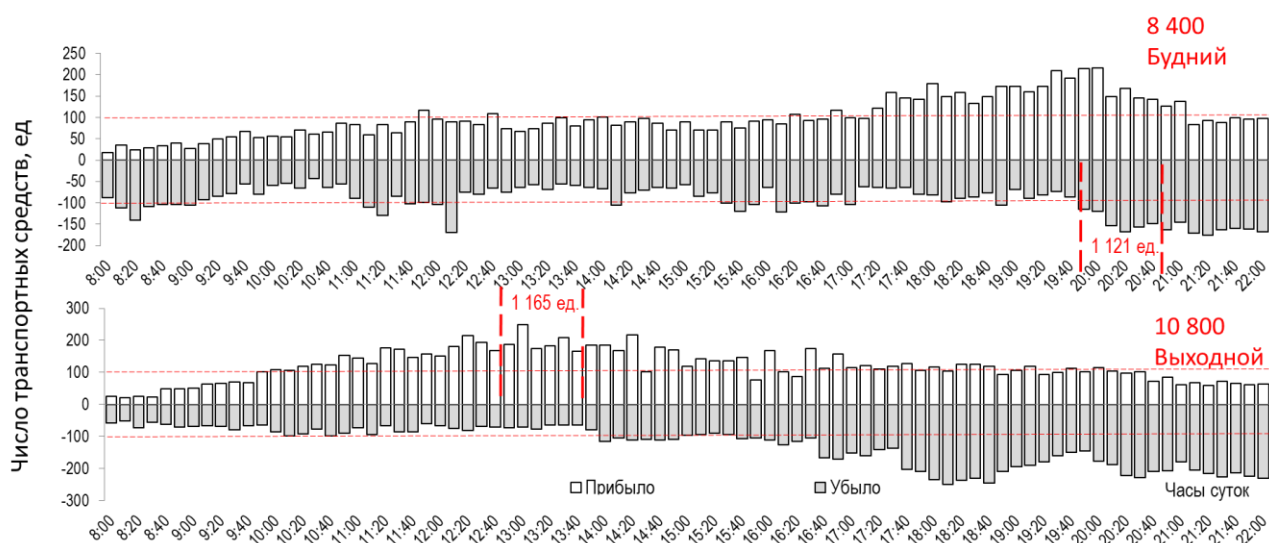


Рис. 4.5 – Натурный замер интенсивности транспортного потока

Выполненный расчет и натурный замер практически совпадают (отклонение составило менее 5% по суточной интенсивности и несколько выше – до 10% – по часовой интенсивности транспортных потоков). На основе предлагаемой эмпирической зависимости, а также справочной информации о функционировании территории (ЦМТ) данного типа можно проводить прогнозирование интенсивности транспортных потоков и, следовательно, уровня загрузки на отдельных узлах УДС как на текущее состояние, так и на перспективу (рис. 4.6).

Одновременно с проведенным расчетом, автор считает, что сопоставление коэффициентов суточной неравномерности (на основе анализа RMSE) может дать ответ на вопрос о схожести функционирования СНТ (ДТН) с городскими жилыми

районами (рис. 4.7) и, возможно, доказать факт постоянного проживания на территории СНТ и ДТН, что в свою очередь будет показывать наличие перманентных маятниковых миграций по трудовым целям.

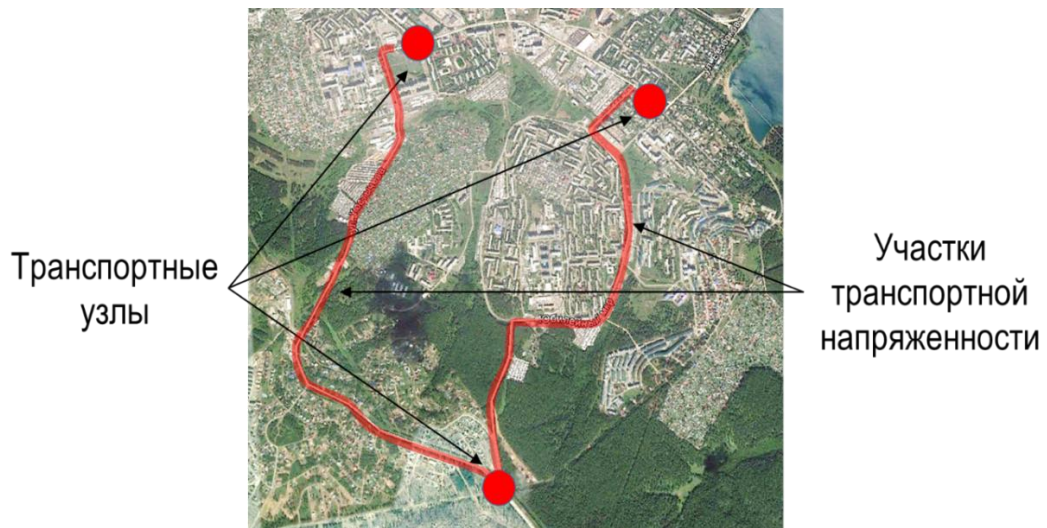


Рис. 4.6 – Пример прогнозирования загрузки УДС в направлении «Мельничная Падь» г. Иркутск

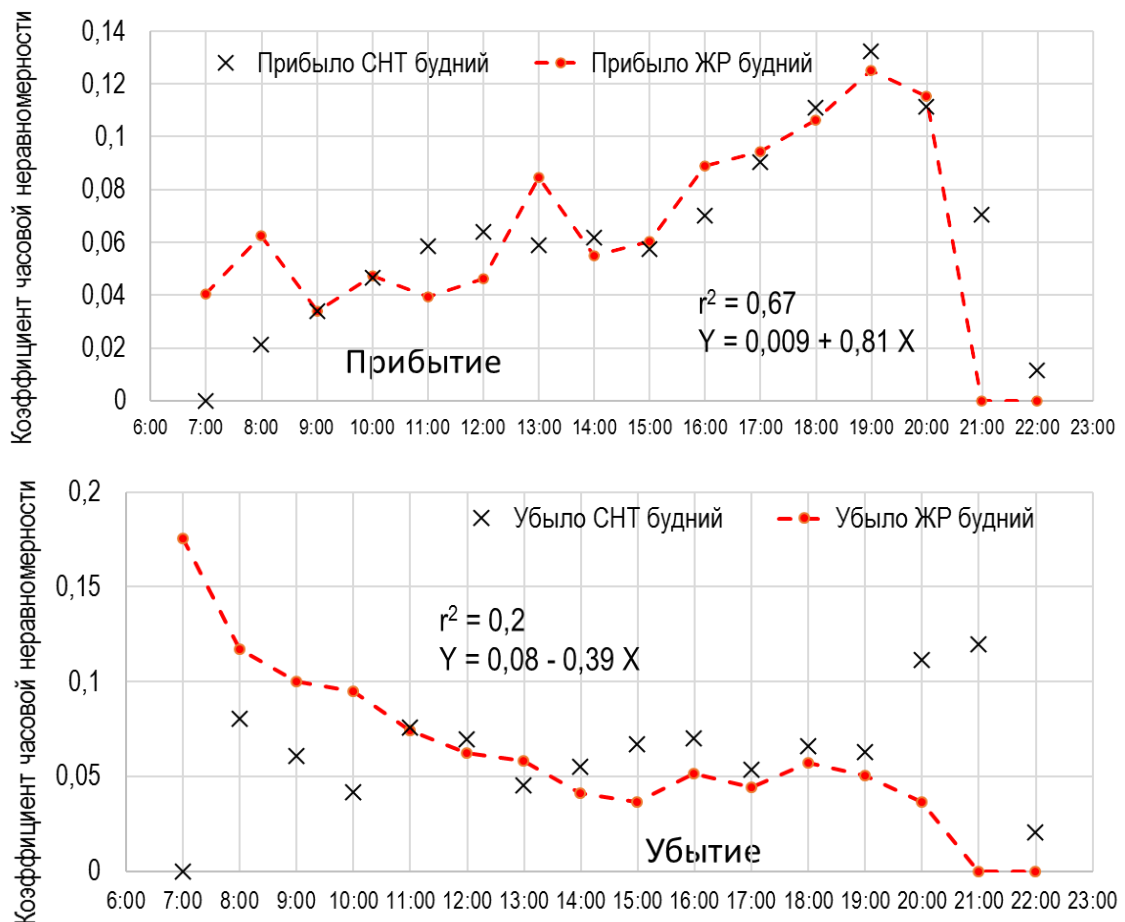


Рис. 4.7 – Анализ RMSE коэффициентов суточной неравномерности СНТ ДТН и жилого района (ЖР) по прибытию и убытию

Проведенный анализ показывает, что характер функционирования по прибытию в значительной степени совпадает ( $r^2 = 0,67$ ), а характер функционирования по убытию разный. Это может быть обусловлено тем, что в СНТ и ДТН посетители прибывают после работы, что показывает схожий характер с жилыми районами. Однако в случае с убытием пик СНТ и ДТН приходится на вечерние часы, когда часть посетителей возвращается в городскую черту в жилые районы (квартиры), поэтому доказать высокий уровень сходства в функционировании этих территорий и тем более выявить долю такого сходства возможно только на основе сравнения основных количественных характеристик по сезонам года.

В заключение следует отметить, что дальнейшие исследования развития пригородной территории, а это фактически процессы субурбанизации, необходимо проводить с учетом множества других факторов, например, с учетом материального благосостояния, развития улично-дорожной сети, наличия альтернативных транспортных систем, пригородных поездов и т.п.

#### 4.2.2. Результаты применения Экспресс-метода оценки транспортного спроса к транспортным расчетным районам

Представленный во второй главе Экспресс-метод оценки транспортного спроса (п. 2.2.4) применим для монофункциональных ЦМТ, в том числе и для ТРР. Важным аспектом его применения является однотипная застройка и одинаковая этажность зданий. В качестве примера применения Экспресс-метода оценки транспортного спроса может выступить жилой микрорайон, который обладает всеми параметрами ТРР и ЦМТ, имеющей монофункциональное назначение. Для наилучшего сопоставления натурного замера и расчетных значений по Экспресс-методу, желательно выбрать такой микрорайон, который бы не имел транзитного движения, что позволит повысить точность эксперимента. Такими качествами обладает микрорайон «Топкинский» г. Иркутск (рис. 4.8).



Рис. – 4.8. Схема микрорайона «Топкинский» г. Иркутск

Таким образом, учет посетителей осуществлялся путем фиксирования ИТ в сечении, а ОТ – на остановочном пункте. По результатам натурного исследования, суточный объем корреспонденций составил 8743 корр. Расчет производится по выражению 2.18.

$$E = 100 \cdot 5 \cdot 0,28 \cdot 15 \cdot 4,9 = 10290 \text{ корр.},$$

где 100 коэффициент размерности;  $L$  – средневзвешенная этажность ТРР – 5 этажей;  $K_{ИТ}$  – коэффициент использования территории – 0,28;  $S_{трр}$  – площадь ТРР, 15 Га;  $G$  – средневзвешенная удельная генерация корреспонденций – 4,9 чел/100 м<sup>2</sup>. При выполнении расчетов по предлагаемой методике следует избегать учета в площади ТРР вспомогательных территорий, таких как гаражные кооперативы, территории складов, крупных спортивных комплексов и т.п.). Площадь ТРР может быть субъективно снижена.

Следует отметить, что точность расчетов в основном зависит от коэффициента использования территории, который, в свою очередь, в зависимости от удаленности от центра города, может иметь весьма существенный вариационный размах (от 0,08 до 0,55). Связано это, прежде всего, с укладом использования городских земель, в результате которого интенсивность использования земли в центре города выше ввиду её большей престижности и стоимости. Для выявления зависимости

между значением коэффициента использования территории ( $K_{ит}$ ) и месторасположением ТРР (удаленностью от центра города) необходимо применить регрессионный анализ (табл. 4.7). В качестве объектов анализа были отобраны ТРР, удовлетворяющие следующим условиям: ТРР должны располагаться на разном удалении от центра города; ТРР должны быть преимущественно жилыми или иметь смешанную застройку (жилье, торговля, деловые центры и общественные пространства); ТРР, по возможности, не должны содержать промышленных территорий. Номера ТРР, отобранных для регрессионного анализа 82; 30; 62; 63; 54; 53; 76; 77; 19; 17; 10; 5; 74; 22; 14 (см. рис. 2.7б).

Таблица 4.7

## Регрессионная оценка коэффициента использования территории

Регрессионная статистика					
Коэффициент корреляции R		0,82			
R-квадрат		0,68			
Нормированный R-квадрат		0,65			
Стандартная ошибка		0,057			
Наблюдения		15			
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F		
			$F_{расч}$	$F_{95\%;1;14}$	
Регрессия	1	0,094	28,08	4,6	
Остаток	13	0,043			
Итого	14	0,137			
t-статистика					
	Коэффициенты регрессии	t-статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;13}$	нижний	верхний
Y ( $K_{ит}$ )	0,36	11,88	2,16	0,29	0,43
$X_1$ (км)	-0,026	-5,29		-0,03	-0,01
Матрица корреляции					
	Y	$X_1$	$X_2$		
Y	1	-	-	-	
$X_1$	0,826	1	-	-	
$Y = 0,3664 - 0,02625 X_1$					

Данные таблицы 4.7 Для большей наглядности продемонстрированы на рис. 4.8.



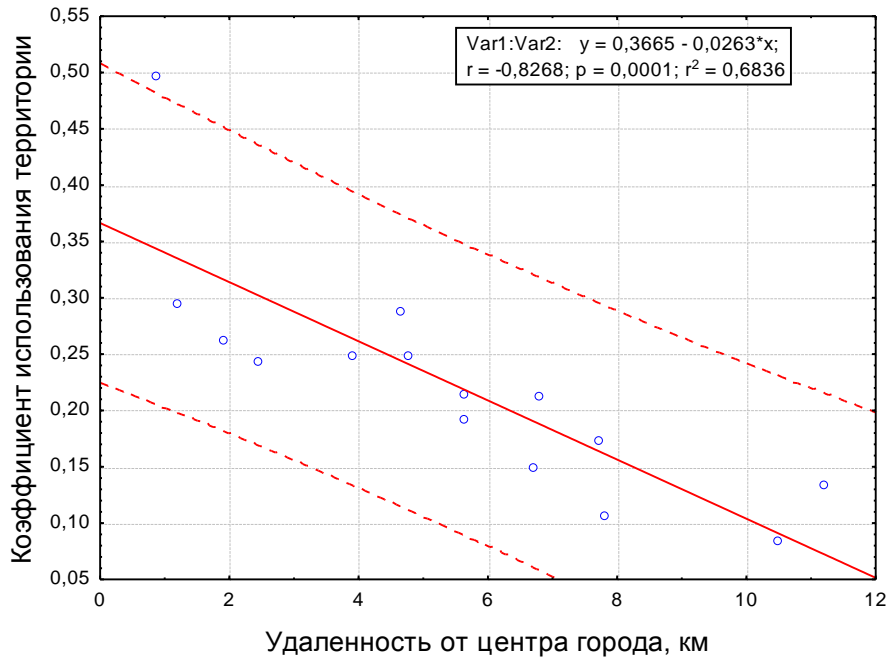


Рис. 4.8 –  
Зависимость  
коэффициента  
использования  
территории от  
удаленности от  
центра города, км.

Итак, для практических расчетов можно использовать следующее выражение:

$$K_{ИТ} = 0,3664 - 0,02625 \cdot l_c, \quad (4.4)$$

где  $l_c$  – удаленность от центра города, км. Следует отметить, что полученная эмпирическая зависимость предполагает наибольшее значение  $K_{um} = 0,36$ , что примерно соответствует данным литературного источника [120],  $K_{um} = 0,4$ . Однако наименьшее значение, которое можно получить используя данное уравнение, составит 0,077 при удаленности ТРР от центра города на 11 км.

#### 4.2.3. Результаты анализа данных коэффициента непрямолинейности

При выполнении градостроительно-транспортных проектов у проектировщиков возникает проблема рационального размещения УДС в соответствии с потребностями передвижений населения. Неправильное и нерациональное размещение УДС может в значительной степени (30–40%) повышать перепробеги со всеми вытекающими последствиями. Таким образом, задача проектировщиков сводится к построению такой УДС, прежде всего каркаса её магистральных улиц, которая по своим характеристикам стремится связать маршруты передвижений по кратчайшей

прямой. Из сказанного выше следует, что качество связей УДС можно оценить коэффициентом непрямолинейности УДС, который показывает насколько минимально возможная траектория движения из любых двух точек плана города приближена к воздушной прямой, соединяющей эти точки.

В частности, исследователями [160] были получены значения коэффициентов непрямолинейности и разработана шкала оценки качества УДС на их основе:

1,0 – отлично;

1,1 – хорошо;

1,2 – удовлетворительно;

1,3 – неудовлетворительно;

1,4 – очень плохо.

Для практической оценки коэффициента непрямолинейности в г. Иркутск используется методика, описанная в Главе 3, основанная на ГИС системах. Фактически необходимо получить массив данных, состоящих из данных удаленности центров ТРР по воздушной прямой и минимально возможным расстоянием по УДС города с учетом принятой организации дорожного движения. Физический смысл этого коэффициента отражает увеличение дальности передвижения, по сравнению с минимально возможной. Математически коэффициент непрямолинейности представлен выражением:

$$k_{cur} = \frac{l_{cur}}{l_a}, \quad (4.5)$$

где  $l_a$  – расстояние по воздушной прямой, км;  $l_{cur}$  – расстояние по УДС, км. С практической точки зрения, наиболее рациональным представляются замеры указанных выше массивов данных из центра города во все остальные ТРР. Таким образом, описанный выше массив представлен в табл. 4.8. Следует также отметить, что для каждого города данный коэффициент будет иметь собственное значение, учитывающее особенности УДС и ОДД.

## Формирование коэффициента непрямолинейности

ИЗ ТРР	В ТРР	По воздушной прямой	По УДС	Коэффициент непрямолинейности
1	30	6915	7600	1,0990
1	53	7776	8600	1,1059
1	71	1749	2000	1,1435
1	22	4948	5700	1,1519
1	52	6744	7800	1,1565
1	56	9587	11100	1,1578
1	46	3013	3500	1,1616
1	29	6111	7200	1,1782
1	36	3870	4600	1,1886
1	37	5377	6400	1,1902
1	48	4200	5000	1,1904
1	72	1418	1700	1,1988
1	55	8757	10500	1,1990
1	43	7566	9100	1,2027
1	25	4822	5800	1,2028
1	23	4192	5100	1,2166
1	57	9357	11400	1,2183
1	21	4743	5800	1,2228
1	42	5150	6300	1,2233
1	38	2999	3700	1,2337
1	54	7776	9600	1,2345
1	31	6777	8400	1,2394
1	60	8807	11000	1,2490
1	51	6911	8700	1,2588
1	17	2774	3500	1,2617
1	26	5669	7200	1,2700
1	41	4013	5100	1,2708
1	34	2798	3600	1,2866
1	20	4108	5300	1,2901
1	82	6724	8800	1,3087
1	18	3358	4400	1,3103
1	14	2289	3000	1,3106
1	59	6864	9100	1,3257
1	44	8354	11100	1,3287
1	78	5863	7800	1,3303
1	39	4470	6000	1,3422
1	50	5137	6900	1,3431
1	81	7591	10300	1,3568
1	15	3309	4500	1,3599
1	87	8221	11300	1,3745
1	80	8078	11200	1,3864

Окончание таблицы 4.8.

1	90	12405	17300	1,3945
1	40	2707	3800	1,4037
1	58	6337	9000	1,4202
1	13	2317	3300	1,4242
1	75	6030	8600	1,4262
1	24	4410	6300	1,4285
1	19	3606	5200	1,4420
1	32	2725	4000	1,4678
1	89	7613	11200	1,4711
1	49	5368	7900	1,4716
1	33	4190	6200	1,4797
1	85	5897	8800	1,4922
1	79	3378	5100	1,5097
1	86	4826	7500	1,5540
1	27	5435	8600	1,5823
1	45	2504	4000	1,5974
1	84	6273	10300	1,6419
1	76	5000	8400	1,6800
1	73	3970	6700	1,6876
1	16	2358	4000	1,6963
1	88	5437	9300	1,7105
1	28	5877	10300	1,7525
1	77	4157	7300	1,7560
1	35	2717	4900	1,8034
1	83	5798	10900	1,8799
1	69	1700	3300	1,9411
1	74	4050	8000	1,9753
1	68	1900	4600	<b>2,4210</b>
1	47	2218	6300	<b>2,8403</b>
1	70	902	3800	<b>4,2128</b>
Среднее	-	5088	7050	1,4590
Среднее без учета крайних значений	-	-	-	1,3840

Представленный массив данных учитывает разнообразие организации дорожного движения, что проявляется как в низких значениях коэффициентов непрямолинейности 1,099 из ГРР, так и в весьма высоких 4,12 (рис. 4.9).

На основании данных таблицы 4.8 и приведенных примеров необходимо провести проверку представленного массива данных коэффициента прямолинейности по критерию «выпада», математическое описание этого критерия приведено в Главе 3 (п. 3.6).

$$T = \frac{4,2128 - 1,4590}{0,44} \geq 6,2 .$$

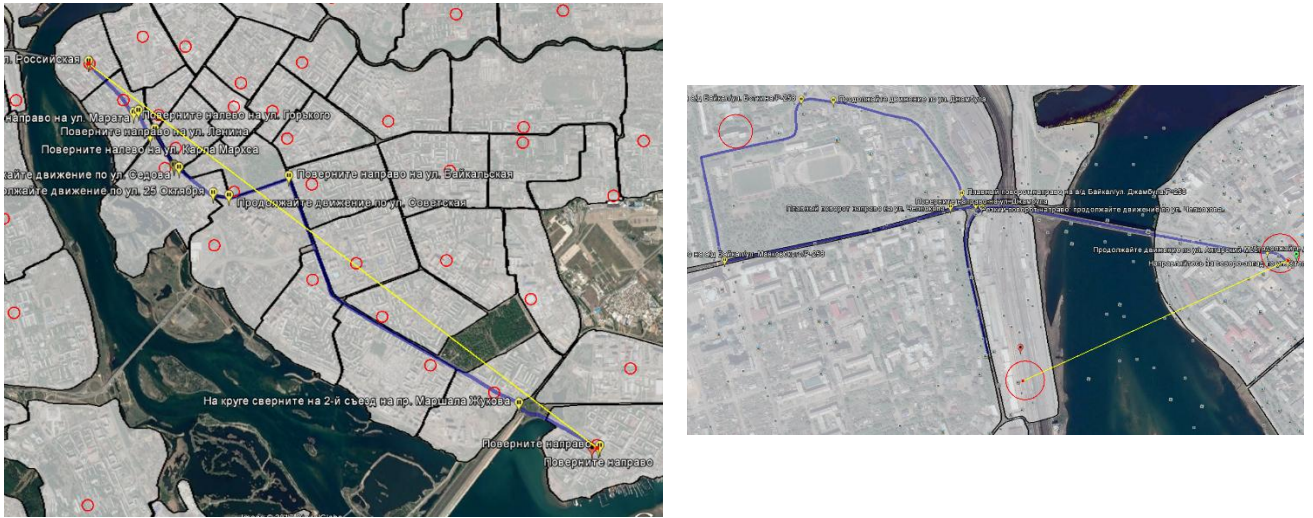


Рис. 4.9 – Примеры формирования коэффициентов непрямолинейности для г. Иркутск

Расчетное значение критерия выппада для крайнего значения выборки «4,2128» составило «6,2», что больше критического значения «2,9» для рассматриваемого уровня значимости, следовательно, крайнее значение не принадлежит указанной выборке и должно быть исключено из неё. Проверка следующего крайнего значения осуществляется аналогичным способом, и на основании расчетов крайние значения «2,8403» и «2,4210» также не принадлежат указанной выборке и подлежат исключению из неё. Таким образом, среднее значение выборки, уменьшившееся на три значения, составило 1,384 в сравнении с 1,459.

#### 4.3. Результаты анализа экспериментальных данных количественных характеристик функционирования ЦМТ и оценка их влияния на формирование транспортного спроса

Несмотря на то, что исследования проводятся в натуральных условиях и на реальных ЦМТ, статистическая проверка массивов данных, характеризующих функционирование этих ЦМТ, позволяет проверить гипотезу о принадлежности крайних значений к выборке, систематизировать и упростить работу с массивами данных,

выявить вариационный размах и оценить ошибку среднего, предложить конечному пользователю (проектировщику, инженеру) справочные данные.

#### 4.3.1. Удельная генерация корреспонденций

Генерация корреспонденций является основной качественной характеристикой, позволяющей оценить не только объем корреспонденций к рассматриваемой ЦМТ, но и косвенно показывает степень привлекательности этих ЦМТ [53].

При статистической обработке данных прежде всего необходимо проверить гипотезу о принадлежности крайних значений к выборке, для этого необходимо воспользоваться известными статистическими приемами п. 3.6. В качестве примера рассматривается выборка укрупненно кода 1 (Жилье). Данные представлены в виде вариационного ряда в порядке возрастания: 0,0005; 0,0006; 0,0006; 0,0008; 0,0009; 0,0010; 0,0012; 0,0015; 0,0015; 0,0018; 0,0019; 0,0019; 0,0087; 0,0123; 0,0269; 0,0313; 0,0344; 0,0348; 0,0491; 0,0498; 0,0669.

Рассчитывается стандартное отклонение:

$$\begin{aligned}\sum x^2 &= 0,108453 \\ (\sum x)^2 &= 0,013744 \\ \sigma &= 0,02071.\end{aligned}$$

Рассчитывается среднее арифметическое:

$$x_{cp} = 0,3293 / 21 = 0,0156.$$

Определяются крайние значения выборки:

$$x_k = 0,0669.$$

Рассчитывается критерий выпадения:

$$\begin{aligned}T &= \frac{0,0669 - 0,0156}{0,02071} \geq T_T; \\ T &= 2,5 \geq T_m = 2,4.\end{aligned}$$

Если  $T > T_m$ , то гипотеза о принадлежности крайнего значения к данной выборке неверна, в противном случае крайнее значение принадлежит указанной вы-

борке. Гипотеза о принадлежности варианты «0,0669» к выборке отвергается. Таким образом, крайнее значение «0,0669» является артефактом и должно быть удалено из выборки. Проверка продолжается до тех пор, пока не будут исключены все артефакты. В рассматриваемом примере артефакты заканчиваются на второй итерации. Следовательно, среднее значение с 0,0156 скорректируется до 0,0131, а разница составит 19,5%. Справочные данные удельной генерации корреспонденций по типам ЦМТ представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9

Удельная генерация корреспонденций чел/м<sup>2</sup>/сут.

Код территории	Наименование типа территории	Мин	Макс	Среднее значение
<b>1</b>	<b>Жилье</b>	<b>0,00004</b>	<b>0,2033</b>	<b>0,0346</b>
12	Среднеэтажная застройка	0,0173	0,2033	0,0522
14	Жилье с участком земли	0,0009	0,0123	0,004
16	СНТ (Садоводческие некоммерческие товарищества)	0,00004	0,0018	0,0007
<b>2</b>	<b>Торговля, общепит, сфера услуг</b>	<b>0,01523</b>	<b>10,0600</b>	<b>1,6251</b>
21	Торгово-развлекательные центры, универмаги	0,3985	6,2500	2,3911
22	Продовольственные товары	0,3985	6,2500	2,3911
23	Мебель	0,0861	0,1600	0,1230
24	Одежда	-	-	0,5500
26	Строительные товары	0,1328	1,2646	0,5670
211	Аптеки	0,7500	6,2833	3,1445
213	Салон цветов	-	-	0,8800
217	Алкомаркет	1,2285	2,1000	1,5758
220	Рестораны, кафе, бары	0,0352	1	0,5250
222	АЗС	-	-	0,3329
223	Автомойка	-	-	0,1140
224	Станция технического обслуживания автомобилей	0,0362	0,4475	0,2442
227	Парикмахерская, салон красоты	-	-	1,0200
229	Ритуальные службы	-	-	0,5125
231	Религиозные учреждения (церкви, приходы, монастыри)	-	-	0,0170
<b>3</b>	<b>Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг</b>	<b>0,0124</b>	<b>1,8200</b>	<b>0,245804</b>
31	Детские сады, ясли	-	-	0,1239
32	Средние школы	-	-	0,1748
35	Учебные заведения ВПО (институты, академии, университеты)	-	-	0,2131

37	Школы раннего развития детей	-	-	1,0150
38	Больницы, госпитали			0,0367
39	Поликлиники	0,3302	0,7976	0,4639
315	Кинотеатры	-	-	0,2122
319	Физкультурно-оздоровительные центры (ФОК)	0,03	0,1941	0,1200
322	Бани/сауны	-	-	0,0170
328	Туристические базы (кемпинги)	-	-	0,0124
<b>4</b>	<b>Офисы</b>	<b>0,1062</b>	<b>4,1800</b>	<b>1,4451</b>
44	Нотариусы	-	-	1,3166
47	Проектные организации (институты, лаборатории)	-	-	0,1155
416	Почта, телеграф, АТС	0,47	1,6000	1,2400
<b>5</b>	<b>Промышленность</b>	<b>0,0018</b>	<b>0,1571</b>	<b>0,0349</b>
51	Комбинаты	-	-	0,0082
52	Завод	0,0018	0,0040	0,0031
<b>6</b>	<b>Коммунально-складское хозяйство</b>	<b>0,0047</b>	<b>0,0340</b>	<b>0,0115</b>
61	Автотранспортные предприятия	0,0055	0,0083	0,0069
64	Логистический центр	0,0166	0,0340	0,0253
66	Гаражный кооператив	0,0047	0,0112	0,0070

Для большей наглядности данные таблицы 4.9 проиллюстрированы на рис. 4.10.

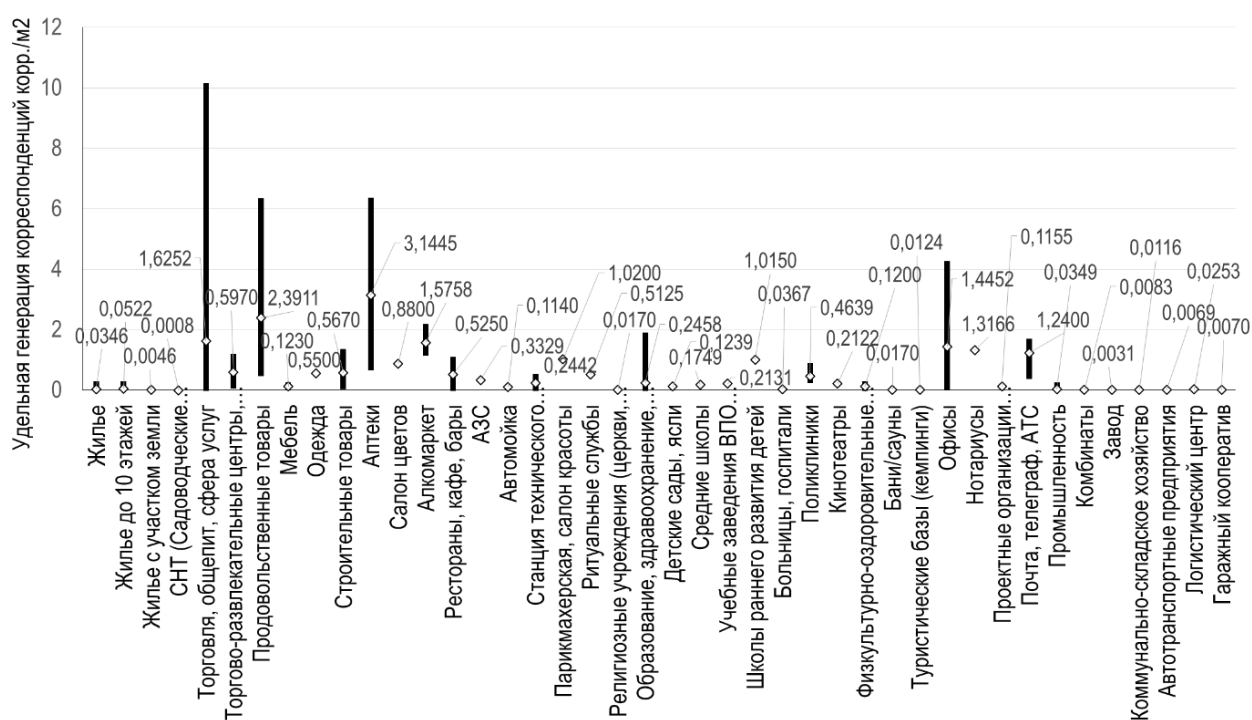


Рис. 4.10 – Удельная генерация корреспонденций (вариационный размах, среднее значение)

В настоящее время не выявлено существенных факторов, влияющих на удельную генерацию корреспонденций, кроме площади ЦМТ, которая уже включена в



её физический смысл. Автор предполагает, что такими факторами могут являться численность городского населения, объем жилого фонда в пешеходной доступности, учет привлекательности бренда ЦМТ и др., рассмотреть которые можно в отдельном диссертационном исследовании. Что же касается выявленных вариационных диапазонов, то их можно применять в случае изменения активности городской среды на субъективном (экспертном) уровне. Например, для районов высокой деловой активности целесообразно использовать более высокие значения удельной генерации корреспонденций для офисов, банков и т.п., а для продуктовых магазинов большее значение удельной генерации будут в местах скопления жилья. В любом случае, среднее значение по коду ЦМТ удовлетворяет статистическим оценкам и будет отражать реальную генерирующую способность, несмотря на возможную погрешность.

#### 4.3.2. Методика оценки потребного числа парковочных мест

В практике проектирования объектов городского хозяйства и обслуживания ЦМТ необходимым элементом являются парковочные места. В последние десятилетия эта задача стоит особенно остро. Возросший уровень автомобилизации и увеличение доли поездок на ИТ требуют от проектировщиков создания большего числа парковочных мест с целью повышения качества транспортного обслуживания населения, а в некоторых случаях являются единственным способом привлечения посетителей, например, при обслуживании крупных торгово-развлекательных центров. Особенно остро процесс парковки ощущается в пиковые периоды, когда отсутствие места для парковки может служить отказом для посещения ЦМТ. Наиболее удобной формой представления нормативов на проектирование числа парковочных мест являются относительные показатели, представленные в СНиП [153]. Однако в данном исследовании не представляется возможным учесть все многообразие удельных показателей (расчетных единиц), используемых в этом нормативном документе (число парко-мест отнесенных на каждые 100 посетите-

лей, 100 работников, 100 коек, 1000 студентов и т.п.), учитывая, что между площадью ЦМТ и приведенными удельными показателями существует взаимосвязь, в том числе и на уровне ведомственных СНиПов, то предлагается использовать универсальную расчетную единицу – площадь ЦМТ (табл. 4.10), уровень автомобилизации 300–350 авт/1000 жит.

Таблица 4.10.

## Нормативы расчета потребного числа парковочных мест

Код ЦМТ	Наименование ЦМТ	Расчетная единица	Число машино-мест на расчетную единицу	Норматив СНиП 89* [152]	Норматив СНиП 2017 [153]
64	Логистический центр	100 м <sup>2</sup>	0,47–1,11	–	–
52	Завод	Га	6,28–12,00	–	–
21	Среднеэтажная застройка	100 м <sup>2</sup>	0,36–0,58	–	–
14	Частный сектор (отдельные поселки)	Га	5,68–9,90	–	–
14	Частный сектор (городская территория)	Га	22,00–44,00	–	–
16	СНТ (Садоводческие некоммерческие товарищества)	Га	2,08–3,33	11,6-16,6 <sup>1</sup>	–
31	Детские сады, ясли	100 м <sup>2</sup>	0,77–1,35	–	–
35	Учебные заведения ВПО (институты, академии, университеты)	100 м <sup>2</sup>	0,47–0,86	–	–
32	Средние школы	100 м <sup>2</sup>	0,48	–	–
37	Школы раннего развития детей	100 м <sup>2</sup>	10	–	–
315	Кинотеатры	100 м <sup>2</sup> / на 100 посетителей	1,17–2,47 / 8,78–15,00	нет / 10-15	- / 8,33-12,5
319	Физкультурно-оздоровительные центры (ФОК)	100 м <sup>2</sup> / 100 одновременных посетителей	1,67–3,94 / 39,7	–	- / 10-12,5
322	Бани, сауны	100 м <sup>2</sup> / 100 одновременных посетителей	0,43–1,33 / 36,8	–	- / 16,6 - 20
328	Туристические базы	Га / на 100 посетителей	34 / 27	нет / 3-5	–
416	Почта, телеграф, АТС	100 м <sup>2</sup>	3,87–6,68		
231	Религиозные учреждения (церкви, приходы, монастыри)	Га / 100 одновременных посетителей	0,92 / 7,58		- / 10-12,5

38	Больницы, госпитали	100 м <sup>2</sup>	0,85–1,24		
39	Поликлиники	100 м <sup>2</sup> / на 100 посетителей	1,2–2,18 / 2,82–6,64	Нет / 2–3	
41	Банки, прием платежей	100 м <sup>2</sup>	2–3,81		2,85–3,33
44	Нотариусы	100 м <sup>2</sup>	4,23–6,35		
47	Проектные организации (институты, лаборатории)	100 м <sup>2</sup>	0,8–1,74		1,4–1,7
26	Строительные товары (магазины, торговые центры)	100 м <sup>2</sup>	7,9–11,52		
26	Строительные товары (рынки, площади открытого типа)	100 м <sup>2</sup>	0,74–1,05		
211	Аптеки	100 м <sup>2</sup>	3,39–7,74		
21	Продуктовые магазины	100 м <sup>2</sup>	2,26–3,48		2–2,5
22	Многофункциональные торговые центры (более 5 типов ЦМТ)	100 м <sup>2</sup>	6,86–8,11	5–7	2,85–3,33
217	Алкомаркет	100 м <sup>2</sup>	3,24–6,16		1,42–1,66
224	СТО	100 м <sup>2</sup>	0,57		
66	Гаражный кооператив	Га	22–47		

1 – В СНиП норматив распространяется на каждые 10 участков. Если учесть, что средняя площадь одного участка 600 м<sup>2</sup>, то на 10 участков площадью 6000 м<sup>2</sup> потребно 7–10 машино-мест, тогда в пересчете на 1 Га 11,6–16,6.

Вариационный диапазон указан для условий внутрисеансового пика, который может быть учтен через РНФ фактор (см. п. 2.3.2). Фактически выбор норматива ближе к нижней границе может означать отказ в предоставлении места в пиковые периоды, продолжительность которых, как правило, не превышает одного-двух часов. Всё остальное время функционирования парковочных мест будет достаточно. С приближением к верхней границе норматива, отказы на парковку в пиковые периоды будут уменьшаться до полного отсутствия дефицита. Для большей наглядности данные таблицы 4.10 представлены на рисунке 4.11.

Такого рода нормативные данные представлял Российский ученый, наш современник, профессор И.Н. Пугачев в работе [139]. К сожалению, сравнить нормативы по всем типам ЦМТ нет возможности по причине использования разных расчетных единиц, но для основных ЦМТ такое сравнение возможно. Например, число

парковочных мест возле жилых домов оценивается исходя из числа 1, 2 и 3-комнатных квартир, причем имеется и дифференциация по расположению относительно станций метрополитена:

$$n_{\text{MH}} = 0,1(12x + 4y + 7z), \quad (4.6)$$

где  $x$  – количество однокомнатных квартир;  $y$  – количество двухкомнатных квартир;  $z$  – количество квартир от трех комнат и более. По данным расчетов (4.6), автор приходит к выводу о необходимости 1 машино-места на каждую квартиру, причем на каждую двухкомнатную квартиру необходимо + 0,2 машино-места, трехкомнатную + 0,5 машино-места и + 0,2 машино-места на каждую квартиру под гостевую парковку.

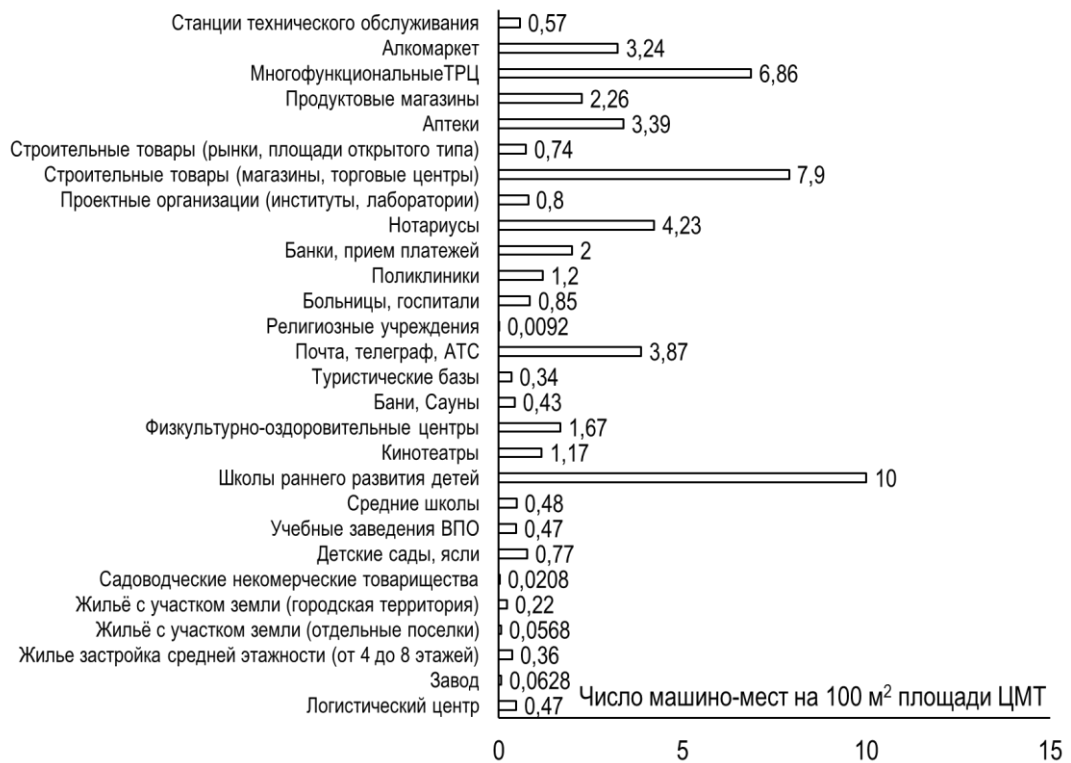


Рис. 4.11 – Нормативные значения числа машино-мест по ЦМТ

Применение выражения (4.6) требует достаточно детального плана здания, в т.ч. имеющих отличий по числу комнат, которые хотя и дают более высокую точность расчета, но при этом требуют наличия труднодоступной информации.

Пример расчета потребного числа мест целесообразно провести на объекте, процесс паркирования возле которого является предметом всеобщего критического

наблюдения. Как правило, такими объектами являются крупные торговые центры, жилые комплексы, объекты социальной направленности (поликлиники, общественные приемные); в качестве примера рассмотрен жилой массив из трех пятиэтажных жомов, объединенных единым внутри дворовым пространством и общим архитектурным замыслом. Удаленность жилого массива от центра города составляет примерно 8 км, общая площадь с учетом этажности 18600 м<sup>2</sup>. Следует отметить, что исследования фактически занятых машино-мест для рассматриваемого жилого массива проводилось в выходной день (суббота), так, например, исследования, проведенные для этого же жилого массива в будние дни, показывают меньшие результаты, поскольку продолжительность парковки существенно ниже.



Рис. 4.12 – Оценка потребного числа машино-мест для жилого массива

ЦМТ, подвергающаяся особой критической оценке со стороны посетителей – объекты торговли. Нередко отсутствие парковочных мест или неудобное их расположение является причиной отказа от посещения торгового заведения. В качестве примера рассмотрен универмаг торговой площадью 270 м<sup>2</sup>, расположенный на расстоянии 1,4 км от центра города (рис. 4.13). Несмотря на предлагаемый диапазон обеспечения парковочными местами, в пиковый период все же возникает небольшой дефицит машино-мест (в пределах 10–12% от потребного числа).

Таким образом, следует заключить, что данные потребного числа парковочных мест по некоторым типам ЦМТ имеют незначительные отличия с действующими нормативами [153], например, кинотеатры, религиозные учреждения, банки

приема платежей и др. Кроме того, ЦМТ, никак не упомянутые в [153], сегодня особенно остро нуждаются в нормировании, а именно: жилье в дифференциации по типу, организации, выполняющие техническое обслуживание автомобилей и др.

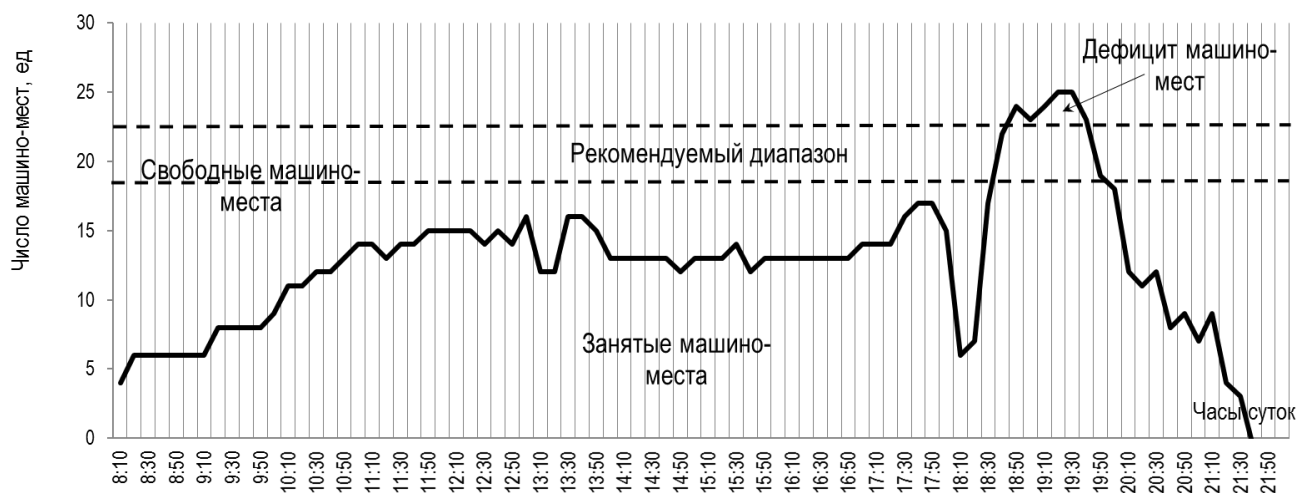


Рис. 4.13 – Оценка потребного числа машино-мест для универсама

Приведенная методика оценки потребного числа парковочных мест может быть сконцентрирована и представлена на принципиальной схеме в виде 8 последовательных шагов (рис. 3.12).

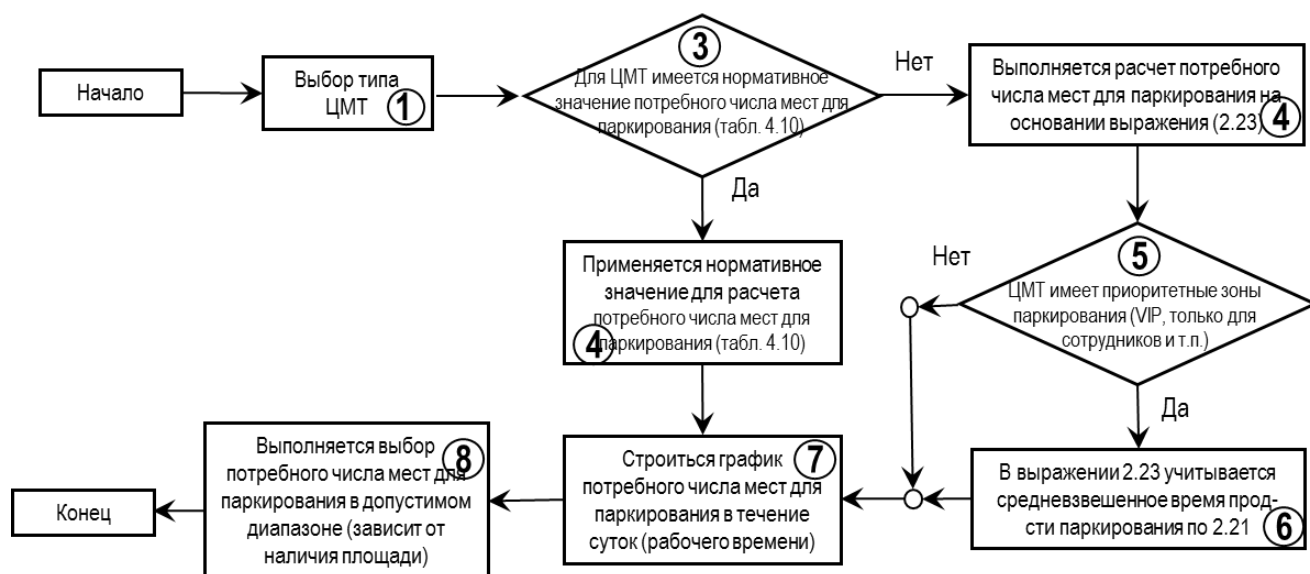


Рис. 4.14 – Принципиальная схема оценки потребного числа парковочных мест

Из рисунка видно, что при оценке потребного числа парковочных мест важную роль играют этапы выбора типа ЦМТ, учет наличия выделенных зон для парковки, а также выбор наиболее рационального числа мест с учетом пиковых периодов, позволяющих обслуживать посетителей ЦМТ, прибывающих на ИТ на высоком уровне.

#### 4.3.3. Коэффициенты суточной неравномерности

Коэффициенты суточной неравномерности являются безразмерной унифицированной величиной, характеризующей долю загрузки ЦМТ по часам суток. Именно их унифицированность позволяет использовать эту количественную характеристику функционирования ЦМТ для проверки статистической схожести или различия в функционировании. Учитывая, что данные выборки будут иметь одинаковые средние значения, то применять в качестве сравнения существующие методики, например, критерий Стьюдента не представляется возможным. Наиболее подходящим инструментом для проверки степени схожести можно использовать корреляционный анализ, свидетельствующий о статистической взаимосвязи двух или более случайных величин (либо величин, которые можно с некоторой допустимой степенью точности считать таковыми). При этом изменения значений одной или нескольких из этих величин сопутствуют систематическому изменению значений другой или других величин. Что, несомненно, подходит для рассматриваемого случая.

В данном подразделе автор ставит целью, с одной стороны, доказать схожесть в функционировании объектов одного типа территории, например, жилье средней этажности (код 12), а с другой стороны – выявить предел допустимого укрупнения ЦМТ, например, для укрупненной типологии «жилье» (код 1). Наиболее подходящей формой представления корреляционной связи является матрица корреляции (табл. 4.11).

Таблица 4.11

Парные коэффициенты корреляции для ЦМТ жилье, застройка средней этажности (код 12)

Название ЦМТ	Юбилейный	Зеленый берег	Луговое	Российская	Топкинский	Изумрудный город (код 12)	Среднее
Юбилейный	1						0,8200
Зеленый берег	0,7181	1					0,7580
Луговое	0,8669	0,6552	1				0,7800
Российская	0,8281	0,85944	0,8542	1			0,8570
Тонкинский	0,8704	0,800	0,9061	0,8894	1		0,8660
Изумрудный город	0,7800	0,7681	0,8968	0,8894	0,9395	1	0,8500

Из таблицы видно, что коэффициенты корреляции не ниже 0,65, что, в свою очередь, доказывает тесную связь коэффициентов суточной неравномерности рассматриваемых ЦМТ и, следовательно, высокую схожесть функционирования ЦМТ в рассматриваемом типе ЦМТ (код 12). В таблице присутствует один ЦМТ – жилье высокой этажности код (13), учитывая, что средний коэффициент корреляции для этого ЦМТ – 0,85, то его можно объединить с кодом 12 без уточнений этажности.

Жилье с участком земли (частный сектор) может быть представлено несколькими ЦМТ (табл. 4.12).

Таблица 4.12

Парные коэффициенты корреляции для ЦМТ жилье с участком земли (код 14)

Название ЦМТ	Зуй	Кая_ЧС Иркутск	Мегет	Молодежный	Хомутово	Шведская деревня	Среднее
Зуй	1,00						0,51
Кая_ЧС_Иркутск	0,19	1,00					0,42
Мегет	0,57	0,57	1,00				0,76
Молодежный	0,63	0,38	0,82	1,00			0,69
Хомутово	0,61	0,51	0,94	0,79	1,00		0,75
Шведская деревня	0,57	0,48	0,94	0,87	0,91	1,00	0,75

Из таблицы очевидно (применяется условное форматирование в виде окрашивания для ячеек, значение которых менее 0,5), что п. Зуй и территория частного сектора «Кая» имеют коэффициенты парной корреляции ниже 0,5, что соответствует умеренной связи и не может рассматриваться в качестве идентичных ЦМТ.



Такой результат может быть обусловлен высокой степенью изолированности этих ЦМТ, другими словами, отсутствием постоянных трудовых и культурно-бытовых связей с центрами. В пользу этого вывода свидетельствует и достаточно низкая удельная суточная генерация корреспонденций (1,95 чел/Га) относительно среднего значения 45 чел/Га.

Садоводческие некоммерческие товарищества рассматриваются пятью случаями (табл. 4.13).

Таблица 4.13

## Парные коэффициенты корреляции для ЦМТ СНТ, ДТН (код 16)

Название ЦМТ	Бирюсинка	Изумруд	М/Падь	Троллейбусник	Электрон	Среднее
Бирюсинка	1,00					0,64
Изумруд	0,45	1,00				0,41
М/Падь	0,85	0,52	1,00			0,68
Троллейбусник	0,60	0,30	0,74	1,00		0,52
Электрон	0,66	0,37	0,63	0,44	1,00	0,53

Низкая корреляция наблюдается между СНТ «Изумруд» и другими СНТ. Это может быть обусловлено некоторыми выбросами или исследованиями в нестандартный день, например, предпраздничный. В целом же между другими СНТ наблюдается высокая корреляция.

Таким образом, учитывая некоторые «выбросы» п. «Зуй», СНТ «Изумруд» можно отметить, что в рамках одного типа ЦМТ наблюдается высокая схожесть в функционировании ЦМТ, для выявления возможности объединения рассматриваемых типов ЦМТ именно по коэффициентам суточной неравномерности необходимо провести сравнение средних коэффициентов суточной неравномерности по типам ЦМТ (табл. 4.14).

Таблица 4.14

## Парные коэффициенты корреляции для ЦМТ СНТ, ДТН (код 16)

Код ЦМТ	12	14	16	Среднее
12	1			0,4523
14	0,8212	1		0,4858
16	0,0834	0,1505	1	0,1169

Из таблицы видно, что сходства в функционировании ЦМТ наблюдаются только между жильем средней этажности (код 12) и жильем с участком земли (код

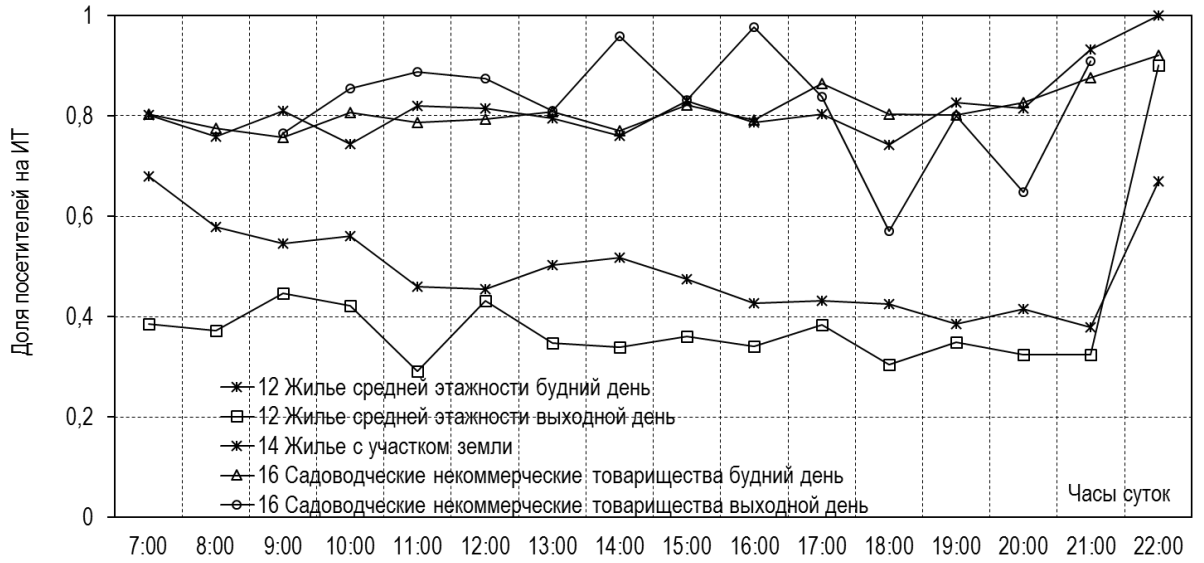
14). В случае с дачными некоммерческими товариществами корреляции не наблюдается, что указывает на иной характер функционирования этих ЦМТ. Следовательно, при учете доли загрузки территории (код 12 и 14) их можно объединить. В связи с ограниченным объемом пояснительной записки диссертационного исследования, проверка других типов ЦМТ будет осуществляться по мере необходимости. Коэффициенты суточной неравномерности по типам ЦМТ представлены в Приложении 3.

#### 4.3.4. Распределение доли посетителей, прибывающих на ИТ

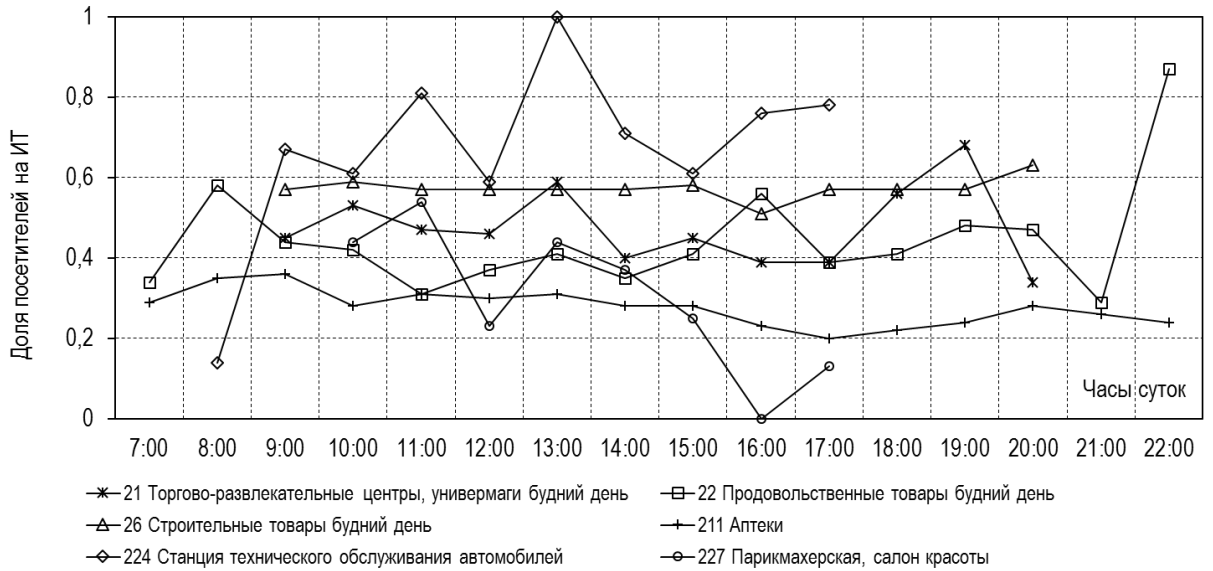
Задача оценки числа поездок, совершаемых с использованием ИТ, одна из самых сложных, поскольку вероятность совершения поездки на ИТ в настоящее время зависит от множества факторов, в т.ч. и социального характера (см. п. 2.3.4). Так, например, в транспортном планировании часто апеллируют данными матриц межрайонных корреспонденций (ММК), полученных на основе данных ОТ, например, по детекторам входа-выхода пассажиров в ОТ, следовательно, ММК на ИТ может быть найдена как разница между общей ММК и ММК на ОТ. С другой стороны, можно различать все поездки по трудовым, культурно-бытовым и прочим поездкам, при наличии доли поездок, совершаемых по каждой группе целей на ИТ, можно вычислить ММК на ИТ и, следовательно, рассчитать ММК на ОТ.

Таким образом, для реализации третьего этапа транспортного планирования (Model Split) четырехшаговой модели, необходимы данные о доли поездок, совершаемых на ИТ. В зависимости от часов суток, дней недели может изменяться и доля поездок, на ИТ (прил. 2). Например, в утренние часы доля поездок к объектам культурно-бытового назначения на ИТ существенно ниже, чем в вечерние часы. Результаты исследований, на основе более чем 1500 замеров представлены на рисунке 4.15.

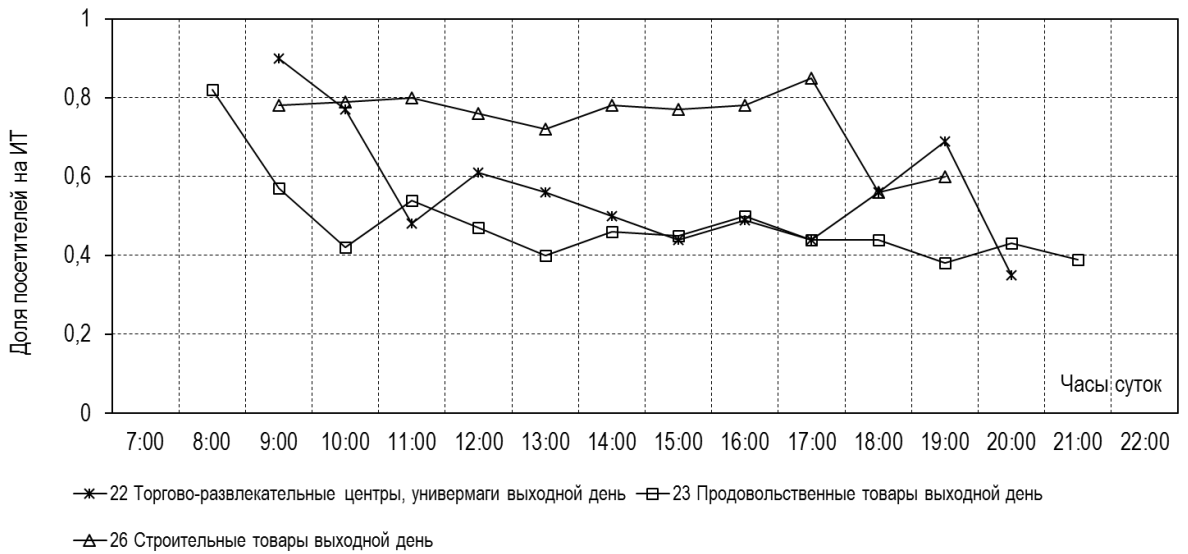
1



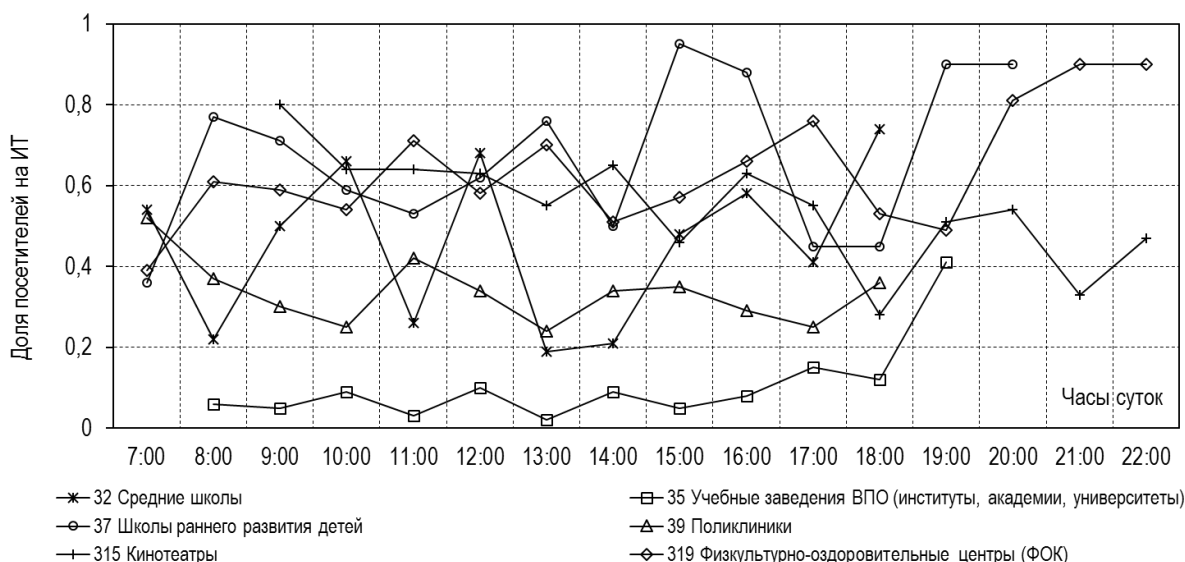
2



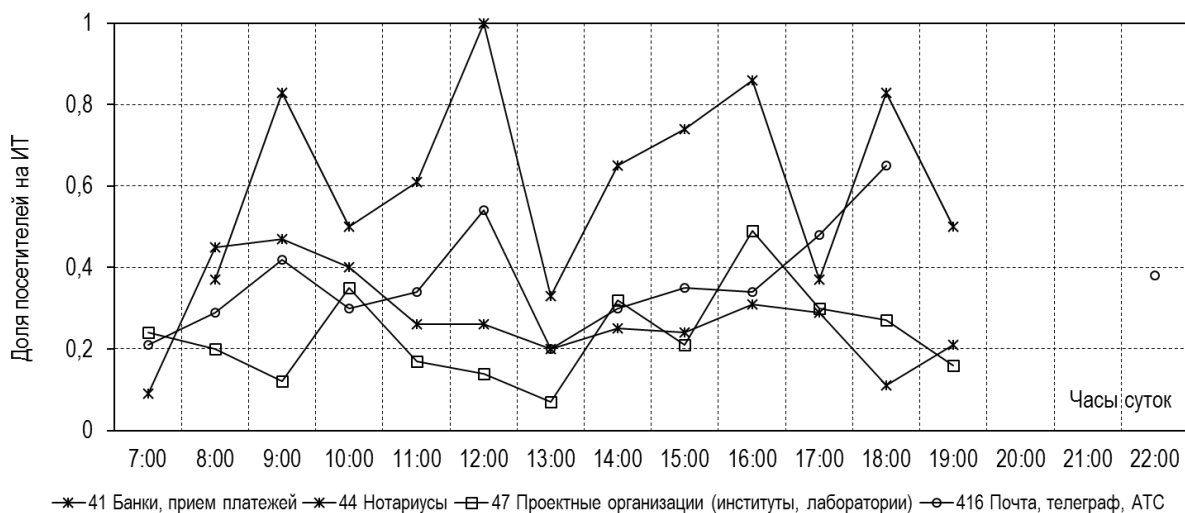
3



4



5



6



Рис. 4.15 – Доля посетителей ЦМТ на ИТ: 1 – жилье; 2 – торговля, общепит, сфера услуг в будний день; 3 – торговля, общепит, сфера услуг в выходной день; 4 – образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг; 5 – офисы; 6 – усредненные значения

Особенно следует отметить высокую долю посетителей на ИТ в промышленных зонах и коммунально-складском хозяйстве, которые преимущественно реализуют трудовые корреспонденции. Офисы «показывают» меньшие значения доли посетителей на ИТ.

Во второй Главе отмечалось непосредственное влияние уровня загрузки УДС на продолжительность поездки на ОТ или ИТ. Такое влияние должно быть учтено и предложено в качестве альтернативы выбора способа передвижения для разных уровней загрузки УДС (периода суток). Проведенные исследования позволяют выявить такую зависимость.

Таблица 4.15

## Регрессионная статистика по времени передвижения на ОТ [93]

Коэффициент корреляции R		0,72				
R-квадрат		0,52				
Нормированный R-квадрат		0,50				
Стандартная ошибка		13,62				
Наблюдения		182				
Дисперсионный анализ						
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F			
			$F_{расч}$	$F_{95\%;50}$		
Регрессия	5	35658,21	38,41	1,54		
Остаток	176	32674,56				
Итого	181	68332,77				
t – статистика						
	Коэффициенты регрессии	t – статистика		95%-й доверительный предел		
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;50}$	нижний	верхний	
Y	48,78	17,36	2,02	43,23	54,32	
Длина маршрута, км ( $X_1$ )	3,49	13,25		2,97	4,01	
Наличие водительского удостоверения ( $X_2$ )	-3,61	-1,36		-8,85	1,62	
Стоимость проезда в ОТ, руб. ( $X_3$ )	-2,23	-9,99		-2,67	-1,79	
Осадки (дождь, снег) ( $X_4$ )	1,45	0,51		-4,13	7,05	
Температура воздуха на момент передвижения, С° ( $X_5$ )	0,31	2,25		0,03	0,58	

Матрица корреляции						
	Y <sub>6</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
Y <sub>6</sub>	1					
X <sub>1</sub>	0,503	1				
X <sub>2</sub>	0,113	0,245	1			
X <sub>3</sub>	0,243	0,902	0,189	1		
X <sub>4</sub>	0,088	0,019	0,005	-0,06	1	
X <sub>5</sub>	0,047	-0,09	0,022	-0,056	0,171	1
$t_{\text{поездки}}=48,78+3,495 \cdot X_1-2,237 \cdot X_3+0,310 \cdot X_5$						

Из таблицы 4.15 видно, что не все факторы, которые были задействованы в регрессионном анализе, значимо влияют на время передвижения на общественном транспорте. По критерию Стьюдента, к факторам, значимо влияющим на время передвижения, относятся: длина маршрута, стоимость проезда и температура воздуха на момент совершения корреспонденции. Незначимыми факторами являются: наличие водительского удостоверения, осадки (дождь, снег). Коэффициент Фишера – Снедекора для данного уравнения составил 38. К тому же коэффициент множественной детерминации равен 0,722, из этого следует, что полученное уравнение оценки времени передвижения на общественном транспорте в целом значимо.

Для оценки значимости факторов, влияющих на время поездки на ИТ также необходимо провести регрессионный анализ (табл. 4.16).

Таблица 4.16

## Регрессионная статистика по времени передвижения на ИТ [93]

Коэффициент корреляции R	0,73			
R-квадрат	0,53			
Нормированный R-квадрат	0,48			
Стандартная ошибка	11,71			
Наблюдения	53			
Дисперсионный анализ				
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F	
			$F_{расч}$	$F_{95\%;50}$
Регрессия	5	7433,912	10,836	5,717
Остаток	47	6448,768		
Итого	52	13882,679		
t – статистика				

Окончание таблицы 4.16

	Коэффициенты регрессии	t – статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{\text{расчет}}$	$t_{95\%;50}$	нижний	верхний
Y	13,579	2,018	2,02	0,044	27,114
Длина маршрута, км (X <sub>1</sub> )	1,906	1,525		-0,608	4,420
Стоимость поездки (X <sub>2</sub> )	-0,195	-0,866		-0,650	0,259
Температура воздуха на момент передвижения, С <sub>о</sub> (X <sub>3</sub> )	0,212	0,791		-0,327	0,752
Осадки (дождь, снег) (X <sub>4</sub> )	-3,954	-0,697		-15,370	7,461
Средний уровень загрузки УДС субъективно, %(X <sub>5</sub> )	0,331	4,465		0,182	0,480
Матрица корреляции					
	Y <sub>6</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
Y <sub>6</sub>	1,000				
X <sub>1</sub>	0,994	1,000			
X <sub>2</sub>	0,200	0,203	1,000		
X <sub>3</sub>	-0,122	-0,143	0,392	1,000	
X <sub>4</sub>	-0,134	-0,124	-0,060	0,220	1,000
$t_{\text{поездки}}=13,57+1,9 \cdot X_1+0,33 \cdot X_5$					

Из таблицы 4.16 видно, что не все факторы, которые были задействованы в регрессионном анализе, значимо влияют на время передвижения на индивидуальном транспорте. По критерию Стьюдента, к значимо влияющим факторам относятся: длина маршрута и субъективный средний уровень загрузки улично-дорожной сети. Незначимыми факторами являются: стоимость поездки, температура воздуха на момент передвижения и осадки (дождь, снег). Коэффициент Фишера – Снедекора для данного уравнения, является равным 10,836. К тому же коэффициент множественной детерминации равен 0,731, из этого следует, что полученное уравнение оценки времени передвижения на индивидуальном транспорте в целом значимо.

Таким образом, для практического применения могут быть рекомендованы графики выбора способа передвижения для конкретных условий, основным из которых является уровень загрузки УДС (рис. 4.16).

Были смоделированы три наиболее типичных уровня загрузки, встречаемых в течение дня (10–30%, 30–50%, 50–70%), на основании которых с помощью современных пакетов прикладных программ были получены графики, позволяющие выбрать наиболее оптимальный способ передвижения. Следует учесть, что для всех трех случаев тариф на перевозки на общественном транспорте принимался 15 руб., а также температура окружающей среды находилась в пределах от  $-5$  до  $+10\text{C}^0$ .

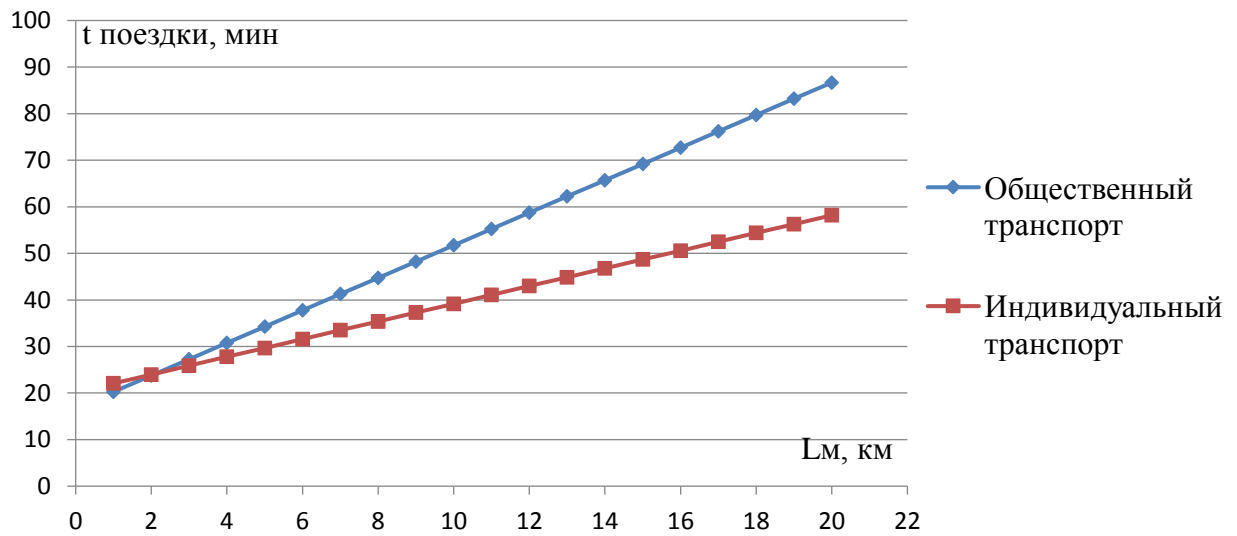


Рис. 4.16 – Зависимость времени поездки от расстояния на общественном и индивидуальном транспорте для загрузки УДС от 10 до 30%

В первом случае рассмотрен вариант, при котором уровень загрузки улично-дорожной сети принимается в интервале от 10 до 30% (рисунок 4.16). Согласно графику, представленному на рисунке 4.16, точка пересечения линий, характеризующих общее время поездки, соответственно, для ИТ об ОТ находится на отметке 2 км и 24 минуты, следовательно, при движении на расстояние более 2 км предпочтительней использовать индивидуальный транспорт. Если же необходимо совершить поездку на расстояние менее 2 км, то при данном уровне загрузки УДС предпочтительней использовать ОТ.



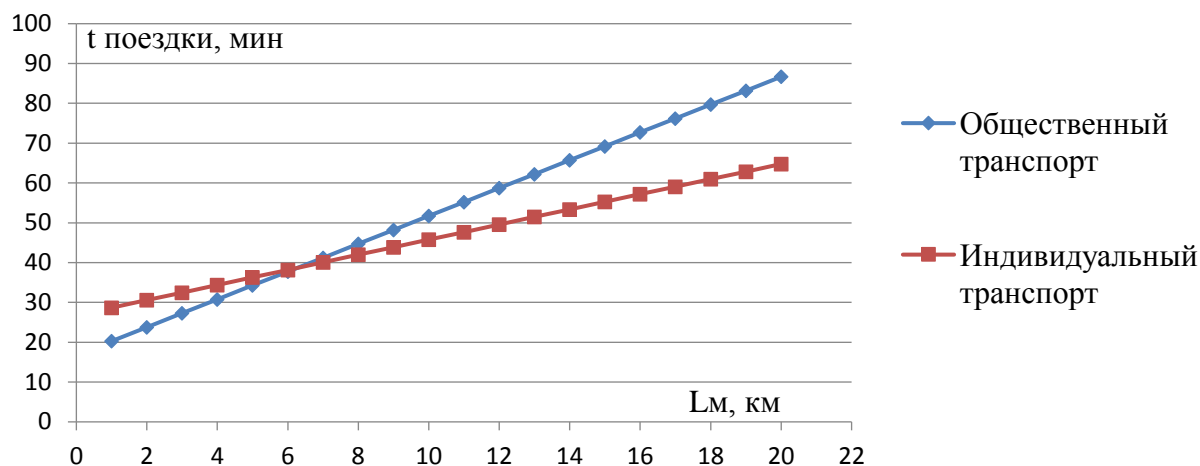


Рис – 4.17. Зависимость времени поездки от расстояния на общественном и индивидуальном транспорте для загрузки УДС от 30 до 50%

Во втором случае рассмотрен вариант, при котором уровень загрузки УДС принимается в интервале от 30 до 50% (рисунок 4.17). Согласно графику, представленному на рисунке 4.16, точка пересечения линий, характеризующих общее время поездки, соответственно, для ИТ и ОТ находится на отметке 6 км и 38 минут. Следовательно, при движении на расстояние более 6 км предпочтительней использовать индивидуальный транспорт, нежели общественный транспорт. Если же необходимо совершить поездку на расстояние менее 6 км., то при данном уровне загрузки УДС предпочтительней использовать ОТ.

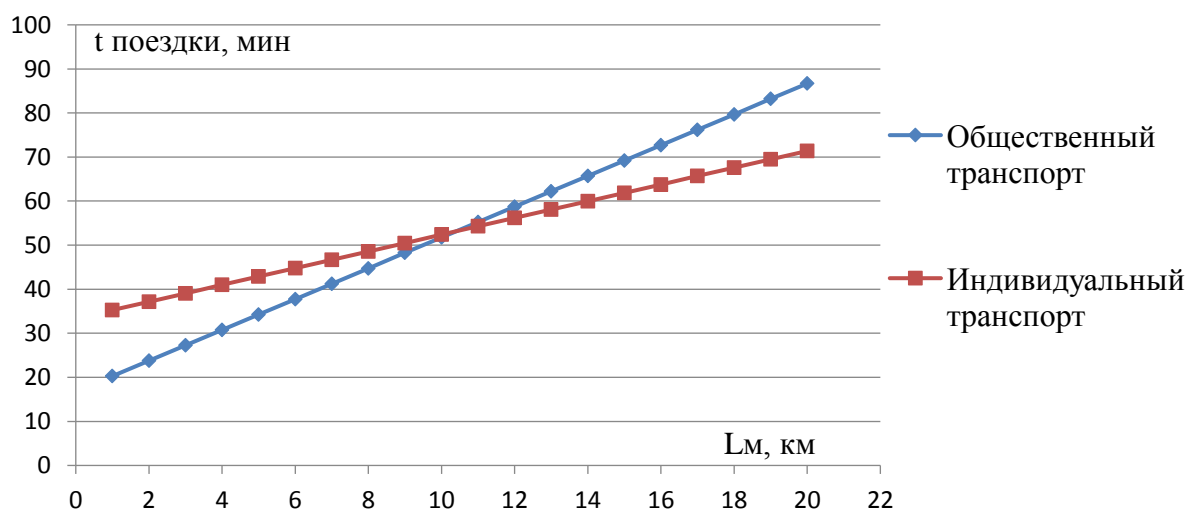


Рисунок 4.18 – Зависимость времени поездки от расстояния на общественном и индивидуальном транспорте для загрузки от 50 до 70%

В третьем случае рассматривается вариант, при котором уровень загрузки УДС принимается в интервале от 50 до 70% УДС (рисунок 4.18). Согласно графику, представленному на рисунке 4.18, точка пересечения линий, характеризующих общее время поездки, соответственно, для индивидуального и общественного транспорта находится на отметки 10 км и 52 минуты. Следовательно, при движении на расстояние более 10 км предпочтительней использовать индивидуальный, чем общественный транспорт. Если же необходимо совершить поездку на расстояние менее 10 км, то при данном уровне загрузки УДС предпочтительней использовать ОТ.

Согласно представленным графикам, необходимо сделать общий вывод, свидетельствующий о том, что чем выше уровень загрузки УДС, тем менее выгодным с точки зрения затрат времени на передвижение становится ИТ.

#### 4.3.5. Среднее наполнение ИТ

Среднее наполнение индивидуального транспорта играет важную роль при оценке транспортного спроса и служит связующим звеном между числом посетителей на ИТ и количеством автомобилей (интенсивностью движения). Как правило, данные о среднем наполнении ИТ важны при микромоделировании (прогнозировании транспортного спроса), а также при реализации градостроительных проектов (строительство новых ЦМТ, перепрофилирование существующей ЦМТ, уплотнение застройки). В некоторых случаях среднее наполнение ИТ может использоваться для расчета укрупненных градостроительно-транспортных расчетов (объем транспортной работы, средняя дальность поездки на ИТ и др.). Результаты исследования среднего наполнения ИТ представлены на рис. 4.19–4.25.

Среднее наполнение ИТ по жилым зонам неравномерно как по часам суток, так и по типам ЦМТ. Особенно резко выделяются СНТ и ДНТ в выходные дни, что обусловлено семейными выездами на дачные участки. Такая же закономерность характерна и для среднеэтажной жилой застройки. Особенно ярко эта закономерность проявляется в наиболее деятельные периоды суток, примерно с 16 до 19 часов. Жилье с участком земли, напротив, отличается низким средним наполнением,

что может быть обусловлено относительно высоким уровнем автомобилизации среди жителей данных ЦМТ.

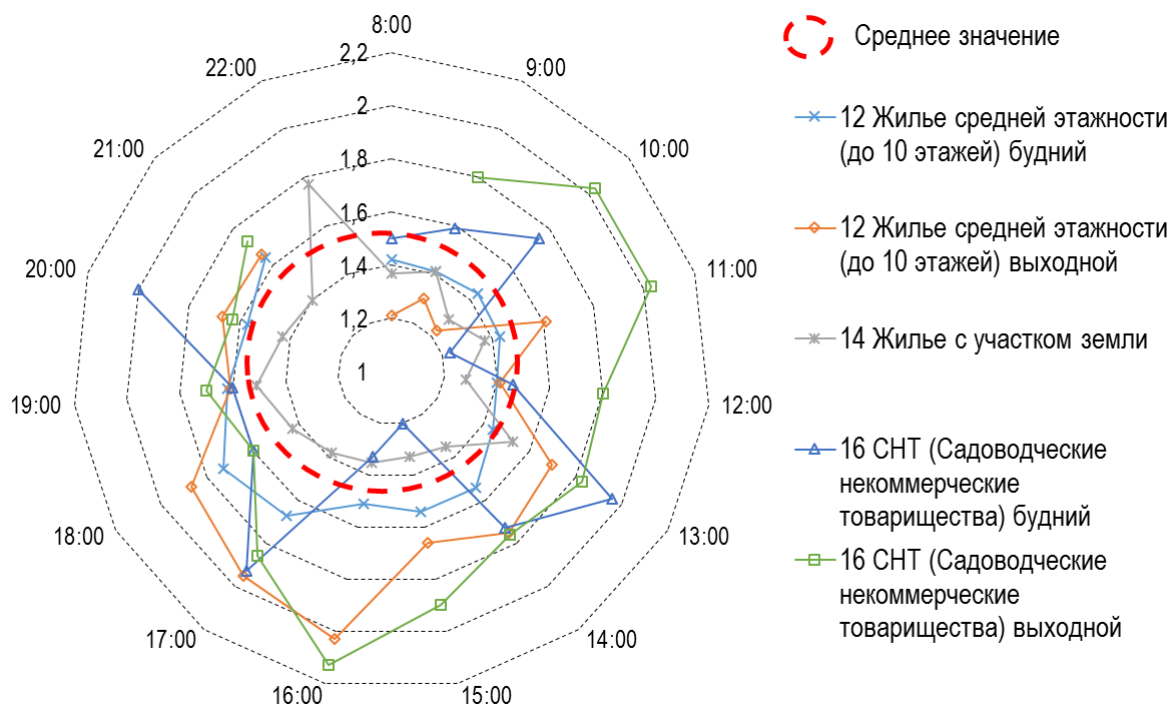


Рис. 4.19 – Среднее наполнение ИТ по жилью (код 1)

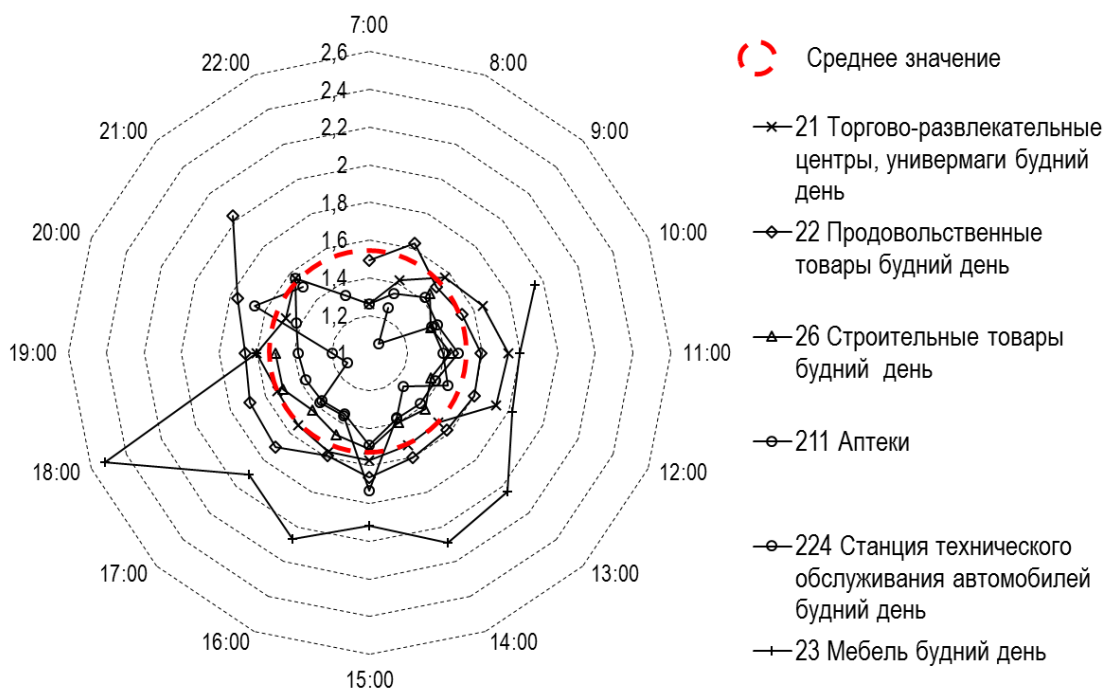


Рис. 4.20 – Среднее наполнение ИТ по укрупненному классу торговля, общепит, сфера услуг (будний день код 2)

В рассматриваемом классе наибольшее наполнение ИТ принадлежит объектам розничной торговли (мебель 23). Связано это прежде всего с тем, что покупки такого рода совершаются совместно членами семьи. Остальные ЦМТ находятся в среднем диапазоне наполнения ИТ, примерно 1,6 чел. При рассмотрении тех же ЦМТ в выходные дни, среднее наполнение ИТ особенно резко увеличивается у продовольственных товаров, преимущественно в послеобеденное время, что также вызвано семейными поездками за покупками. По остальным типам ЦМТ наполнение не меняется, по сравнению с будним днем.

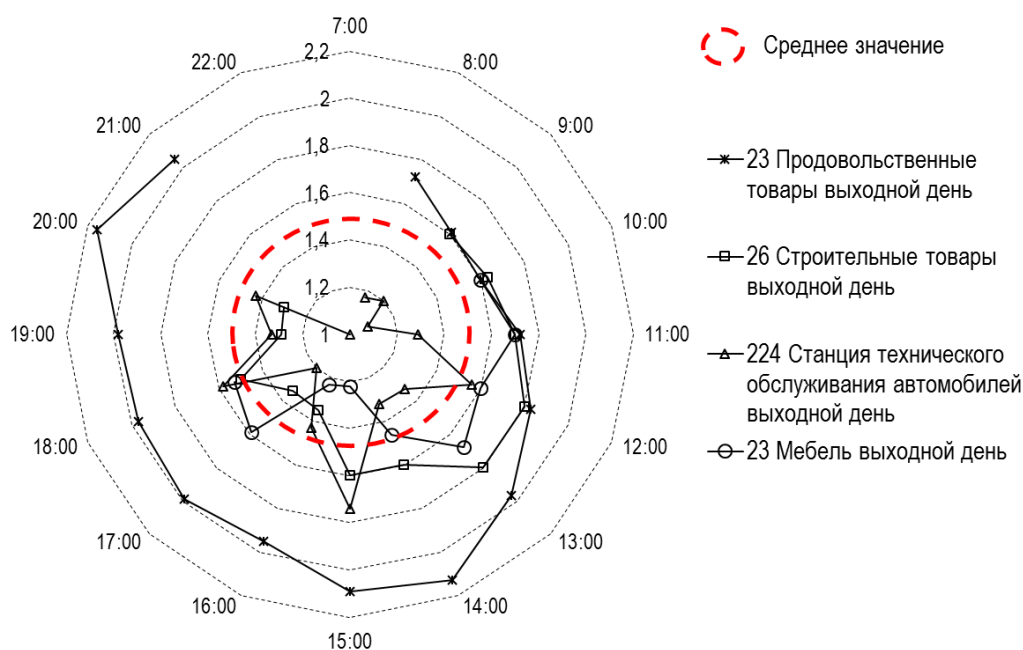


Рис. 4.21 – Среднее наполнение ИТ по укрупненному классу торговля, общепит, сфера услуг (выходной день код 2)

Среднее наполнение ИТ по объектам образования (рис. 4.22) предполагает, в случае со средними школами, промежуточную корреспонденцию между домом и местом приложения труда родителя, который заводит своего ребенка в школу, именно поэтому среднее наполнение посетителей в школах резко увеличивается в утренний час пик перед началом занятий первой смены 7–8 часов, в период перемены 13 часов и после окончания 2-й смены. Среднее наполнение посетителей учебных заведений ВПО лежит очень близко к абсолютно усредненным значениям по всем типам ЦМТ, поскольку оно представлено преимущественно работниками этих учебных заведений.

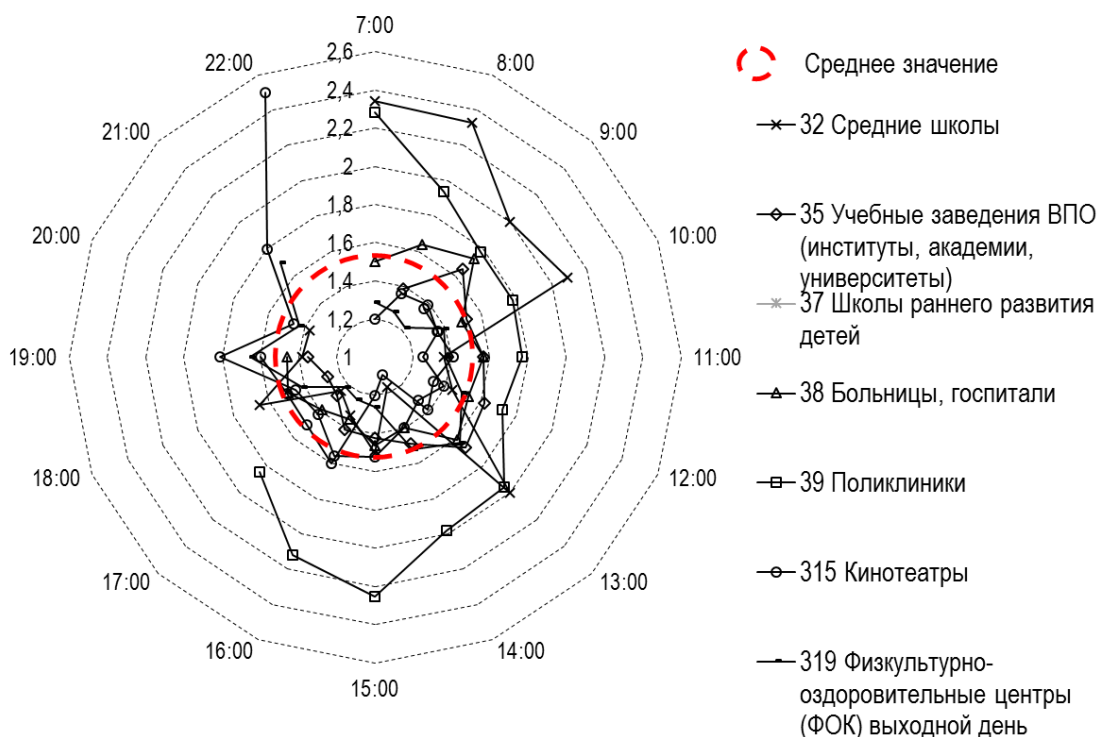


Рис. 4.22 – Среднее наполнение ИТ по объектам образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг (код 3)

Зоны отдыха и развлечений имеют достаточную специфику функционирования, которая заключается в достаточно умеренном среднем наполнении ИТ, особенно при посещении физкультурно-оздоровительных комплексов. В целом по рассматриваемой группе среднее наполнение ИТ увеличивается в период с 13 до 19 часов, что совпадает с повышением общей деловой активности населения. Отличительной особенностью кинотеатров является резкое увеличение средней наполняемости ИТ в вечерние часы с 19 до 22, что является следствием посещения сеансов вечернего кинопроката.

Среднее наполнение ИТ посетителей медицинских учреждений, может быть несколько завышенным относительно среднего значения по всем ЦМТ, поскольку предполагает посещение врача в связи с обострившемся недугом или для поступления в стационар, что в свою очередь требует, во-первых, быстрого и незамедлительного прибытия в больницу (поликлинику), во-вторых, наличие водителя (не самостоятельная поездка), что в конечном счете увеличивает среднюю наполняемость ИТ. Увеличение наполняемости к 15 часам может быть вызвано наличием

внутреннего распорядка функционирования этого ЦМТ (приемные часы, время посещения и т.п.).

Увеличение среднего наполнения ИТ при посещении нотариусов наблюдается в первой половине дня, что может быть обусловлено ограничениями в работе преимущественно гос. служб, для которых и необходимы услуги нотариусов (рис. 4.23). Рост рассматриваемого показателя для ЦМТ банковского сектора отмечается примерно с 10 часов и остается примерно постоянным в течение всего рабочего дня с небольшими пиками в обеденный перерыв (13 часов) и после рабочего дня (17–18 часов).

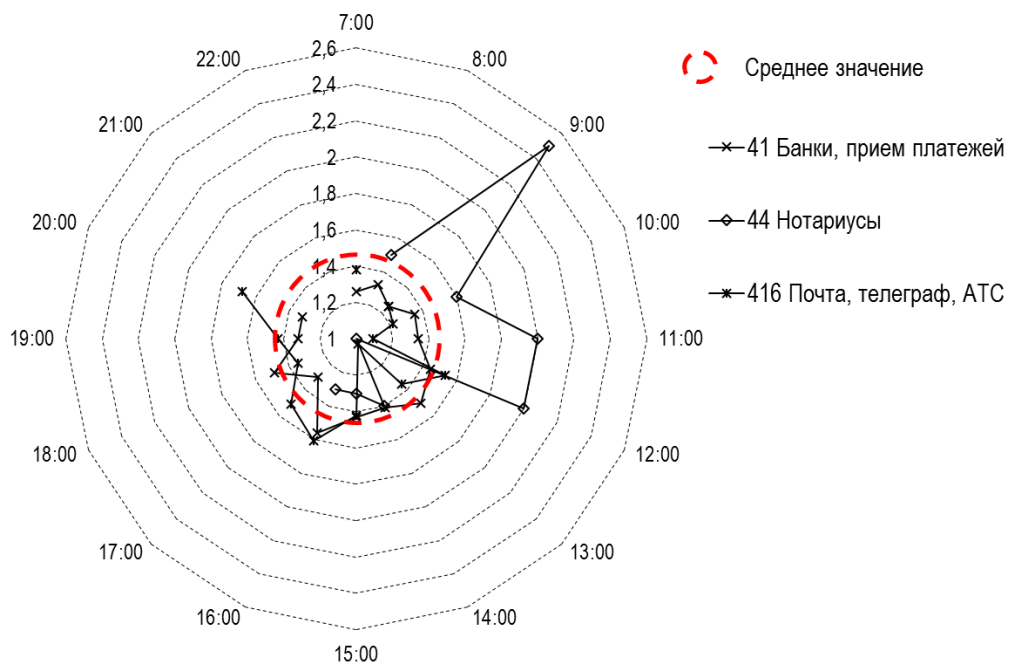


Рис. 4.23 – Среднее наполнение ИТ по офисам (код 4)

Наибольший практический интерес представляют усредненные значения среднего наполнения ИТ (рис. 4.24 и 4.25), среднее значение которого по будним дням составляет 1,58, а в выходные 1,72 чел/авт. В целом среднее наполнение ИТ не превышает значений 2,4 чел/авт. Пренебрежение изменением среднего наполнения ИТ при оценке (прогнозировании для проектируемых ЦМТ) интенсивности ИТ может привести к существенной погрешности. Так, при прогнозировании интенсивности к зонам отдыха и развлечений на утренний и вечерний пиковые периоды

ошибка может составить при (1,8 и 2,1 чел/авт.) 9 автомобилей на каждые 100 автомобилей, что составляет почти 10%.

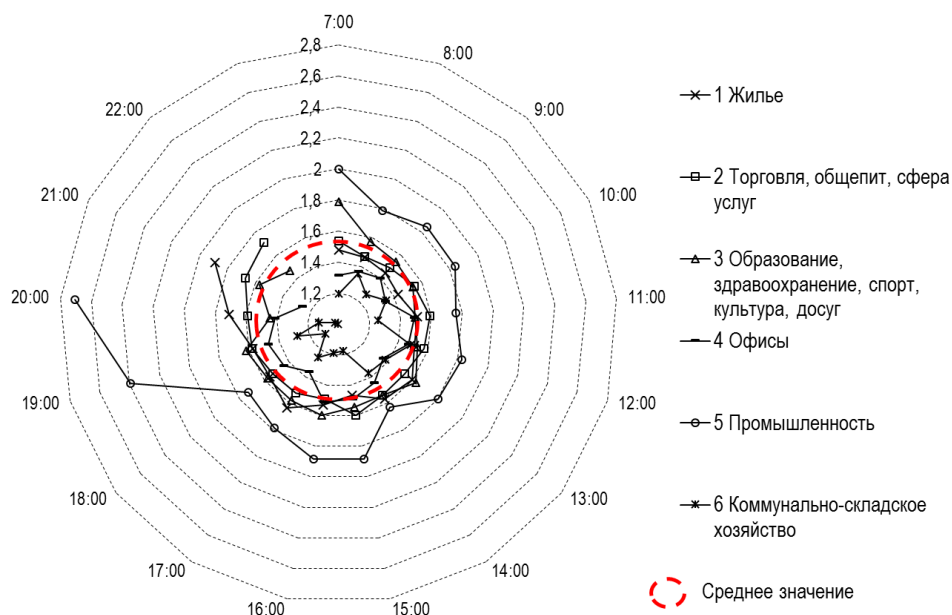


Рис. 4.24 – Среднее наполнение ИТ, средние значения по укрупненному коду в будний день

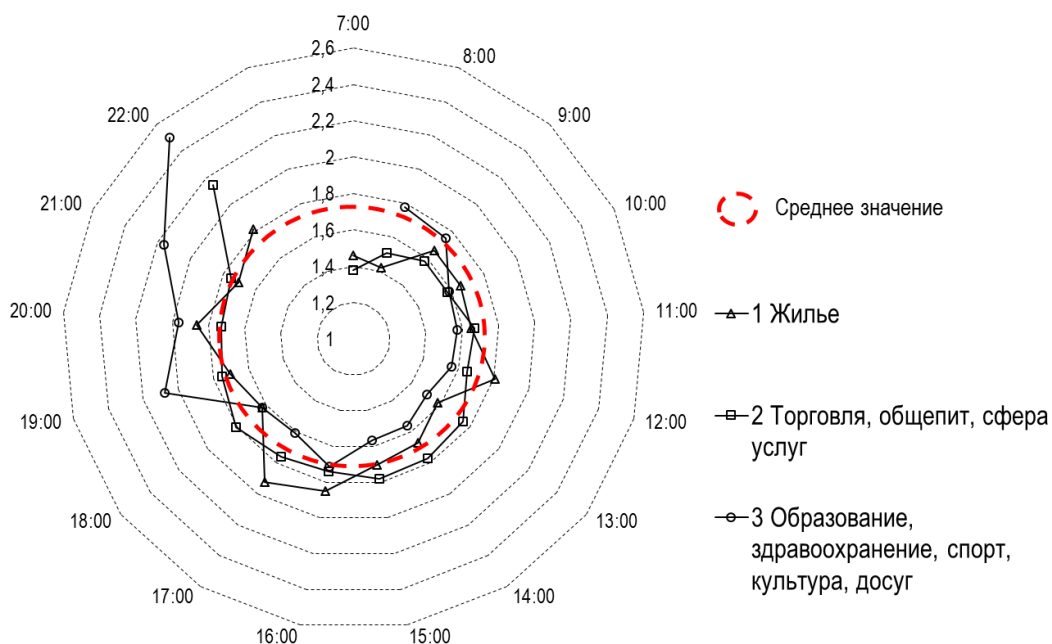


Рис. 4.25 – Среднее наполнение ИТ, средние значения по укрупненному коду в выходной день

При укрупненных расчетах удобнее пользоваться усредненными значениями, не учитывающими вариацию в течение суток, но принципиально с дифференциацией по дням недели (рис. 4.26).

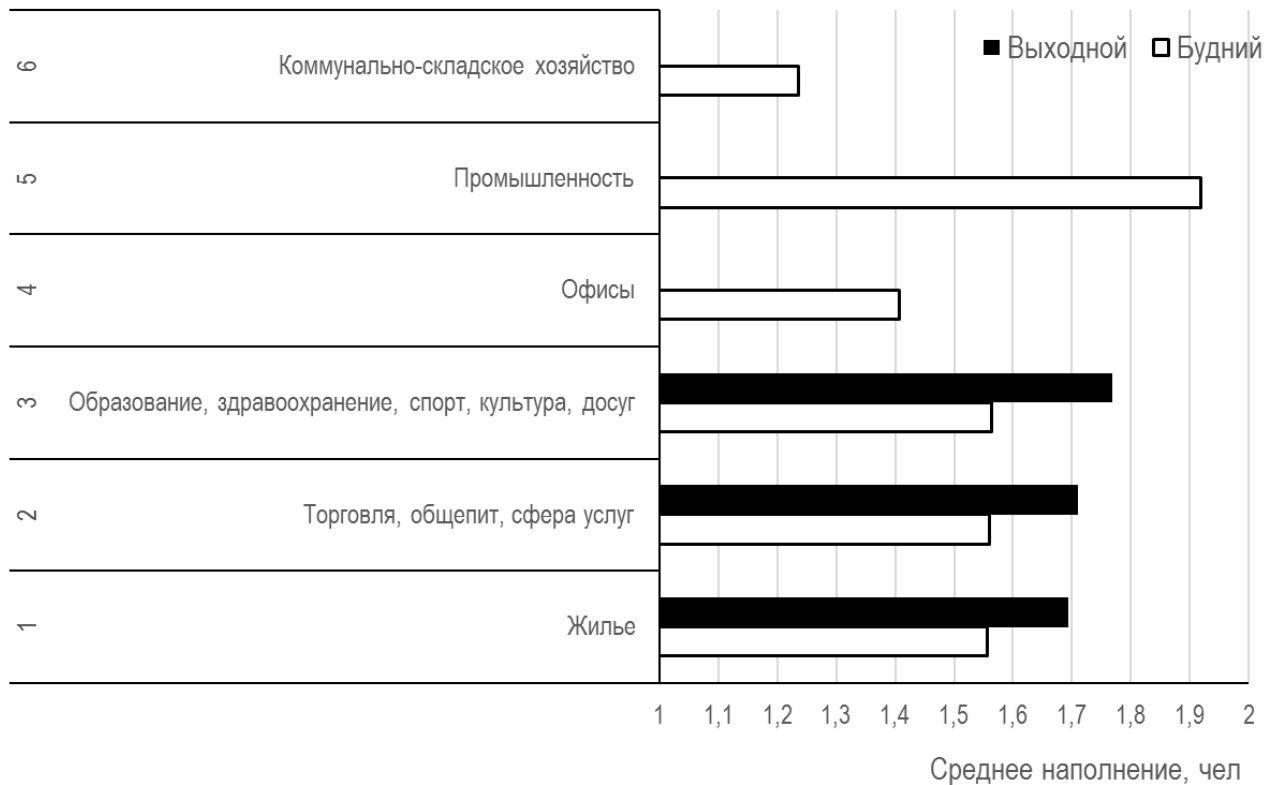


Рис. 4.26 – Среднее наполнение ИТ, средние значения по укрупненному коду в выходной и будние дни

В целом можно констатировать, что среднее наполнение ИТ выше в выходные дни. Наибольшие значения среднего наполнения ИТ наблюдаются в промышленных территориях, поскольку они, как правило, расположены на значительном удалении от магистральных улиц, что способствует использованию ИТ, а учитывая, что начало и завершение смены, как правило, совпадают, то с точки зрения снижения себестоимости поездки целесообразно объединять корреспонденции в одном автомобиле. Наименьшим средним наполнением ИТ отличаются объекты коммунально-складского хозяйства, которые в основном состоят из гаражных кооперативов и автотранспортных предприятий.

При проведении натурных исследований учитывалось наполнение ИТ по въезду в рассматриваемый ЦМТ, а также по выезду из него. Автор предполагает, что между наполнением по въезду и выезду могут быть найдены статистические отличия, что может в конечном счете повлиять на объем посетителей, прибывающих на ИТ и, следовательно, на прогнозируемые интенсивности ИТ. В отдельных



случаях, например, при обследовании кафе, посетители прибывали на ОТ, а уезжали на такси и, следовательно, наполнение ИТ по прибытию было меньше наполнения ИТ по убытию. Во всех остальных исследованных ЦМТ сравнение средних значений наполнения ИТ по критерию Стьюдента (табл. 4.17) показало, что различия между сравниваемыми выборками статистически незначительны и, следовательно, в дальнейших натурных исследованиях можно пользоваться только данными о наполнении либо по прибытию, либо по убытию.

Сравнение проводилось на основе выражения 4.7:

$$t = \frac{\bar{x}_{1cp} - \bar{x}_{2cp}}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \geq t_{st}, \quad (4.7)$$

где  $t$  – расчетный критерий Стьюдента;  $t_{st}$  – стандартный критерий Стьюдента (табл. 4.17), где число степеней свободы  $k = n_1 + n_2 - 2$ );  $\bar{x}_{1,2cp}$  – средние значения рассматриваемых выборок;  $m_{1,2}$  – ошибки оценки среднего значения, соответственно, первой и второй выборки:

$$m = + / - \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n(n-1)}}.$$

Таблица 4.17

Критические значения  $t$  – критерия Стьюдента

Число степеней свободы $k$	Уровень значимости 5 %	Число степеней свободы $k$	Уровень значимости 5 %
1	12,71	18	2,1
2	4,30	19	2,09
3	3,18	20	2,09
4	2,78	21	2,08
5	2,57	22	2,07
6	2,45	23	2,07
7	2,37	24	2,06
8	2,31	25	2,06
9	2,26	26	2,06
10	2,23	27	2,05
11	2,20	28	2,05

Окончание таблицы 4.17

12	2,18	29	2,05
13	2,16	30	2,04
14	2,14	40	2,02
15	2,13	60	2,00
16	2,12	120	1,98
17	2,11	Более	1,96

Пример расчета сравнения выборки среднего наполнения ИТ по прибытию и убытию можно провести на основе данных крупного торгового центра в г. Красноярск ТЦ «Комсомол». Объем выборки составляет 2161 автомобилей. Средние значения наполняемости по прибытию – 1,49, и по отправлению – 1,64.

$$t = \frac{1,4996 - 1,6495}{\sqrt{0,024961_1^2 + 0,01682_2^2}} = 4,35,$$

здесь расчетное значение больше критического (1,96), следовательно, выборки статистически значимо отличаются друг от друга и, следовательно, при прогнозировании интенсивности транспортных потоков, запрашивающих ЦМТ с высокой удельной генерацией и (или) площадью, необходимо учитывать этот факт.

#### 4.4. Результаты анализа экспериментальных данных оценки функциональных зависимостей, отражающих взаимосвязь между транспортным спросом и параметрами расположения ЦМТ

Одним из ключевых разделов диссертационного исследования является выявление функциональных зависимостей, объединяющих весь накопленный статистический материал и позволяющий доказать целесообразность применения эмпирических зависимостей в допустимых диапазонах. Вместе с этим полученные регрессионные уравнения являются наиболее важным этапом общей концепции (методики) достижения поставленной цели. Суть данного подраздела сводится к выявлению функциональных зависимостей между искомой (зависимой) зависимой переменной, в качестве которой выступает число корреспонденций (объем транспортного спроса) ЦМТ. Рассматриваемые ЦМТ характеризуются определенным

набором качеств, а также количественными характеристиками (независимые переменные), определяющими степень привлекательности рассматриваемого ЦМТ (число корреспонденций).

При выявлении таких эмпирических зависимостей принципиально важно следовать принципу: «от общего к частному», представляя возможность выявить общие закономерности на максимально возможном общем уровне понимания рассматриваемых закономерностей. В случае достаточного числа исследований следует приводить более точные зависимости, затрагивающие только один тип ЦМТ.

#### 4.4.1. Оценка транспортного спроса по полному факторному пространству

В анализе задействованы все типы ЦМТ, рассмотренные в данной работе. Автор предполагает, что между всеми рассматриваемыми ЦМТ (генеральной совокупностью) существует общая взаимосвязь, позволяющая, хотя бы приблизительно, выявить характер изменения транспортного спроса, в зависимости от рассматриваемых факторов (табл. 4.18).

Таблица 4.18

#### Оценка регрессионной зависимости по генеральной совокупности ЦМТ

Регрессионная статистика					
Коэффициент корреляции R		0,31			
R-квадрат		0,09			
Нормированный R-квадрат		0,02			
Стандартная ошибка		4008,97			
Наблюдения		105			
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F		
			$F_{расч}$	$F_{95\%;7;98}$	
Регрессия	8	168382211,2	1,3	2,09	
Остаток	96	1542898706			
Итого	104	1711280917			
t-статистика					
	Коэффициенты регрессии	t-статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;97}$	нижний	верхний

Y Число корреспонденций	1527,49	0,47	2,02	7874,22	-4819,24
X <sub>1</sub> Площадь объекта, м <sup>2</sup>	0,001	2,85		0,002	0,000489
X <sub>2</sub> Средняя продолжительность парковки, мин	2,52	0,44		13,90	-8,84
X <sub>3</sub> Удаленность от магистральной улицы, м	0,21	0,38		1,35	-0,91
X <sub>4</sub> Расстояние объекта от центра города, м	-0,22	1,28		0,12	-0,57
X <sub>5</sub> Доля ИТ средняя	-29,35	0,01		3650,03	-3708,75
X <sub>6</sub> Уд. генерация корр., чел/м <sup>2</sup>	-229,08	0,67		443,52	-901,68
X <sub>7</sub> Численность города, тыс. чел.	0,002	0,86		0,006	-0,002
X <sub>8</sub> Среднее Наполнение ИТ по прибытию, чел	-258,61	0,17		2596,68	-3113,91
Матрица корреляции					

Коррелируемые переменные	Число корреспонденций, корр/сутки	Площадь объекта, м <sup>2</sup>	Средняя продолжительность парковки, мин	Удаленность от магистральной улицы, м	Расстояние объекта от центра города, м	Доля ИТ средняя	Уд. генерация корр., чел/м <sup>2</sup>	Численность города, тыс. чел.	Среднее Наполнение ИТ по прибытию, чел
Число корреспонденций, корр/сутки	1								
Площадь объекта, м <sup>2</sup>	0,263423	1							
Средняя продолжительность парковки, мин	0,059231	0,087379	1						
Удаленность от магистральной улицы, м	0,0184	0,214233	0,280632	1					
Расстояние объекта от центра города, м	0,073429	0,609964	0,232641	0,610768	1				
Доля ИТ средняя	0,0421	0,243261	0,165891	0,29136	0,388593	1			
Уд. генерация корр., чел/м <sup>2</sup>	-0,10154	-0,13293	-0,35477	-0,18506	-0,1198	-0,44139	1		
Численность города, тыс. чел.	0,050078	0,040916	-0,14124	-0,01889	0,185776	-0,17503	0,252181	1	
Среднее Наполнение ИТ по прибытию, чел	-0,05366	-0,04779	-0,09201	0,093761	-0,03536	0,020141	-0,06428	-0,31112	1

Несмотря на достаточно большое количество факторов, объясняющих объем транспортного спроса, полученная зависимость непригодна для практического использования, поскольку не удовлетворяет статистическим критериям. Из матрицы корреляции можно сделать вывод, что наибольшее влияние на зависимую переменную оказывает площадь объекта. Вместе с этим следует отметить неприемлемо высокую корреляцию между расстоянием объекта от центра города с площадью объекта и удаленностью от магистральной улицы. В последствии стоит проверять на мультиколлинеарность в одном регрессионном уравнении эти независимые переменные. Таким образом, нужны более обособленные группы ЦМТ, позволяющие выявить влияние представленных факторов.

#### 4.4.2. Оценка транспортного спроса по укрупненной типологии

Следуя принципу от общего к частному, в соответствии с классификацией территории (прил. 7), следующим этапом выявления функциональных зависимостей является уровень укрупненной типологии. Оценка регрессионной зависимости по укрупнённой типологии (жилье код 1) представлена в табл. 4.20.

Коэффициент множественной детерминации, критерий Фишера – Снедекора, критерий Стьюдента (для 1 фактора) лежат в доверительном интервале и, следовательно, регрессионная зависимость может быть использована для практического расчета. Однако следует полагать, что такой расчет приведет к грубым ошибкам, как при расчете объема корреспонденций к многоэтажной застройке, так и при подсчете числа посетителей к жилью с участком земли. Во избежание этих ошибок следует получить уравнения регрессии по типу ЦМТ (см. раздел 4.4.3).

Таблица 4.20.

#### Оценка регрессионной зависимости по укрупненной типологии ЦМТ (жилье 1)

Регрессионная статистика					
Коэффициент корреляции R		0,90			
R-квадрат		0,81			
Нормированный R-квадрат		0,72			
Стандартная ошибка		2956,38			
Наблюдения		21			
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F		
			$F_{расч}$	$F_{95\%;6;17}$	
Регрессия	6	522615753,7	9,96	2,74	
Остаток	14	122362959,8			
Итого	20	644978713,4			
t-статистика					
	Коэффициенты регрессии	t-статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;16}$	нижний	верхний
Y Число корреспонденций, корр/сутки	5500,60	0,86	2,13	-8117,49	19118,70
X <sub>1</sub> Площадь объекта, м <sup>2</sup>	0,00067	7,08		0,00047	0,0008
X <sub>2</sub> Средняя прод-сть парковки, мин	2,42	0,20		-22,76	27,61
X <sub>3</sub> Удаленность от магистральной улицы, м	0,32	0,74		-0,59	1,24
X <sub>4</sub> Расстояние от центра города, м	-0,11	-0,69		-0,45	0,23

X <sub>5</sub> Доля ИТ	3146,60	0,56					-8769,18	15062,38
X <sub>6</sub> Среднее наполнение ИТ, чел	-3481,66	-0,93					-11456,23	4492,90
Матрица корреляции								
Коррелируемые переменные	Число корреспонденций, корр/сутки	Площадь объекта, м <sup>2</sup>	Средняя прод-сть парковки, мин	Удаленность от магистральной ул., м	Расст-ие от центра города, м	Доля ИТ	Уд. генерация корр., чел/м <sup>2</sup>	Ср. наполнение ИТ
Число корр., корр/сутки	1							
Площадь объекта, м <sup>2</sup>	0,88	1						
Средняя прод-сть парковки, мин	0,03	0,020	1					
Удаленность от магистральной ул., м	-0,05	-0,12	0,24	1				
Расстояние объекта от центра города, м	0,17	0,26	0,34	0,45	1			
Доля ИТ	0,09	0,09	0,20	0,09	0,41	1		
Уд. генерация корр., чел/м <sup>2</sup>	-0,09	-0,31	-0,51	0,01	-0,63	-0,64	1	
Среднее Наполнение ИТ, чел	-0,18	-0,06	0,09	0,04	0,31	0,22	-0,24	1
$Y = 0,000767 X_1$								

Проблемами оценки транспортного спроса к объектам культурно-бытового назначения занимался Д.Г. Бурков [16]. В совместных исследованиях с Д.Г. Бурковым [17] удалось установить, что в укрупненных типологиях ЦМТ (торговля, общепит, сфера услуг – код 2; образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг – код 3; и некоторые типы ЦМТ в укрупненной группе офисы – код 4; установить приемлемую взаимосвязь удалось только для некоторой подгруппы, которую условно можно назвать «Розничная торговля». Такой результат объясняется отличиями в функционировании объектов культурно-бытовой направленности в рамках укрупненной типологии и только объекты розничной торговли функционируют относительно схоже друг с другом.

При проведении регрессионного анализа по укрупнённой типологии «Розничная торговля» использовались следующие типы объектов: мебель (код 23), одежда (код 24), строительные товары (код 26), аптеки (211), продовольственные товары (код 22), цветы (код 213), торгово-развлекательные центры, универмаги

(21), алкомаркет (код 217). Результаты регрессионного анализа представлены в таблице 4.21.

Таблица 4.21

Регрессионная оценка данных по укрупненной типологии ЦМТ  
«Розничная торговля»

Регрессионная статистика					
Коэффициент корреляции R		0,89			
R-квадрат		0,79			
Нормированный R-квадрат		0,78			
Стандартная ошибка		2573,48			
Наблюдения		50			
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия		Критерий Фишера F	
		$F_{расч}$	$F_{95\%;3;49}$	$F_{расч}$	$F_{95\%;3;49}$
Регрессия	3	403362569		60,90	0,04
Остаток	46	6622808,67			
Итого	49	–			
t-статистика					
	Коэффициенты регрессии	t-статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;50}$	нижний	верхний
Y	823,98	1,09	2,02	-695,13	2343,10
(X <sub>1</sub> ) Площадь объекта, м <sup>2</sup>	0,52	13,38		0,44	0,60
(X <sub>2</sub> ) Удаленность от магистральной улицы, м	3,59	2,13		0,20	6,98
(X <sub>3</sub> ) Расстояние объекта от центра города, м	-0,39	-2,23		-0,74	-0,03
Матрица корреляции					
	Y <sub>6</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	
Y <sub>6</sub>					
X <sub>1</sub>		1			
X <sub>2</sub>		-0,15	1		
X <sub>3</sub>		0,33	-0,21	1	
$Y=0,53 X_1+3,59 X_2-0,39 X_3$					

Из таблицы видно, что коэффициент корреляции и множественной детерминации имеют весьма высокие значения, что характеризует взаимосвязь между рассматриваемыми переменными как тесную. Критерии значимости регрессионного уравнения и проверка независимых переменных по критерию Стьюдента выше критических значений на рассматриваемом уровне значимости.

Оценка регрессионной зависимости по укрупнённому кластеру «Образование», входящему в состав укрупнённой типологии «Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг» (код 3) представлена в табл. 4.22.

Таблица 4.22

## Оценка регрессионной зависимости по кластеру ЦМТ (Образование код 3)

Регрессионная статистика					
Коэффициент корреляции R		0,99			
R-квадрат		0,99			
Нормированный R-квадрат		0,99			
Стандартная ошибка		296,06			
Наблюдения		5			
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F		
			$F_{расч}$	$F_{95\%;2;2}$	
Регрессия	3	194232132,7	19,0	738	
Остаток	1	87656,49241			
Итого	4	194319789,2			
t-статистика					
	Коэффициенты регрессии	t-статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;2}$	нижний	верхний
Y Число корреспонденций, корр/сутки	518,69	0,71	12,71	-8722,84	9760,23
X <sub>1</sub> Площадь объекта, м <sup>2</sup>	0,21	42,96		0,14	0,27
X <sub>2</sub> Удаленность от магистральной улицы, м	-0,66	-0,59		-15,04	13,70
X <sub>3</sub> Удаленность от магистральной улицы, м	-0,11	-0,67		-2,30	2,07
X <sub>4</sub> Расстояние объекта от центра города, м	518,69	0,71		-8722,84	9760,23
Матрица корреляции					
Коррелируемые переменные	Число корреспонденций, корр/сутки	Площадь объекта, м <sup>2</sup>	Удаленность от магистральной ул., м	Расст-ние от центра города, м	
Число корр., корр/сутки	1				
Площадь объекта, м <sup>2</sup>	0,88	1			
Удаленность от магистральной ул., м	-0,05	-0,12	1		
Расстояние объекта от центра города, м	0,17	0,26	0,45	1	
$Y = 0,211 X_1$					

Несмотря на незначительный объем выборки, укрупнённая типология (Образование код 3) имеет высокие значения статистических критериев оценки и, следовательно, может быть использована для практических расчетов. Однако следует



учитывать ограничения по площади ЦМТ, которая лежит в диапазоне от 100 до 75000 м<sup>2</sup>, а также стандартную ошибку +/-296 корреспонденций.

Анализ регрессионной зависимости по укрупненной типологии «Промышленность» (код 5) представлен в таблице 4.23.

Таблица 4.23

Оценка регрессионной зависимости по укрупненной классификации  
ЦМТ Промышленность (код 5)

Регрессионная статистика					
Коэффициент корреляции R		0,96			
R-квадрат		0,93			
Нормированный R-квадрат		0,65			
Стандартная ошибка		181,41			
Наблюдения		6			
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F		
			$F_{расч}$	$F_{95\%;1;2}$	
Регрессия	4	450872,22	3,42	18,5	
Остаток	1	32911,17			
Итого	5	483783,39			
t-статистика					
	Коэффициенты регрессии	t-статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;1}$	нижний	верхний
Y Число корреспонденций	529,45	0,99	12,71	-6224,9	7283,80
X <sub>1</sub> Площадь объекта, м <sup>2</sup>	0,00095	1,87		-0,005	0,007
X <sub>2</sub> Удаленность от магистральной улицы, м	-0,12	-0,81		-2,12	1,86
X <sub>3</sub> Расстояние объекта от центра города, м	0,02	0,26		-1,03	1,07
X <sub>4</sub> Численность города, тыс. чел.	-0,0007	-1,99		-0,005	0,003
Матрица корреляции					
Коррелируемые переменные	Число корреспонденций, корр./сутки	Площадь объекта, м <sup>2</sup>	Удаленность от магистральной улицы, м	Расстояние объекта от центра города, м	Численность города, тыс. чел.
Число корреспонденций, корр./сутки	1				
Площадь объекта, м <sup>2</sup>	0,79	1			
Удаленность от магистральной улицы, м.	-0,004	0,18	1		
Расстояние объекта от центра города, м.	-0,31	-0,36	-0,36	1	
Численность города, тыс. чел.	-0,80	-0,47	-0,23	0,44	1

Из представленной таблицы 4.23 следует, что, несмотря на высокие коэффициенты корреляции и множественной детерминации, в целом регрессионная зависимость незначима, что вытекает из критерия Фишера – Снедекора и критерия Стьюдента, расчетные значения которых меньше критических на рассматриваемом уровне значимости. Такой исход может быть обусловлен недостаточным объемом выборки или чрезмерно отличными количественными характеристиками функционирования рассматриваемых ЦМТ. Автор в данной работе будет придерживаться усредненных значений, полученных по имеющимся исследованиям. Проводить более глубокий регрессионный анализ по классификационному признаку ЦМТ в рассматриваемой укрупненной классификации не представляется возможным.

#### 4.4.3. Оценка транспортного спроса по типам ЦМТ

Придерживаясь принципа «от общего к частному» необходимо провести регрессионный анализ, позволяющий выявить зависимости, возникающие внутри типа ЦМТ. Следует отметить, что для разных типов ЦМТ будут характерны собственные уникальные факторы, влияющие на транспортный спрос. Например, на объем посетителей крупных торгово-развлекательных центров значимо будет влиять только их площадь, а на супермаркеты, универмаги долю влияния разделят такие факторы как удаленность от центра города и(или) магистральной улицы. В типологии промышленных объектов важную роль в формировании транспортного спроса будут иметь особенности производственной деятельности, например, степень автоматизированности производства и т.п. В сфере здравоохранения может иметь место сезонность (эпидемии гриппа, кишечных заболеваний и т.п.). Вследствие этого установление зависимости в рамках каждого отдельного типа ЦМТ является важнейшей научно-практической задачей.

Регрессионная статистика по жилью средней и высокой этажности застройки (код 12, 13) представлена в таблице 4.23.

Таблица 4.23

## Оценка регрессионной зависимости ЦМТ (жилье код 12, 13)

Регрессионная статистика					
Коэффициент корреляции R		0,91			
R-квадрат		0,83			
Нормированный R-квадрат		0,82			
Стандартная ошибка		771,90			
Наблюдения		24			
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F		
			$F_{расч}$	$F_{95\%;1;23}$	
Регрессия	2	63853183	53,58	4,28	
Остаток	21	12512548			
Итого	23	76365731			
t-статистика					
	Коэффициенты регрессии	t-статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;21}$	нижний	верхний
Y Число корреспонденций, корр/сутки	-590,56	-1,80	2,08	-1271	89,86
X <sub>1</sub> Площадь объекта, м <sup>2</sup>	0,01	7,77		0,01	0,02
X <sub>2</sub> Расстояние от центра города, м.	0,17	2,74		0,04	0,31
Матрица корреляции					
Коррелируемые переменные	Число корреспонденций, корр/сутки	Площадь объекта, м <sup>2</sup>	Расстояние от центра города, м		
Число корр., корр/сутки	1				
Площадь объекта, м <sup>2</sup>	0,88	1			
Расстояние объекта от центра города, м	0,60	0,43	1		
$Y = 0,017812 X_1 + 0,179442 X_2$					

Данные таблицы 4.23 представлены на рис. 4.27. Из рисунка видно, что большее влияние на число корреспонденций оказывает площадь ЦМТ, чем она больше, тем большее число корреспонденций генерирует рассматриваемый ЦМТ. Расстояние от центра города оказывает меньшее влияние на число корреспонденций, Однако следует учитывать, что при удалении от центра города число корреспонденций также будет увеличиваться. Это связано с тем, что большая часть городского населения проживает в так называемых «спальных» микрорайонах, удаленность которых значительна от центра города.

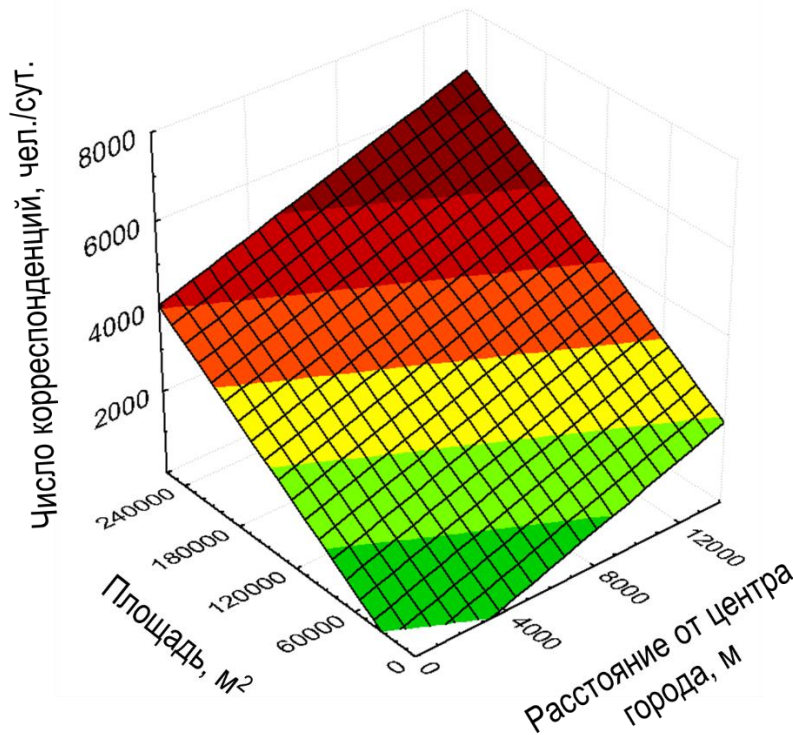


Рис. 4.27 – Зависимость числа корреспонденций от площади ЦМТ и расстояния от центра города

Таким образом, определить транспортный спрос, выраженный в суточном числе корреспонденций генерируемых ЦМТ (код 12, 13) можно по эмпирическому выражению:

$$E = 0,018 \cdot S_{12,13} + 0,18 \cdot l_C - 590 \quad , \quad (4.8)$$

где  $E$  – общее число корреспонденций, совершенных к объекту за рассматриваемый период (сутки), чел/сут;  $S_{12,13}$  – площадь ЦМТ, м<sup>2</sup>;  $l_C$  – удаленность объекта тяготения от центра города, м. Данное выражение следует использовать только для жилых зон с высокой этажностью застройки, расположенных в административных границах населенного пункта. Диапазон оценки транспортного спроса по предлагаемому эмпирическому выражению: не менее 3200 м и не более 12000 м удаленности от центра города.

Регрессионное уравнение, описывающее транспортный спрос к СНТ, ДТН и ИЖС приведено в разделе 4.2.1.

Регрессионное уравнение, позволяющее оценить транспортный спрос к кинотеатрам (код 315), представлено выражением [17]:

$$E = 3,32 \cdot S - 48,09 \cdot l_M - 3,36 \cdot l_C \quad , \quad (4.9)$$

где  $E$  – общее число корреспонденций, совершенных к объекту за рассматриваемый период (сутки), чел/сут;  $S$  – площадь объекта тяготения,  $m^2$ ;  $l_M$  – удаленность объекта тяготения от магистральной улицы, м;  $l_C$  – удаленность объекта тяготения от центра города, м. Выражение 4.9 представлено на рис. 4.28.

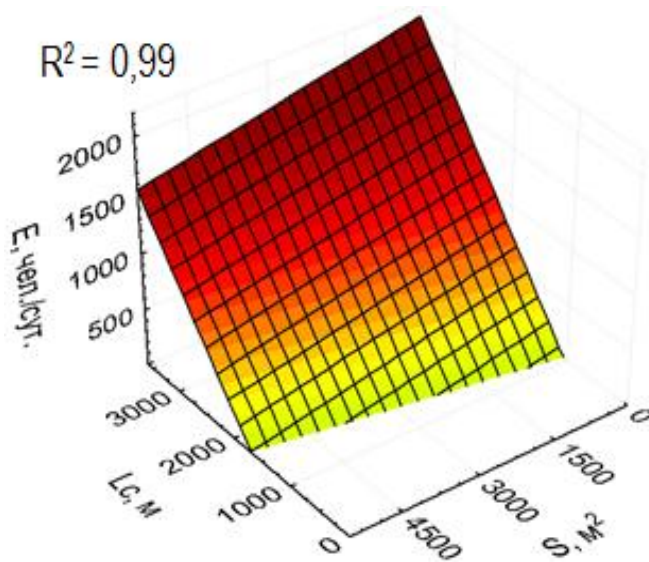


Рис. 4.28 – Зависимость числа корреспонденций от площади кинотеатров (код 315) и расстояния от центра города

Из рисунка видно, что наибольшее влияние на число корреспонденций к кинотеатрам оказывает площадь кинотеатра, которая, в конечном счете, выражает число мест (ёмкость). Удаленность от центра города оказывает меньшее влияние и может быть учтена в диапазоне от 1000 м до 2000 м.

Регрессионное уравнение, позволяющее оценить транспортный спрос к физкультурно-оздоровительным центрам (код 319), представлено выражением [17]:

$$E = 0,07 \cdot S - 0,49 \cdot l_M. \quad (4.25)$$

Примечательно отметить, что для данного типа ЦМТ значимыми факторами являются площадь и удаленность от магистральной улицы при весьма тесной связи (рис. 4.29).

Регрессионное уравнение, позволяющее оценить транспортный спрос к почтовым отделениям (код 509), представлено выражением [17]:

$$E = 493,87 - 1,73 \cdot S - 0,31 \cdot l_M, \quad (4.26)$$

где  $l_M$  – удаленность ЦМТ от магистральной улицы, м. Здесь представленные факторы примерно в равной степени оказывают влияние на объем корреспонденций. Уравнение 4.26 представлено на графике 4.30.

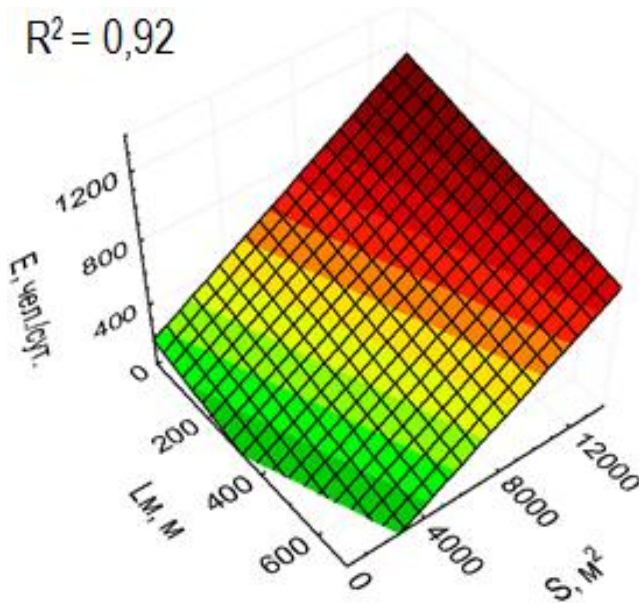


Рис. 4.29 – Зависимость числа корреспонденций от площади ФОКов (код 319) и расстояния от магистральной улицы

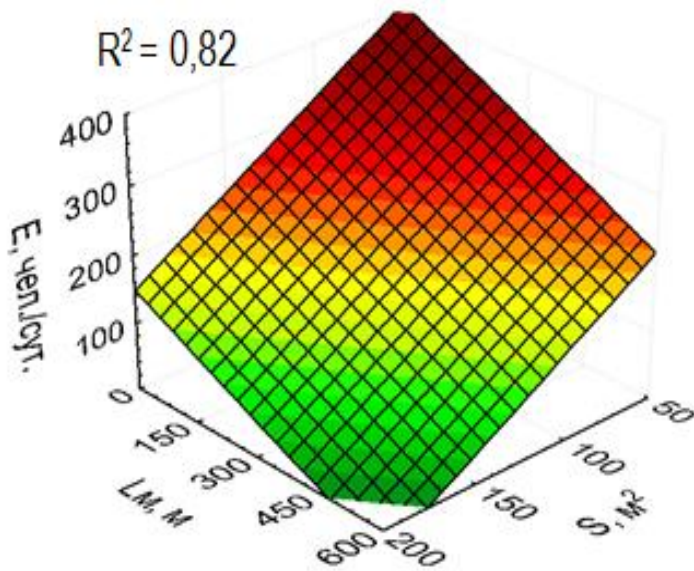


Рис. 4.30 – Зависимость числа корреспонденций от площади почтовых отделений (код 416) и расстояния от центра города

Регрессионное уравнение, позволяющее оценить транспортный спрос к продовольственным товарам (код 22), представлено выражением [17]:

$$E = 1,23 S + 0,01 \cdot l_c \quad (4.27)$$

Удаленность объекта от центра города в данном случае имеет положительную тенденцию. При удалении от центра города на каждый 1000 м число корреспонденций увеличивается на 140 чел/сут. Уравнение 4.27 представлено на графике 4.31.



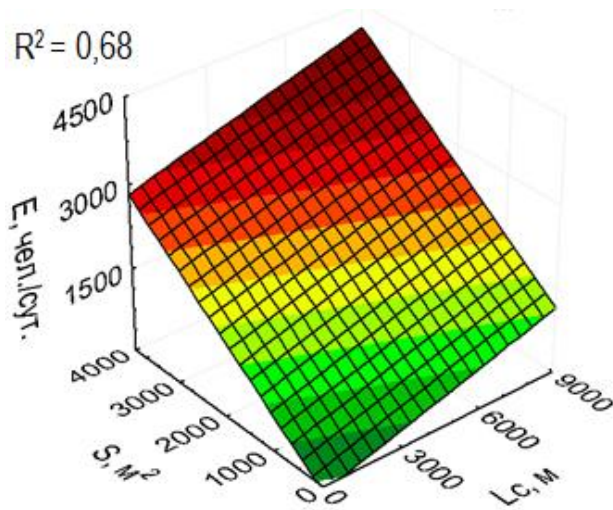


Рис. 4.31 – Зависимость числа корреспонденций от площади продуктовых магазинов (код 22) и расстояния от центра города

Регрессионное уравнение, позволяющее оценить транспортный спрос к многофункциональным торгово-развлекательным центрам (код 21), представлено выражением [17]:

$$E = 0,73 \cdot S. \quad (4.28)$$

Единственным значимым фактором для многофункциональных торгово-развлекательных центров является площадь. Факторы удаленности от центра города оказались незначимыми, поскольку большая часть таких центров предполагает свое размещение на периферии города. Уравнение 4.28 представлено на графике 4.32.

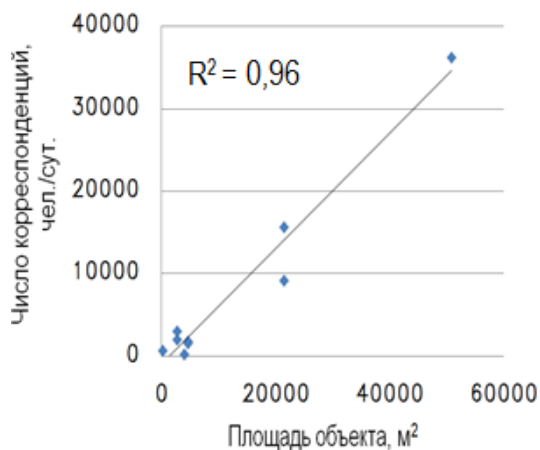


Рис. 4.32 – Зависимость числа корреспонденций от площади многофункциональных торговых центров (код 21) и расстояния от центра города

Таким образом, в рамках каждой укрупненной типологии представлены уравнения регрессии, которые, в зависимости от типа территории опираются на пространственные характеристики её расположения.

Регрессионная статистика по офисам (укрупненный код 4) представлена в таблице 4.25.

Таблица 4.25

## Оценка регрессионной зависимости ЦМТ (офисы код 4)

Регрессионная статистика					
Коэффициент корреляции R		0,88			
R-квадрат		0,79			
Нормированный R-квадрат		0,77			
Стандартная ошибка		114,80			
Наблюдения		36			
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F		
			$F_{расч}$	$F_{95\%;2;34}$	
Регрессия	2	1650899,72	62	3,23	
Остаток	33	434909,30			
Итого	35	2085809,03			
t-статистика					
	Коэффициенты регрессии	t-статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;33}$	нижний	верхний
Y Число корреспонденций, корр/сутки	152,07	4,77	2,02	87,32	216,82
X <sub>1</sub> Площадь объекта, м <sup>2</sup>	0,10	11,08		0,08	0,11
X <sub>2</sub> Расстояние от центра города, м.	0,008	0,98		-0,008	0,02
Матрица корреляции					
Коррелируемые переменные	Число корреспонденций, корр/сутки	Площадь объекта, м <sup>2</sup>	Расст-ие от центра города, м		
Число корр., корр/сутки	1				
Площадь объекта, м <sup>2</sup>	0,88	1			
Расстояние объекта от центра города, м	-0,12	-0,22	1		
$Y = 152 + 0,1 X_1 + 0,0081 X_2$					

Данные таблицы 4.25 представлены на рис. 4.33. Из рисунка видно, что большее влияние на число корреспонденций оказывает площадь территории, чем она больше, тем большее число корреспонденций генерирует рассматриваемый ЦМТ. Расстояние от центра города оказывает меньшее влияние на число корреспонденций. Однако следует учитывать, что при удалении от центра города число корреспонденций также будет увеличиваться.



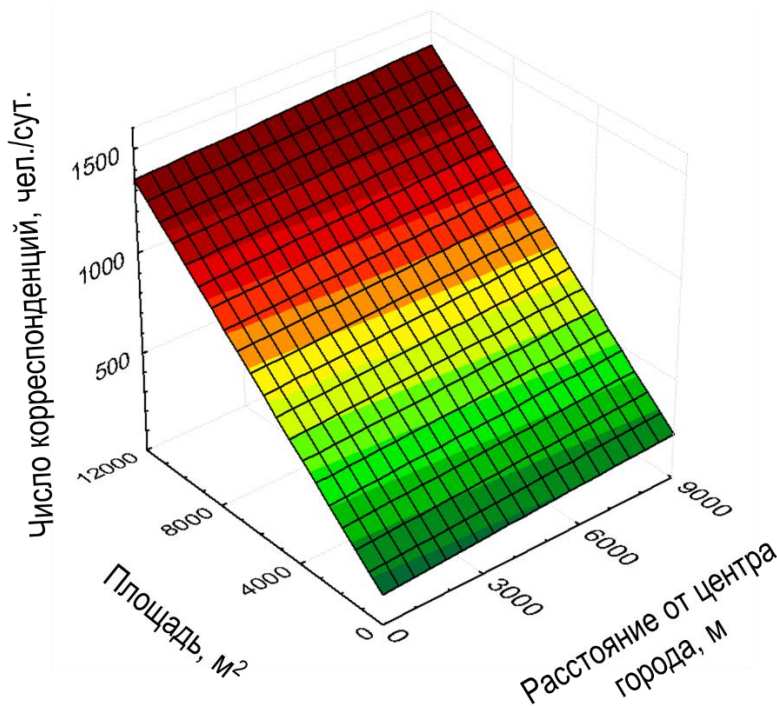


Рис. 4.33 – Зависимость числа корреспонденций к офисам от площади ЦМТ и расстояния от центра города

Таким образом, определить транспортный спрос, выраженный в суточном числе корреспонденций, генерируемых ЦМТ (код 4) можно по эмпирическому выражению:

$$E = 152 + 0,1 \cdot S_4 \quad (4.29)$$

где  $E$  – общее число корреспонденций, совершенных к объекту за рассматриваемый период (сутки), чел/сут;  $S_4$  – площадь объекта тяготения,  $\text{м}^2$ . Данное выражение следует использовать только для офисных помещений, расположенных в административных границах населенного пункта. Диапазон оценки транспортного спроса по предлагаемому эмпирическому выражению: не менее 3200 м. и не более 12000 м. удаленности от центра города.

#### 4.5. Методика прогнозирования интенсивности транспортных потоков при обслуживании ЦМТ

В соответствии с общепринятым подходом к транспортному планированию на основе четырехшаговой модели (рис. 1.4), оценке транспортного спроса отводится первые два шага – оценка генерирующей способности ЦМТ (выявление ёмкости по

прибытию и убытию) и оценка транспортного спроса на сетевом уровне с последующим расчетом матрицы межрайонных корреспонденций [56].

Перед началом выполнения расчётов, направленных на оценку повышение качества транспортного обслуживания посетителей, выраженного в оценке потребного числа парковочных мест и оценке уровня обслуживания движения, в том числе и транзитного транспортного потока на прилегающей к ЦМТ УДС, а в более глобальных преобразованиях территории и расчётов по выявлению ёмкости транспортных расчётных районов, необходимо создать соответствующие базы данных, содержащие информацию о числе ЦМТ и их типе в ГРР, их взаимном расположении в плане города (района города), удаленности от центра города, площади ЦМТ разной функциональной направленности и др.

#### 4.5.1. Сбор исходных данных

*На первом шаге методики* общая функциональная схема которой представлена на рисунке 4.34, необходимо определить пространственные характеристики, рассматриваемого ЦМТ. Площадь транспортных расчетных районов в настоящее время легко определить с помощью современных геоинформационных систем (2ГИС, Google Earth и др.). Способы получения площади, рассматриваемого ЦМТ описаны в п. 3.1, однако важно сделать несколько пояснений относительно границ территории, подлежащей замерам. В зависимости от типологии ЦМТ процесс замера площади будет различен. Важно понимать какой ЦМТ должен рассматриваться целиком со всеми зданиями, сооружениями подсобными помещениями, а в какой достаточно учесть только здание, т.е. данная территория будет рассматриваться в качестве ЦМТ. Как правило, промышленные территории сложно выделить в отдельно стоящие здания, поскольку в производственном процессе задействованы главные цеха, подсобные помещения, производственные площадки под открытым небом, поэтому рассматривать в данном случае необходимо всю территорию без учета этажности.

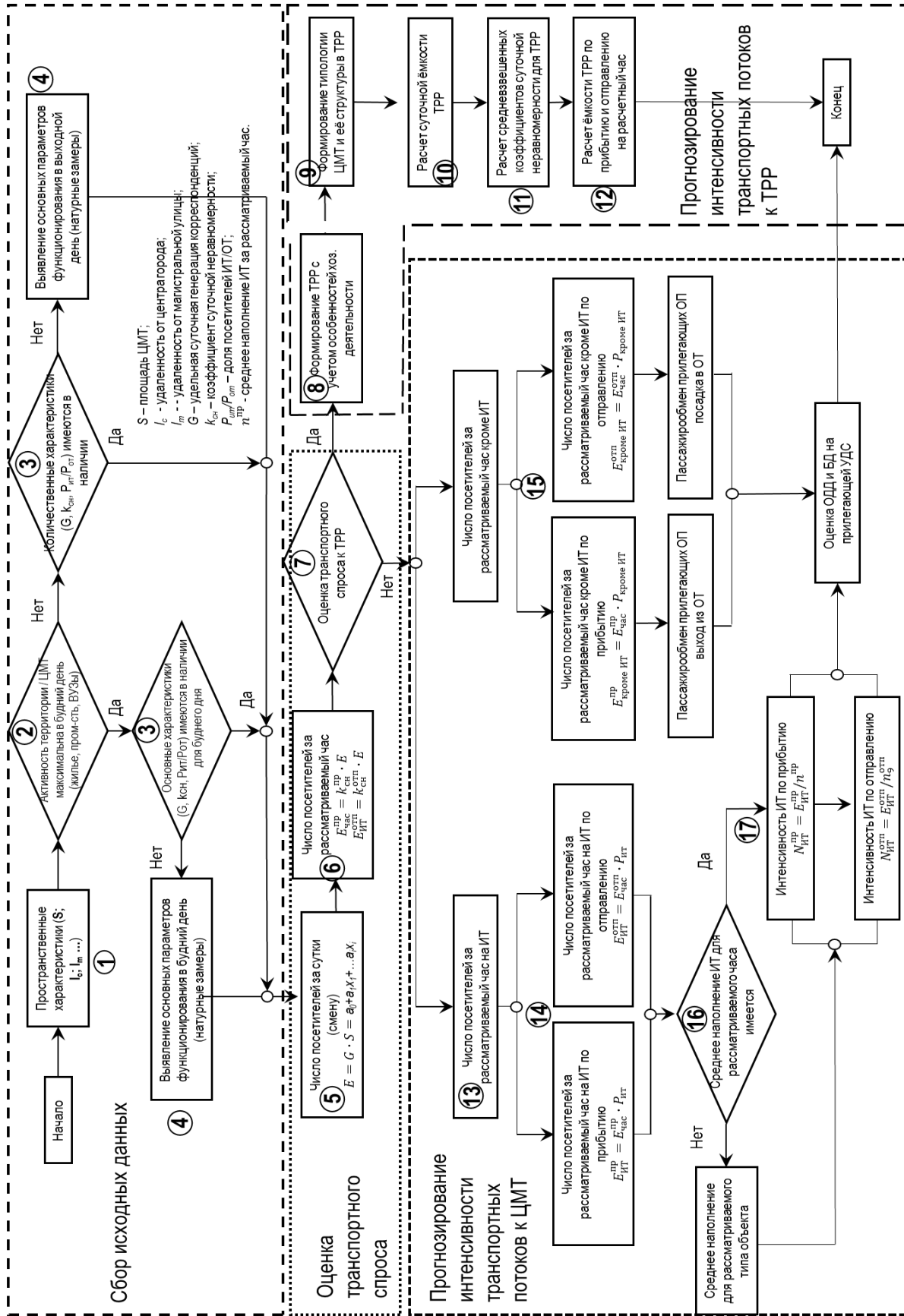


Рис. 4.34 – Принципиальная схема прогнозирования интенсивности транспортных потоков при обслуживании ЦМТ

К таким же территориям следует отнести низкоэтажную застройку (частный сектор), СНТ, ДТН, парки отдыха и развлечений, рынки и другие подобные территории, объединенные единой производственной или иной деятельностью. Границами таких территорий, как правило, являются искусственные ограждения этих территорий или естественные преграды, такие как река, овраг и т.п.

С другой стороны, существуют центры массового тяготения, которые в значительной степени могут изменяться в площади за счет увеличения этажности: многоэтажные жилые дома, магазины, крупные торговые и торгово-развлекательные центры, театры, кинотеатры и т.п. центры массового тяготения, сосредоточенные, как правило, в одном здании. При замере площади в этих случаях учитывается этажность. Например, при замере площади отдельно стоящих зданий следует учитывать площадь этажей, которая определяется по внешним габаритам здания. Технические этажи, чердаки и т.п. в расчет не берутся. Пример вычисления площади на основе современных геоинформационных систем приведен в пункте 3.1.

Пространственные характеристики, связанные с определением удаленности от центра города и магистральной улицы также могут быть определены с помощью геоинформационных систем. Основным принцип замера заключается в замерах по воздушной линии, минуя УДС. Такой подход, с одной стороны, снижает трудоемкость получения данных, с другой стороны, при наличии коэффициента непрямойности (для г. Иркутск 1,384) можно компенсировать эту погрешность, поскольку в современных городских условиях в качестве критерия оптимальности маршрута следования всё чаще используются затраты времени, а не расстояние.

**На втором шаге** выявляется активность ЦМТ в будние и выходные дни, а также по сезонам года, описана в п. 2.3.1. Вместе с этим следует учитывать типологию ЦМТ. Например, активность жилых территорий в будние дни снижается, а объектов культурно-бытовой направленности растет (за исключением ФОКов). Следует также учитывать и цель, которая преследуется при оценке транспортного спроса, если речь идет о повышении качества транспортного обслуживания локаль-

ного ЦМТ, то выбирается наиболее активный период, в случае с оценкой транспортного спроса к ТРР необходимо пользоваться данными для буднего дня без учета сезонных колебаний. Физический смысл основных количественных характеристик достаточно подробно представлен в Главе 2.

*На третьем шаге* выявляется наличие справочных данных об основных количественных характеристиках функционирования ЦМТ, они берутся из соответствующих приложений и используются в расчетах. В случае их отсутствия можно воспользоваться усредненными данными для укрупненной типологии ЦМТ, что даст определенную погрешность, но при этом данная погрешность все равно будет более предпочтительна, поскольку другими данными инженер не располагает, или *на четвертом шаге* провести натурное исследование с целью выявления этих характеристик (методика проведения натуральных экспериментов подробно описана в 3 Главе).

#### 4.5.2. Оценка суточного объема посетителей

Оценка суточного объема посетителей  $E$  реализуется *на пятом шаге* и сводится к применению исходных данных в виде количественных характеристик, например, при производстве удельной генерации корреспонденций  $G$  на площадь  $S$ , рассматриваемого ЦМТ, либо с применением регрессионного уравнения, в котором объем посетителей рассматривается с учетом дополнительных факторов, прежде всего, пространственных характеристик (удаленности от центра города, магистральной улицы и т.д.). Например, на объем посетителей к супермаркетам будет влиять удаленность от центра города, причём чем дальше супермаркет от центра города, тем выше объем посетителей.

Пример расчёта объема посетителей к локальному ЦМТ можно выполнить на основе жилого массива, расположенного в одном из микрорайонов г. Иркутск. Для расчета суточного объема посетителей необходимы данные территориального позиционирования (площадь, удельная генерация корреспонденций и удаленность от центра города), расчет проводится по уравнению регрессии 4.8:

$$E = 0,018 \cdot 7228 + 0,18 \cdot 4500 - 590 = 345 \text{ чел/сут.}$$

При отсутствии уравнения регрессии можно воспользоваться средним значением удельной генерации корреспонденций (рис. 4.10, табл. 4.9), которое для данного типа территории составляет 0,042 чел/м<sup>2</sup>. Таким образом,  $E = 0,042 \cdot 72 = 303$  чел/м<sup>2</sup>. Расчетные значения отличаются незначительно – на 13%, поскольку для примера был выбран типичный ЦМТ, расположенный на незначительном удалении от центра города. Любопытно отметить, что при сравнении объектов, расположенных на периферии города, сходство расчетных результатов будет меньшим (34%):

$$E = 0,018 \cdot 89961 + 0,18 \cdot 12196 - 590 = 3200 \text{ чел/сут;}$$

$$E = 0,048 \cdot 89961 = 4318 \text{ чел/м}^2.$$

Такая погрешность возникает вследствие влияния фактора удаленности от центра города, поэтому уравнения регрессии предпочтительнее усредненному значению удельной генерации корреспонденций.

Для практических расчетов и прогнозирования пиковых периодов требуется информация о числе посетителей за определенный час  $E_{\text{час}}$ . Такая информация может быть получена **на шестом шаге** на основании коэффициентов суточной неравномерности (по прибытию и отправлению), отражающих долю загрузки ЦМТ в течение суток (смены). Такие коэффициенты представлены в Приложении 3. По возможности нужно использовать именно тот тип ЦМТ, который рассматривается. В случае отсутствия данных можно воспользоваться усредненными значениями для укрупненной типологии ЦМТ, что даст некоторую погрешность. Например, при оценке транспортного спроса к универсальному магазину, имеющему похожие характеристики функционирования с «супермаркетом», можно воспользоваться основными количественными характеристиками последнего:

$$E_{\text{час}}^{\text{пп}} = k_{\text{сн}}^{\text{пп}} \cdot E; \quad (4.30)$$

$$E_{\text{ит}}^{\text{отп}} = k_{\text{сн}}^{\text{отп}} \cdot E. \quad (4.31)$$

Таким образом, число корреспонденций по прибытию и отправлению для рассматриваемого ранее жилого массива в период с 8:00 до 9:00 будет:

$$E_{\text{час}}^{\text{пп}} = 0,054 \cdot 345 = 19 \text{ корр.};$$

$$E_{\text{ит}}^{\text{отп}} = 0,117 \cdot 345 = 41 \text{ корр.}$$

Естественно, что в рассматриваемом примере (жилой дом) количество корреспонденций по отправлению больше в утренние часы пик, а по прибытию меньше.

#### 4.5.3. Оценка транспортного спроса к ТРР

Оценка транспортного спроса к ТРР, *седьмой шаг*, подразумевает расчет ёмкости ТРР по прибытию и отправлению. Для решения этой непростой задачи *на восьмом шаге* необходимо сформировать ТРР, отвечающие общим требованиям (см. п. 1.4.2), а также учесть особенности хозяйственной деятельности, связанные с возможным использованием прилегающей территории, организации дополнительных местных проездов, тропинок и т.п. Очень важно учесть эти особенности, поскольку в зависимости от их наличия или отсутствия могут меняться границы ТРР и, следовательно, их ёмкость.

Формирование типологии ЦМТ и её структуры происходит на *девятом шаге*, которая необходима для расчёта ёмкости ТРР и математического анализа пространственных и количественных характеристик ТРР. Пример такой базы приведен на рисунке 3.2. Фактически исследователь получает совокупную информацию о ТРР, состоящую из сотен, а в некоторых случаях и тысяч ЦМТ, расположенных в рассматриваемом ТРР, часто эти ЦМТ делятся не только относительно физических строений, но и в рамках одного здания. Например, в жилых домах часто на первых этажах организовываются аптеки, продовольственные магазины, кафе и т.п.

Расчет ёмкости ТРР осуществляется *на десятом шаге* на основании данных о численности проживающего населения, к которому необходимо приложить и данные о половозрастной структуре, числе мест приложения труда и др. Используя этот метод в современных условиях, инженер рискует получить недостоверную информацию по причине достаточно высокой доли жилья, используемого в качестве доходной недвижимости (от 15 до 50%). Естественно, что частая смена жильцов будет вносить свои коррективы в предпочтения совершаемых корреспонденций как трудовых, так и культурно-бытовых. В качестве исходных данных для расчета

ёмкости ТРР можно использовать и анкетные методы опроса населения, как правило, на местах службы, реже – на местах проживания. Такой подход может выявить более точные данные о передвижении населения в рамках города (агломерации), но при этом он обладает высокой трудоемкостью. В предложенном методе А.Н. Зедгенизовой [80], выражение (1.25), указанные проблемы отсутствуют, что наряду с наличием количественных характеристик функционирования ЦМТ рекомендуется в данной методике в качестве единственно возможного.

**Одиннадцатый шаг** посвящен расчету средневзвешенных коэффициентов суточной неравномерности. При расчете ёмкости ТРР подразумевается соблюдение баланса между корреспонденциями по прибытию и отправлению в течение суток, за исключением таких корреспонденций, которые в силу трудовых обязательств являются невозвратными (дежурные врачи, технологи непрерывного производства, охранники и т.п.). По оценкам доля невозвратных корреспонденций не превышает 3–5 %. Конечно, объем корреспонденций по прибытию и отправлению будет сильно отличаться в зависимости от часов суток и типа ЦМТ, например, жилые территории создают пиковую загрузку по отправлению в утренние часы, а промышленные по прибытию. Поскольку ТРР являются конгломератом ЦМТ, необходимо рассчитывать средневзвешенные коэффициенты суточной неравномерности (по прибытию и отправлению) для каждого ТРР [80]:

$$k_{\text{см}} = k_{100} \cdot D_{100} + k_{202} \cdot D_{202} \dots + \dots k_n \cdot D_n , \quad (4.29)$$

где  $k_{100}$  – коэффициент суточного максимума, соответствующий типу ЦМТ;  $D_{100}$  – доля типа ЦМТ. Расчет ёмкости ТРР на расчетный час, шаг двенадцать, может быть использован в дальнейших расчетах на следующих ступенях транспортного планирования (trip distribution).

**Двенадцатый шаг** рассматривает процедуру расчета ёмкости ТРР по прибытию и отправлению на рассматриваемый час. Фактически это исходные данные для второй ступени транспортного планирования.

#### 4.5.4. Прогнозирование интенсивности ИТ



Оценка транспортного спроса к ЦМТ начинается с *тринадцатого шага* предлагаемой методики и является более чувствительной к погрешностям, по сравнению с оценкой транспортного спроса к ТРР, возникающие при расчетах погрешности могут обернуться дефицитом пропускной способности, прилегающей УДС или потребным числом парковочных мест. На рассматриваемом шаге необходимо, используя данные о числе посетителей за рассматриваемый час по прибытию  $E_{\text{час}}^{\text{пр}}$  или отправлению  $E_{\text{час}}^{\text{отп}}$ , рассчитать число посетителей за этот час на ИТ (*четырнадцатый шаг*) и долю посетителей без использования ИТ (*пятнадцатый шаг*). Для этого используют долю посетителей, прибывающих на ИТ. Как правило, доля посетителей на ИТ по прибытию и отправлению имеет примерно одинаковые значения, однако возле некоторых ЦМТ это соотношение может существенно варьироваться. Например, в кафе или рестораны посетители прибывают на общественном транспорте такси, а убывают на такси. Такой дисбаланс может привести к корректировке интенсивности транспортных средств на УДС, запитывающей ЦМТ. При наличии данных о доле посетителей на ИТ за рассматриваемый час используется именно часовое значение. В противном случае используется среднее значение за сутки.

Данные, полученные на *пятнадцатом шаге* ( $E_{\text{Без ИТ}}^{\text{пр}}$  и  $E_{\text{Без ИТ}}^{\text{отп}}$ ), могут быть использованы при прогнозировании пассажиропотоков на ОТ, расчета пассажирооборота остановочных пунктов или при проектировании пешеходных коммуникаций.

На *шестнадцатом шаге* необходимо выбрать среднее наполнение ИТ. Как показывают данные натурных исследований, среднее наполнение ИТ в течение суток может значительно колебаться, причем поездки, осуществляемые по трудовым и деловым целям, имеют меньшее среднее наполнение, чем поездки по культурно-бытовым целям. На основе данных о числе посетителей за рассматриваемый час на ИТ, как по прибытию  $E_{\text{ИТ}}^{\text{пр}}$ , так и по отправлению  $E_{\text{ИТ}}^{\text{отп}}$ , необходимо рассчитать интенсивность ИТ по прибытию  $N_{\text{ИТ}}^{\text{пр}}$  и отправлению  $N_{\text{ИТ}}^{\text{отп}}$  *шаг семнадцать*. При наличии данных о среднем наполнении за рассматриваемый час используется

именно часовое значение. В противном случае используется значение среднего наполнения за сутки, *шаг шестнадцать*. Расчет выполняется по прибытию и отправлению (выражение 2.30). Рассмотрим пример расчета интенсивности ИТ по прибытию и отправлению крупного ЦМТ, расположенного в г. Иркутск. Известно, что число посетителей за сутки составило 13050 чел., коэффициент суточной неравномерности по прибытию составил 0,15, а по отправлению 0,16 (определены по Приложению 3), доля посетителей на ИТ составила 0,45 (определены по Приложению 2):

$$N_{ИТ}^{пр} = 13050 \cdot \frac{0,45}{1,68} \cdot 0,15 = 580 \text{ авт/ч ;}$$

$$N_{ИТ}^{отп} = 13050 \cdot \frac{0,45}{1,68} \cdot 0,16 = 520 \text{ авт/ч.}$$

Таким образом, в результате оценки транспортного спроса к ЦМТ, имеется возможность оценить степень влияния ЦМТ (ОКС) на прилегающую УДС см. раздел 4.7.

#### 4.5.5. Пример оценки транспортного спроса к ТРР

В предшествующих главах достаточно подробно излагается принципиальное отличие оценки транспортного спроса, основанного на применении разных статистико-отчетных данных, и методах, основанных на количественных характеристиках урбанизированных территорий. Целью данного раздела является необходимость в практическом применении предлагаемой методики, а также реализация всего многообразия сценариев на её основе.

Таким образом, для оценки транспортного спроса к ТРР необходимо наличие всех исходных данных, представленных в методике (шаг 1–4), на основании которых совместно с ТРР формируются данные о типологии ЦМТ и её структуре в ТРР (*шаг 9*) методики.

При оценке числа посетителей (ёмкости ТРР) за суточный период (*десятый шаг методики*) необходимо учитывать суммарные корреспонденции, тяготеющие

к ЦМТ, расположенным внутри ТРР. Очевидно, что не все ЦМТ, расположенные в ТРР, следует учитывать, поскольку многие из них являются центрами тяготения, функционирующими непосредственно внутри ТРР, и поэтому не нуждаются в учете суточного объема посетителей (школы, детские сады, почтовые отделения, магазины товаров первой необходимости, бытовое обслуживание и т.п.). Перечень наиболее значимых ЦМТ в составе ТРР приведен в модели (1.25). Для расчета суточной ёмкости ТРР г. Иркутск воспользуемся выражением 1.25:

$$E = 4758,2 + (0,79 \cdot 151142 \cdot 0,042) + (1,78 \cdot 0 \cdot 0,049) + (0,710 \cdot 0 \cdot 0,0045) \\ + (0,85 \cdot 5388 \cdot 0,2131) + (0,50 \cdot 0 \cdot 0,682) + (0,65 \cdot 119850 \cdot 1,445) \\ E = 122615 \frac{\text{корр}}{\text{сут}}$$

При расчете ёмкости ТРР, необходимо наличие данных о структуре типов ЦМТ в рассматриваемом ТРР, суммарные значения площади по типам ЦМТ и др. (*девятый шаг методики*). Для этого на основании составленной базы данных (пример рис. 3.2) необходима группировка интересующих типов ЦМТ и их последующая структуризация (табл. 4.26) с целью выявления доли ЦМТ, находящихся в рассматриваемом ТРР, средневзвешенных значений коэффициента суточной неравномерности по прибытию и отправлению в/из этих ЦМТ, средневзвешенная доля корреспонденций на ИТ и средневзвешенное наполнение на ИТ.

Каждый ЦМТ, представленный в ТРР имеет свои характеристики, присущие именно этому типу, именно поэтому необходимо рассчитать средневзвешенное значение этих параметров. Пример расчёта средневзвешенных параметров осуществляется на основании выражения 4.29. Результаты расчетов средневзвешенных коэффициентов суточной неравномерности по прибытию/отправлению (*одиннадцатый шаг*), фактически представлен в таблице 4.26. На *двенадцатом шаге* выявляется ёмкость по прибытию и отправлению в/из рассматриваемого ТРР, необходимая для реализации второй ступени транспортного планирования (trip distribution), т.е. расчет матрицы межрайонных корреспонденций. Фактически данный расчет производится по тому же выражению (4.30 и 4.31), что и число посетителей за рассматриваемый час *на шестом шаге*. На данном этапе заканчивается первая ступень транспортного планирования (Trip generation).

## Пример структуры типов ЦМТ в ТРР

Код ЦМТ	Тип ЦМТ	Площадь ЦМТ, м <sup>2</sup>	Доля	Доля, %	Средневзвешенный коэффициент суточной неравномерности по прибытию	Средневзвешенный коэффициент суточной неравномерности по убытию	Средневзвешенная доля корреспонденций на ИТ	Средневзвешенное наполнение ИТ
5	Промышленность	0	0,000	0	0,00	0,00	0,00	0,00
12	Жилье среднеэтажная застройка	342455	0,831	83	0,04	0,10	0,36	1,25
13	Жилье высокоэтажная застройка	0	0,000	0	0,00	0,00	0,00	0,00
14	Жилье с участком земли	1800	0,004	0	0,00	0,00	0,00	0,01
35	Учебные заведения высшего проф. Обр. (институты, академии, университеты)	0	0,000	0	0,00	0,00	0,00	0,00
319	ФОК	540	0,001	0	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Офис фирмы	16480	0,040	4	0,00	0,00	0,01	0,06
21	ТРЦ, универмаги	50600	0,123	12	0,00233	0,00	0,06	0,20
Итого		411875	1,00	100	0,05	0,10	0,43	1,51

#### 4.6. Методика организации дорожного движения и оценки влияния ЦМТ (ОКС) на прилегающую УДС

В основе методики лежат математические модели оценки коэффициента загрузки, приведенные в разделе 2.5, ключевой особенностью которых является наличие легкодоступных исходных данных. Методика организации дорожного движения является логическим продолжением методики оценки транспортного спроса и прогнозирования интенсивности транспортных потоков (посетителей на ИТ), т.е. *шагом № 18*. Основной целью предлагаемой методики является последовательное описание действий при определении уровня обслуживания движения на пересечении (ях), запрашивающем ЦМТ (ТРР). На рис. 4.35 представлена принципиальная схема данной методики.

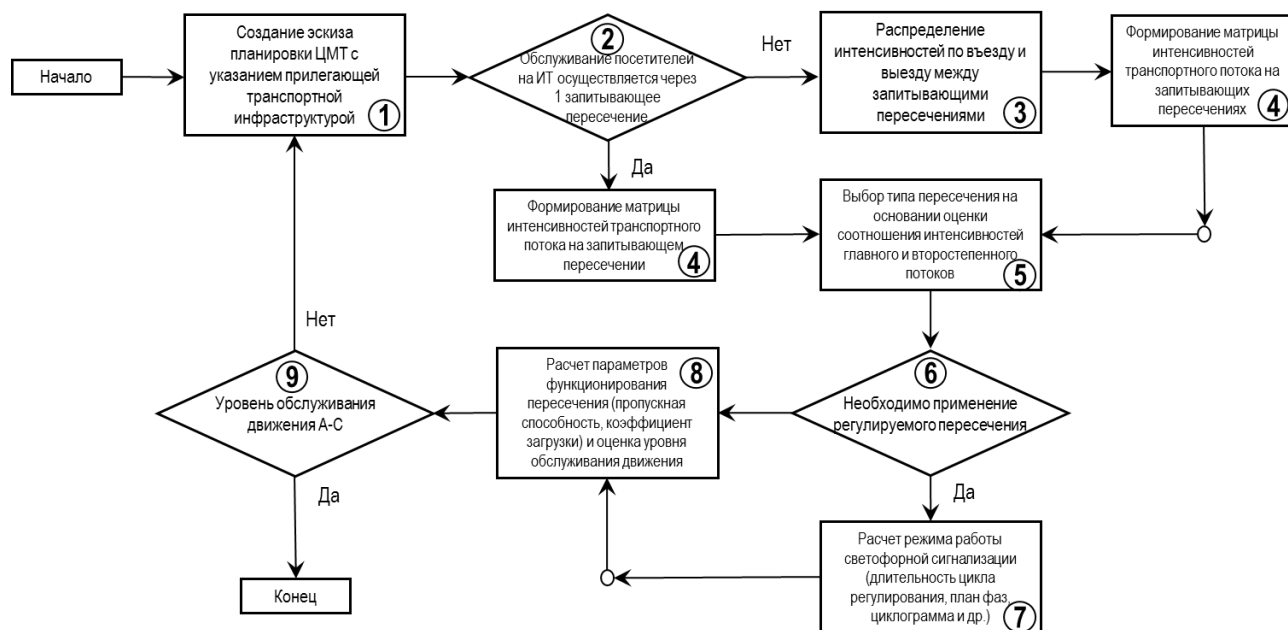


Рис. 4.35 – Принципиальная схема методики организации дорожного движения на пересечениях, запрашивающих ЦМТ

На *первом шаге* данной методики необходимо создать эскиз планировки ЦМТ с указанием прилегающей транспортной инфраструктуры, при этом следует учитывать наличие и расположение дорог всех категорий, проходящих через ЦМТ и находящихся в непосредственной близости от рассматриваемого ЦМТ. Не следует пренебрегать участками прилегающей территории, по которой возможен проезд на территорию ЦМТ или выезд из неё. При оценке уровня обслуживания движения,

существующего ЦМТ, его эскиз следует выполнять максимально близко со сложившимися условиями транспортного обслуживания посетителей на ИТ. Пример эскиза представлен на рис. 4.36.

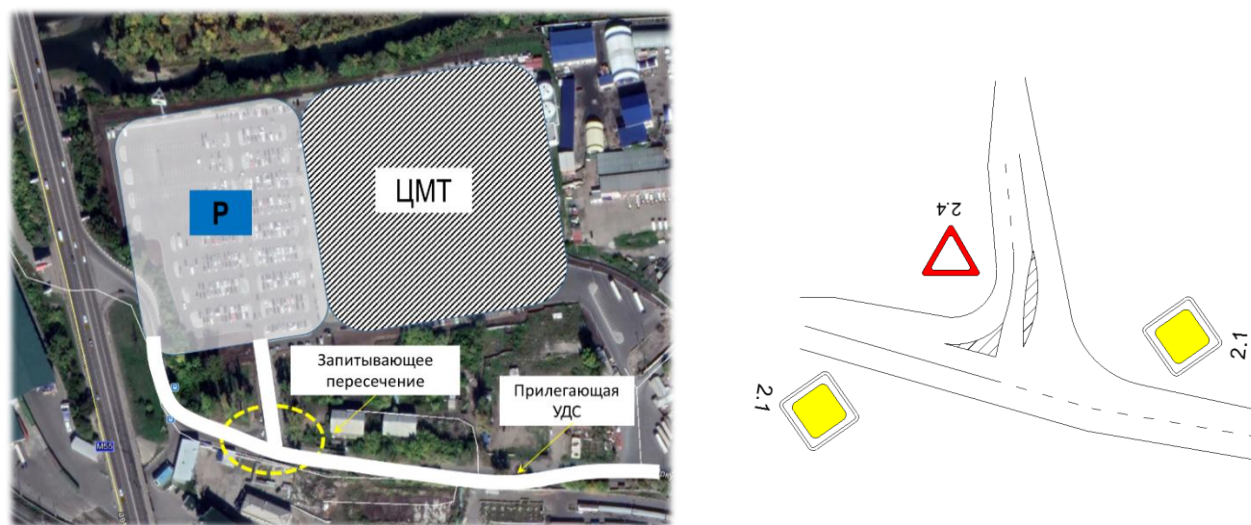


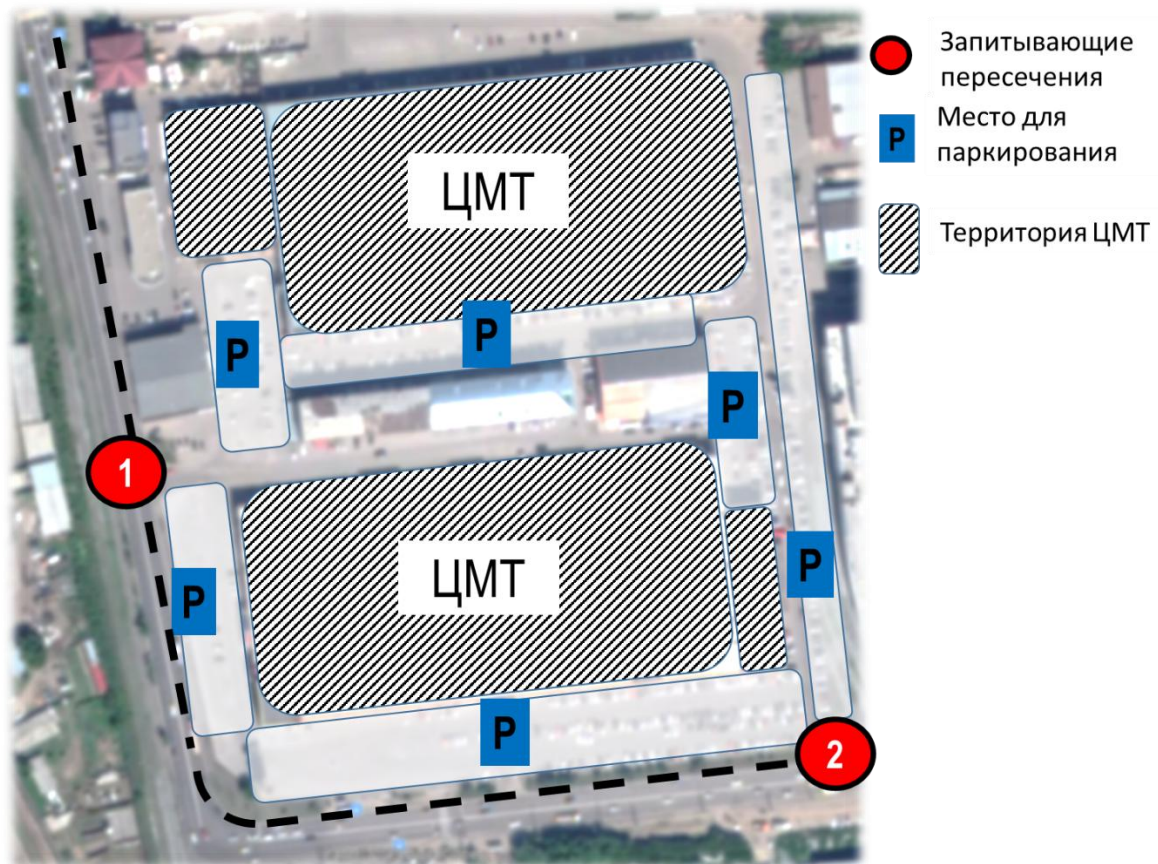
Рис. 4.36 – Эскиз ЦМТ с одним запрашиваемым пересечением – слева; организация дорожного движения – справа

Особое значение при выполнении эскиза следует придавать организации дорожного движения на запрашиваемых пересечениях, учитывать число полос и их ширину, наличие канализирования, дислокацию дорожных знаков, полос разгона и торможения, поскольку данные элементы могут существенно повлиять на пропускную способность и, следовательно, на уровень обслуживания движения.

На *втором шаге* методики следует определиться с количеством запрашиваемых пересечений. В случае оценки уровня обслуживания движения существующего ЦМТ следует учитывать все функционирующие пересечения. Исключения могут составлять пересечения для въезда/выезда служебного, грузового и прочего транспорта, пропуск которых осуществляется по особому режиму. В случае оценки уровня обслуживания движения, проектируемого ЦМТ на первой итерации, следует ограничиться одним запрашиваемым пересечением, и только при низком уровне обслуживания движения на второй и последующих итерациях (*шаг 9*) рассматривать дополнительные запрашиваемые пересечения.

В случае наличия двух и более пересечений, запрашиваемых ЦМТ следует выполнить распределение интенсивности транспортного потока (посетителей на ИТ)

между этими пересечениями *третий шаг методики*. В случае наличия двух запрашиваемых пересечений, следует рассмотреть возможность организации на каждом из этих двух пересечений только въезд и, соответственно, только выезд. Такая организация движения позволит канализировать транспортные потоки не только на запрашиваемых пересечениях, но и на территории парковки ЦМТ. Распределение интенсивности транспортного потока по прибытию (въезд на территорию ЦМТ) следует осуществлять пропорционально суммарной интенсивности транзитного потока, имеющего возможность, согласно существующей на запрашивающем пересечении ОДД, осуществить въезд на территорию данного ЦМТ. Распределение интенсивности транспортного потока по убытию (выезд с территории ЦМТ) следует осуществлять пропорционально пропускной способности подходов (групп полос), предназначенных для выезда с территории ЦМТ. Рассмотрим пример распределения интенсивности между двумя запрашиваемыми пересечениями, представленными на рисунке 4.37.





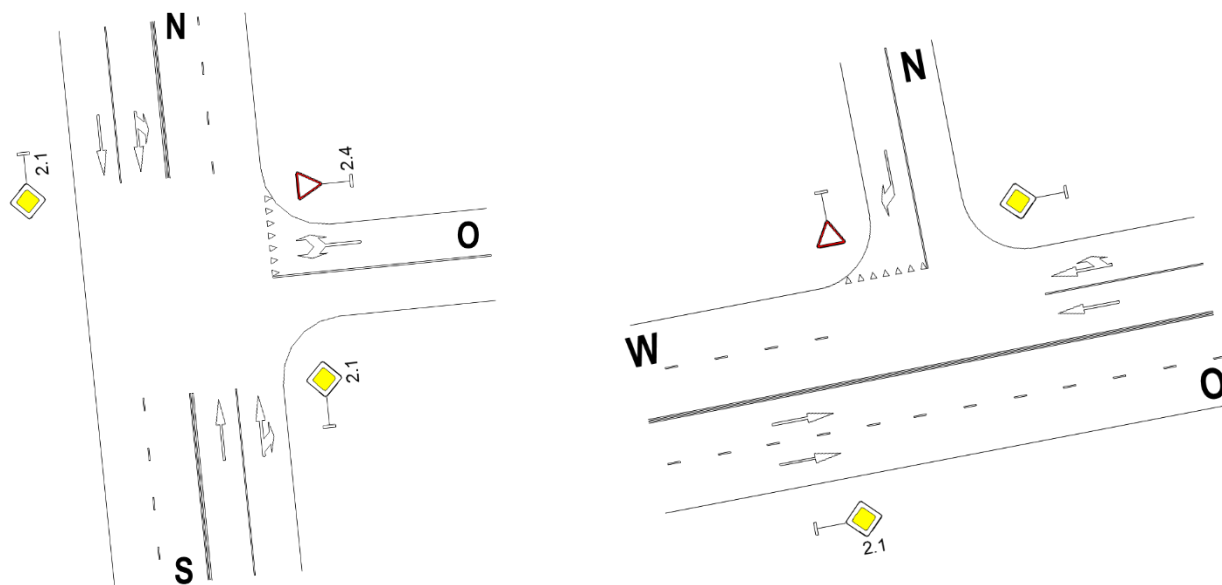


Рис. 4.37 – Эскиз ЦМТ с двумя запрашиваемыми пересечениями – сверху; организация дорожного движения слева – запрашивающее пересечение № 1; справа – запрашивающее пересечение № 2

Суммарная интенсивность на въезд за максимальный час составила 580 авт/ч, а на выезд 520 авт/ч (пример детального расчета интенсивности транспортного потока приведен в разделе 4.5.4), причем суммарная интенсивность транзитного транспортного потока в направлениях, разрешающих въезд на территорию ЦМТ, для первого пересечения составила (в обоих направлениях главного потока) 1400 авт/ч, а для второго пересечения (только в одном направлении главного потока) 600 авт/ч. Следовательно, суммарная интенсивность на въезд к ЦМТ распределится пропорционально этим интенсивностям (коэффициент пропорциональности  $(1400/(1400+600)=0,7)$ ) и составит для первого пересечения  $580*0,7=406$  авт/ч, а для второго  $580*0,30=174$  авт/ч.

Распределение интенсивности транспортного потока по убытию (выезд с территории ЦМТ) распределяется пропорционально пропускной способности групп полос. Так, например, на первом пересечении пропускная способность полосы, осуществляющей два направления, может быть определена по методическим рекомендациям по оценке пропускной способности [129], и которая составит для первого пересечения 236 авт/ч, учитывая ОДД на первом пересечении (разрешены пово-



роты налево и направо из второстепенного направления), то распределение интенсивности следует выполнить пропорционально пропускной способности направлений движения на выезд из ЦМТ. Для второго пересечения – 448 авт/ч с учетом организации дорожного движения (рис. 4.37). Следовательно, суммарная интенсивность на выезд из ЦМТ распределится пропорционально этим пропускным способностям (коэффициент пропорциональности  $(236/(236+448)=0,34)$ ) и составит для первого пересечения  $520*0,34=177$  авт/ч, а для второго  $520*0,66=343$  авт/ч. Учитывая выявленные интенсивности транспортных потоков на запрашиваемых пересечениях, возможна реализация *четвертого шага* методики – формирование матрицы интенсивности (см. табл. 4.27 и 4.28).

Таблица 4.27

Матрица интенсивности транспортных потоков на пересечении № 1

От-правление	Прибытие				Сумма
	N	S	W	O	
N	-	600	-	231	600
S	800	-	-	175	1206
W	-	-	-	-	-
O	117	60	-	-	177
Сумма	917	660	-	406	

Таблица 4.28

Матрица интенсивности транспортных потоков пересечении № 2

От-правление	Прибытие				Сумма
	N	S	W	O	
N	-	-	343	-	343
S	-	-	-	-	-
W	-	-	-	-	-
O	174	-	600	-	774
Сумма	174	-	943	-	

На *пятом шаге* осуществляется выбор типа пересечения (при оценке существующего уровня обслуживания движения *пятый* и *шестой шаг* методики игнорируется), основываясь на нормативных документах ГОСТ, технические средства

ОДД и методические указания по оценке пропускной способности [129, 34], в основе которых лежат конфликтующие интенсивности транспортных и пешеходных потоков и число ДТП, произошедших в течение года. Таким образом, для пересечения № 1 соотношение интенсивностей в конфликтующих направлениях составит 177 и 1400 авт/ч, что показывает необходимость применения светофорного регулирования по условию № 1 ГОСТ. Вместе с этим в методических указаниях по оценке пропускной способности (номограмма определения пропускной способности (рис. 4.38) применения канализирования не требуется.

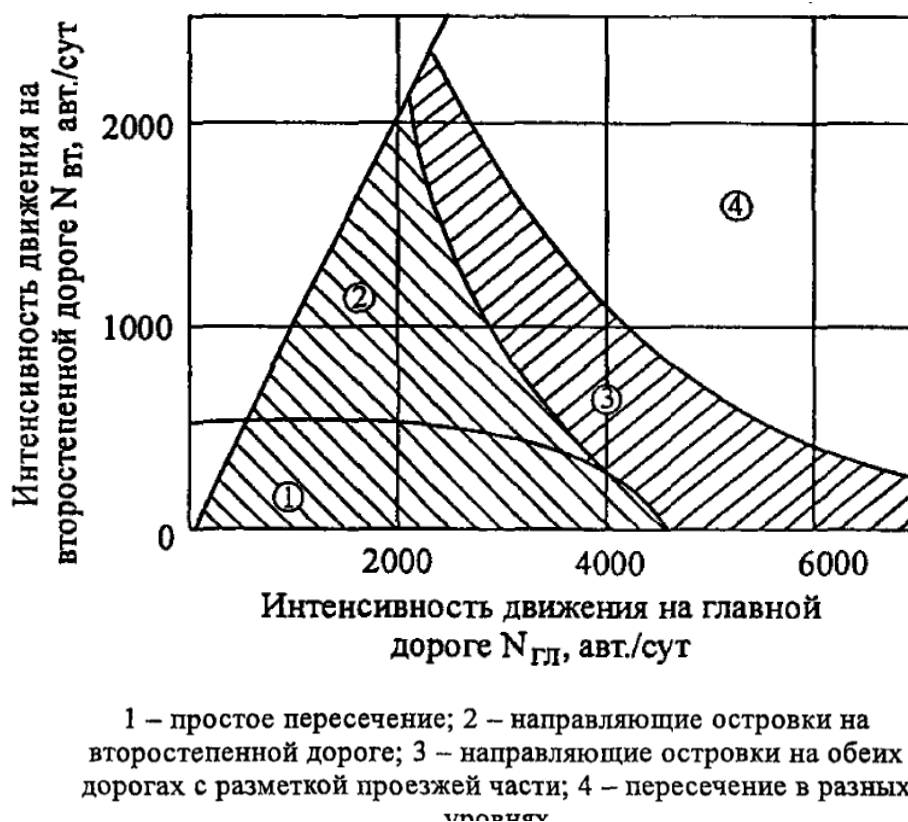


Рис. 4.38 – Номограмма определения пропускной способности пересечения [129]

После выбора типа пересечения осуществляется расчет параметров функционирования пересечения *шаг восемь*. Фактически расчет основных параметров базируется на расчете пропускной способности пересечения, выполненной на *третьем шаге* методики. Расчет коэффициента загрузки осуществляется по выражению 2.32. Таким образом, по 2.32 для первого пересечения имеем:

$$z = \frac{(13050 \cdot \frac{0,45}{1,68} \cdot 0,15 \cdot 0,34)}{1400(0,54 \frac{e^{-0,68 \cdot 0,166 \cdot 13,8}}{1 - e^{-0,168 \cdot 0,166 \cdot 5,2}} + 0,27 \frac{e^{-3,5 \cdot 0,166 \cdot 13,8}}{1 - e^{-3,5 \cdot 0,166 \cdot 5,2}} + 0,19 \frac{e^{-5,7 \cdot 0,166 \cdot 13,8}}{1 - e^{-5,7 \cdot 0,166 \cdot 5,2}})}$$

$$z = \frac{177}{196} = 0,90 .$$

Аналогичным образом рассчитывается коэффициент загрузки для второго пересечения:

$$z = \frac{(13050 \cdot \frac{0,45}{1,68} \cdot 0,15 \cdot 0,66)}{600(0,54 \frac{e^{-0,68 \cdot 0,166 \cdot 5,8}}{1 - e^{-0,168 \cdot 0,166 \cdot 3,2}} + 0,27 \frac{e^{-3,5 \cdot 0,166 \cdot 5,8}}{1 - e^{-3,5 \cdot 0,166 \cdot 3,2}} + 0,19 \frac{e^{-5,7 \cdot 0,166 \cdot 5,8}}{1 - e^{-5,7 \cdot 0,166 \cdot 3,2}})}$$

$$z = \frac{343}{605} = 0,56 .$$

По таблице 2.18, в соответствии с вычисленными коэффициентами загрузки, уровень обслуживания движения составил «Е». На данном этапе *восьмой шаг* методики (рис. 4.35) можно считать выполненным.

Для сравнения методик по оценке пропускной способности нерегулируемых пересечений приведем пример расчета пересечения 1 по методике [161] по выражению 2.38:

$$z = \left( \frac{13050 \cdot \frac{0,45}{1,68} \cdot 0,15 \cdot 0,66}{\left( \frac{3600}{3,7} e^{-\frac{600/2}{3600} \left( 6,5 - \frac{3,7}{2} \right)} \right) \cdot (1) \cdot (1)} + \frac{13050 \cdot \frac{0,45}{1,68} \cdot 0,15 \cdot 0,66}{\left( \frac{3600}{3,8} e^{-\frac{((800/2)+600)}{3600} \left( 6,6 - \frac{3,8}{2} \right)} \right) \cdot \left( 1 - \frac{231}{561} \right) \cdot (1)} \right)$$

$$= 0,2624 + 0,6768 = 0,94 .$$

Аналогичным образом рассчитывается коэффициент загрузки для второго пересечения:

$$z = \left( \frac{13050 \cdot \frac{0,45}{1,68} \cdot 0,15 \cdot 0,66}{\left( \frac{3600}{3,7} e^{-\frac{600/2}{3600} \left( 6,5 - \frac{3,7}{2} \right)} \right) \cdot (1) \cdot (1)} \right)$$

$$z = 0,51$$

Расчеты, проведенные по двум разным методикам, показывают примерно одинаковые значения коэффициента загрузки.

Для повышения эффективности работы пересечений и повышения качества транспортного обслуживания посетителей этого ЦМТ следует снизить коэффициент загрузки, применяя современные подходы к ОДД на пересечениях. В качестве примера рассмотрим применение светофорного регулирования на первом пересечении (*седьмой шаг* методики рис. 4.35). Методика расчета режима светофорной сигнализации приведена в [129]. Однако предложенная математическая модель 2.45 позволяет вычислить коэффициент загрузки основываясь исключительно на данных, которые являются общедоступными, например, геометрические параметры запрашиваемого пересечения, площадь ЦМТ и его удаленность от центра города. Предварительно необходимо представить план фаз (рис. 4.39).

Учитывая план фаз, расчеты основных параметров представлены в таблице 4.34 по 2.45, имеем:

$$z = \frac{(1,5 \cdot 6 + 5) \cdot \left( \sum_{i=1}^n \frac{177}{1282} + \frac{1206}{2640} \right)}{\left( \frac{1,5 \cdot 6 + 5}{1 - \sum_{i=1}^n \frac{177}{1282} + \frac{1206}{2640}} - 6 \right) \cdot \left( 1 - \sum_{i=1}^n \frac{177}{1282} + \frac{1206}{2640} \right)}$$

$$z = \frac{1484}{2053} = 0,72 .$$

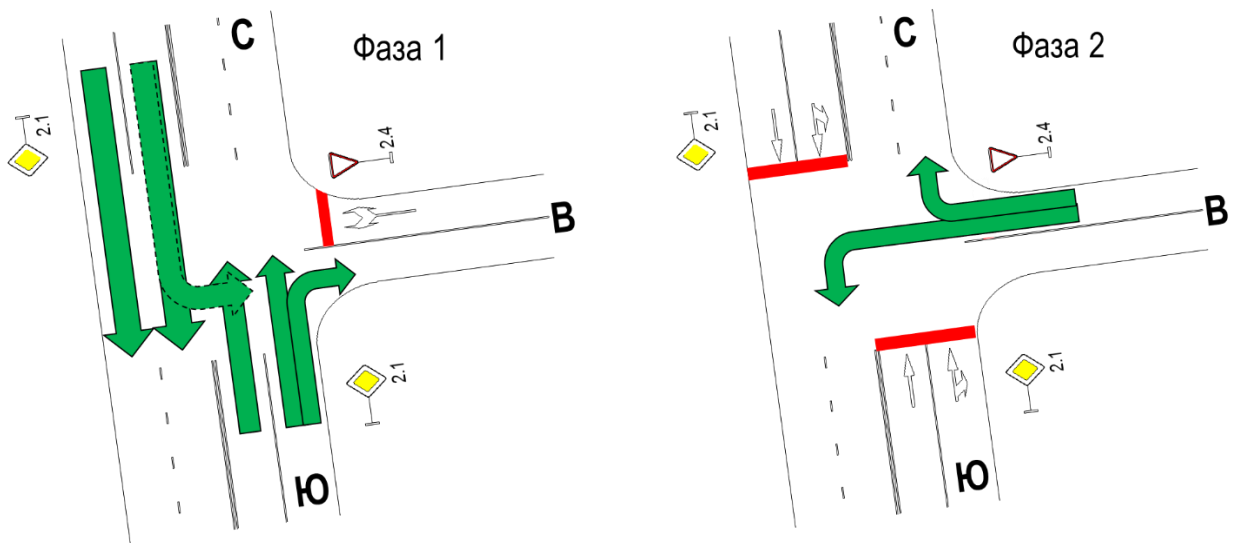


Рис – 4.39. План фаз пересечения № 1

Расчет показывает незначительное увеличение коэффициента загрузки на подходе, обеспечивающем выезд с территории ЦМТ через первое пересечение, кроме того, на других подходах вырастет коэффициент загрузки за счет введения регулирования, следовательно, введение светофорного регулирования, не изменяя геометрической конфигурации, не представляется эффективным мероприятием. В таблице 4.34 сведены возможные варианты ПОД на первом пересечении с соответствующими коэффициентами загрузки и уровнем обслуживания.

Таблица 4.34

## Сравнение вариантов ПОД при ОДД на первом пересечении

Описание ПОД	Коэффициент загрузки	Уровень обслуживания движения
Нерегулируемое пересечение со второстепенного подхода 1 группа полос	0,94	Е
Регулируемое пересечение со второстепенного подхода 1 группа полос	0,72	Д
Нерегулируемое пересечение со второстепенного подхода 2 группы полос (выделенные полосы налево и направо)	0,32	В
Регулируемое пересечение со второстепенного подхода 2 группы полос (выделенные полосы налево и направо)	0,72	Д

Варианты расчетов показывают, что снижение коэффициента загрузки на первом пересечении, при введении на нерегулируемом пересечении с второстепенного подхода выделенные полосы налево и направо, отразится и на снижении загрузки на втором пересечении, причём в результате такой ОДД следует учесть проектируемое распределение интенсивности транспортных потоков (убытии транспортных средств с территории ЦМТ). Таким образом, пропускная способность пересечений данного ЦМТ, обеспечивающих убытие ТС, будет равна 600 авт/ч и 448 авт/ч для первого пересечения из второстепенного направления направо ON и из второстепенного направления налево OS, соответственно, а для второго пересечения пропускная способность составила 605 авт/ч. Следовательно, суммарная интенсивность на выезд из ЦМТ распределится пропорционально этим пропускным способностям (коэффициент пропорциональности  $(1048/(600+448+605)=0,63)$  и составит для первого пересечения  $520*0,63=327$  авт/ч, а для второго  $520*0,37=193$  авт/ч. Учитывая перераспределение интенсивности в соответствии с законом самоорганизации, коэффициент загрузки движения на первом пересечении составит:

$$z = \frac{327}{1048} = 0,31,$$

а на втором пересечении:

$$z = \frac{193}{600} = 0,32.$$

Что соответствует уровню обслуживания движения «В». На этом этапе уровень обслуживания движения удовлетворяет требованиям методики на *девятом шаге*.

С учётом предложенной методики следует оценить влияние основных параметров, входящих в модель (2.38) на коэффициент загрузки движения и, соответственно, на уровень обслуживания движения. К таким параметрам следует отнести площадь ЦМТ, тип ЦМТ, его данные позиционирования в плане города (удаленность от центра города и магистральной улицы), интенсивность транзитного транспортного потока приоритетного направления, особенности ОДД (число полос в приоритетном и второстепенных направлениях, наличие запрещенных направле-

ний на пересечении, принимаемые критические интервалы между ТС в приоритетном направлении и т.п.). На рисунке 4.40 представлены графики зависимости уровня обслуживания движения в зависимости от перечисленных факторов.

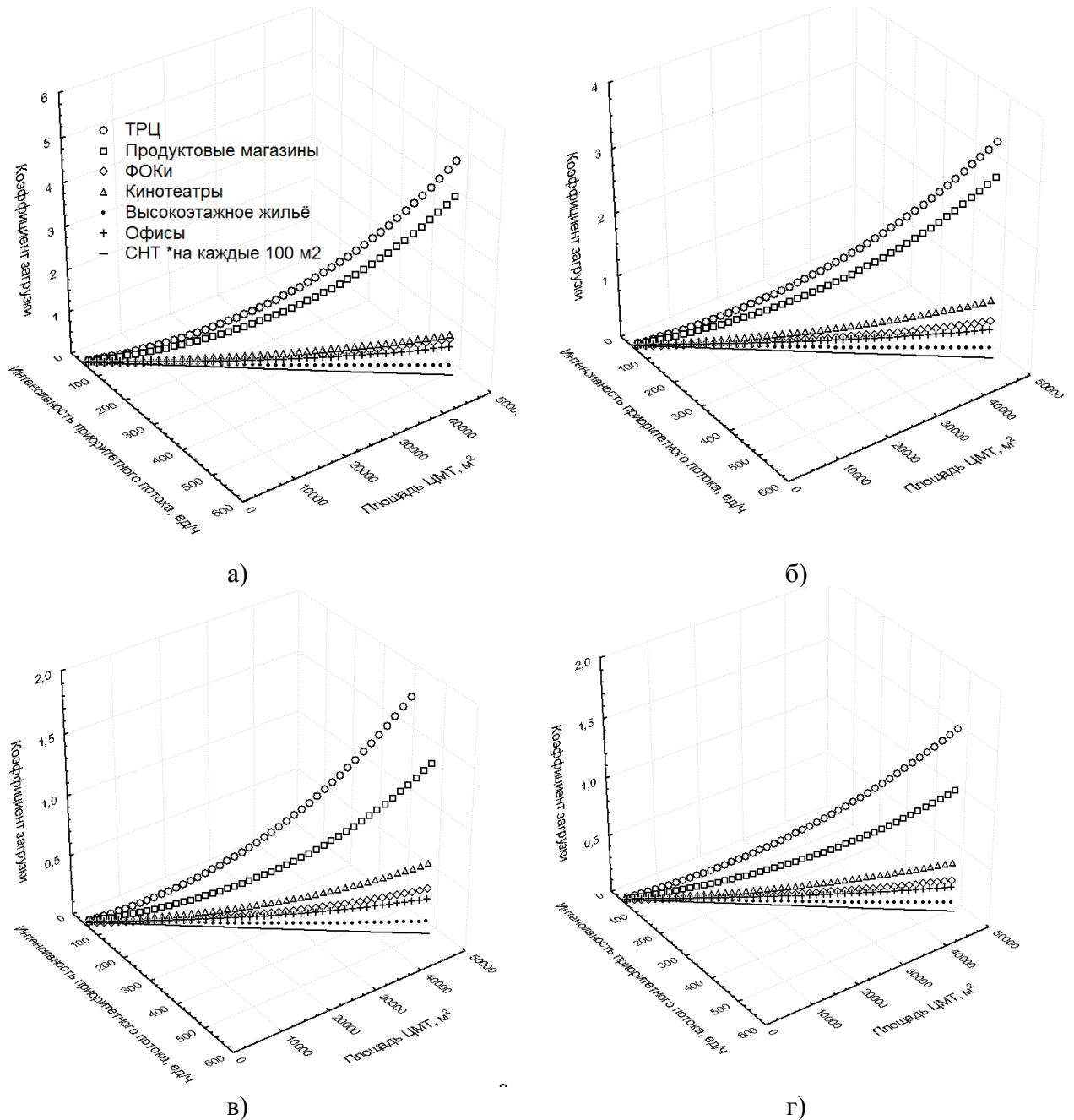


Рис. 4.40 – Зависимость коэффициента загрузки от интенсивности приоритетного потока ТС и площади ЦМТ при числе полос: а – в приоритетном направлении – 2, второстепенном 2; б – в приоритетном направлении – 4, второстепенном 2; в – в приоритетном направлении – 4, второстепенном 3; г – в приоритетном направлении – 2, второстепенном 3

Из рисунка 4.41 следует, что коэффициент загрузки снижается при увеличении числа полос как в приоритетном, так и в второстепенном направлениях. При увеличении площади ТРЦ на каждую 1000 м<sup>2</sup> уровень загрузки изменяется на 5,57% и становится критичным для площади ТРЦ 17000 м<sup>2</sup> (табл. 4.35).

Таблица 4.35

Относительное изменение (градиент) коэффициента загрузки пересечения

Тип ЦМТ	Схема ОДД (число полос приоритетного потока / второстепенного)	Критическое значение площади ЦМТ при котором $Z > 1$ , м <sup>2</sup>	Относительное изменение (градиент) $Z$ на каждые 1000 м <sup>2</sup> площади ЦМТ*, %	Функциональная зависимость
ТРЦ	2 / 2	15000	10,39	$Z = 10,39 \cdot 10^{-5} x - 0,59$
Продуктовые магазины	2 / 2	17000	8,68	$Z = 86,81 \cdot 10^{-6} x - 0,54$
ФОКи	2 / 2	58000	1,92	$Z = 19,28 \cdot 10^{-6} x - 0,12$
Кинотеатры	2 / 2	57000	2,1	$Z = 21,06 \cdot 10^{-6} x - 0,09$
Многоэтажная жилая застройка	2 / 2	182000	0,54	$Z = 5,4 \cdot 10^{-6} x + 0,00062$
Офисы	2 / 2	73000	1,47	$Z = 14,79 \cdot 10^{-6} x - 0,075$
ТРЦ	4 / 2	18000	7,25	$Z = 72,50 \cdot 10^{-6} x - 0,30$
ТРЦ	4 / 3	33500	3,35	$Z = 33,51 \cdot 10^{-6} x - 0,12$
ТРЦ	2 / 3	27000	4,61	$Z = 46,18 \cdot 10^{-6} x - 0,24$

\* относительная погрешность аппроксимации смоделированных данных не более 8 %.

Из таблицы 4.35 видно, что наибольшим градиентом обладают ТРЦ и продуктовые магазины. На примере ТРЦ можно отметить, что в целом при увеличении числа полос градиент снижается, что свидетельствует о повышении пропускной способности пересечения, что, в свою очередь, позволяет увеличить критическое значение площади ЦМТ. С другой стороны, возможно рассмотреть влияние схемы



ОДД на коэффициент загрузки одного и того же типа ЦМТ, в качестве примера рассмотрим ТРЦ и продуктовые магазины

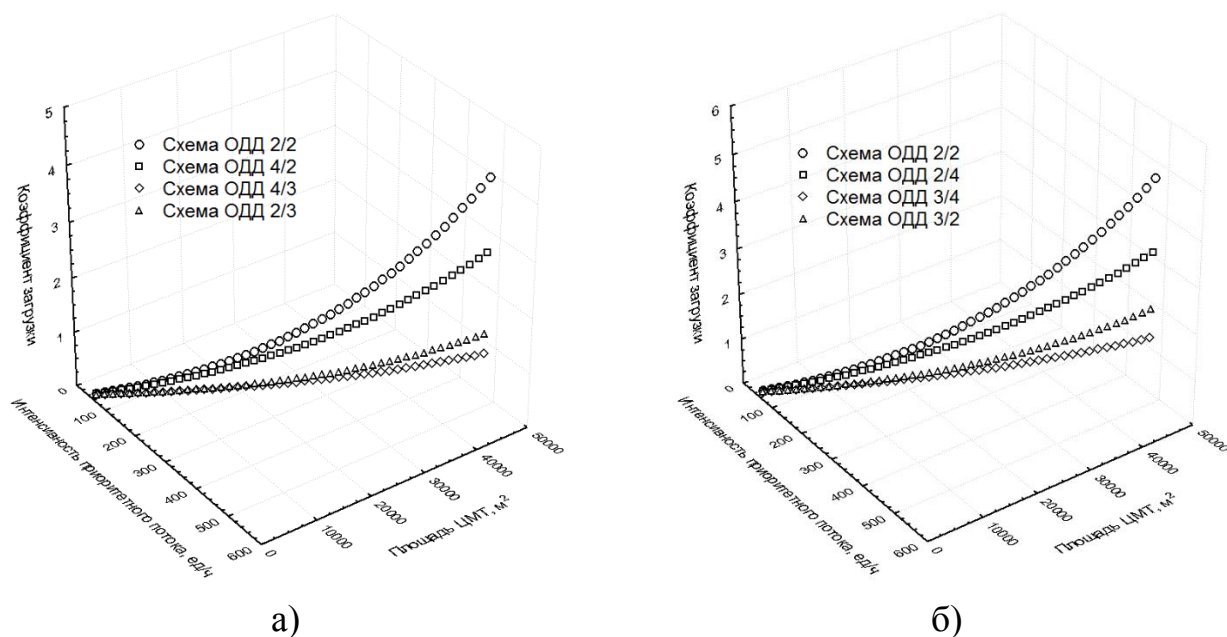


Рис. 4.41 – Зависимость коэффициента загрузки от интенсивности приоритетного потока ТС и площади ЦМТ: а – для продуктовых магазинов; б – для ТРЦ первая цифра – число полос в приоритетном направлении / вторая цифра число полос во второстепенном направлении

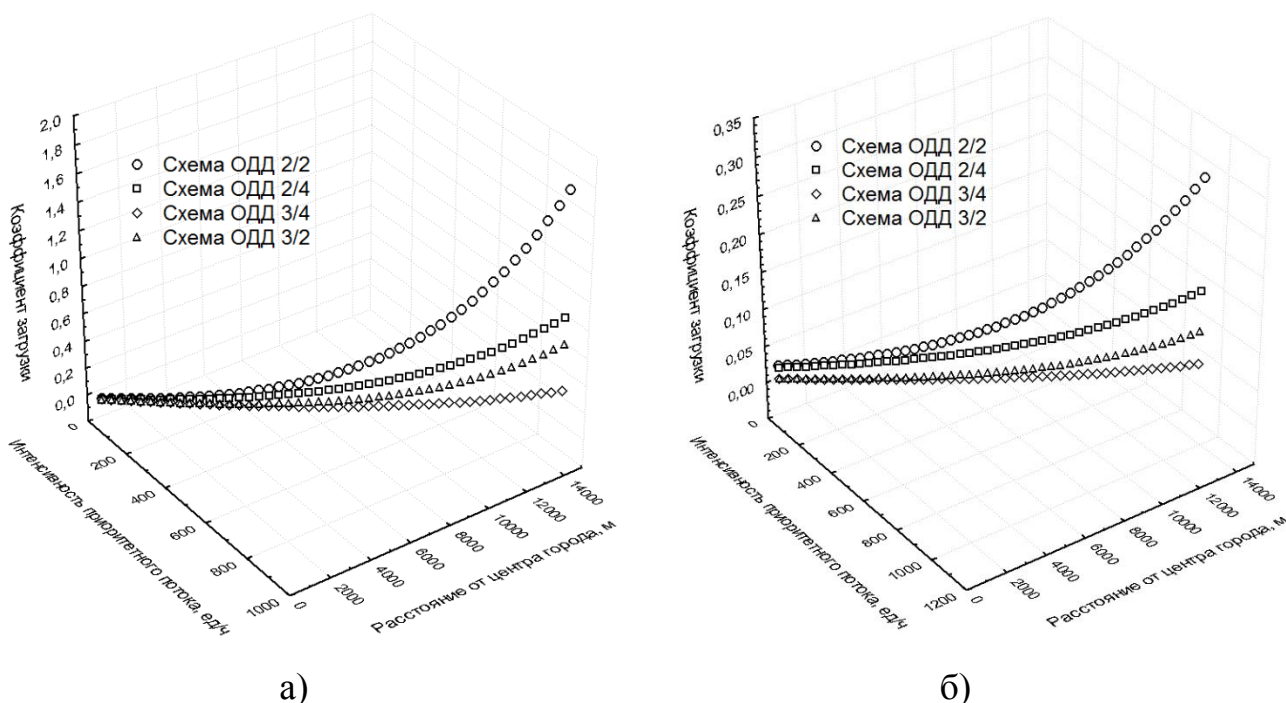


Рис. 4.42 – Зависимость коэффициента загрузки от интенсивности приоритетного потока ТС и Расстояния ЦМТ от центра города: а – многоэтажная жилая застройка; б – продуктовые магазины; первая цифра – число полос в приоритетном направлении / вторая цифра – число полос во второстепенном направлении

Из приведенных примеров, также следует, что при увеличении числа полос коэффициент загрузки снижается. Важным аспектом изучения коэффициента загрузки пересечения является выявление влияния расстояния от центра города, на котором находится ЦМТ, для этого следует представить соответствующие графики (рис. 4.42).

Градиент изменения коэффициента загрузки не одинаков и, прежде всего, зависит от схемы ОДД (табл.4.36).

Таблица 4.35

Относительное изменение (градиент) коэффициента загрузки пересечения

Тип ЦМТ	Схема ОДД (число полос приоритетного потока / второ- степенного)	Относительное изменение (гра- диент) Z на каж- дые 1000 м уда- лённости от цен- тра города*, %	Функциональная зависимость
Продуктовые магазины	2 / 2	1,8	$y = 0,000018x - 0,015230$
Продуктовые магазины	2 / 4	0,9	$y = 0,000009x + 0,008852$
Продуктовые магазины	3 / 4	0,3	$y = 0,000003x + 0,004590$
Продуктовые магазины	3 / 2	0,6	$y = 0,000006x - 0,003169$
Среднеэтажная жи- лая застройка	2 / 2	10	$y = 0,000115x - 0,306954$
Среднеэтажная жи- лая застройка	2 / 4	6	$y = 0,000061x - 0,128825$
Среднеэтажная жи- лая застройка	3 / 4	3	$y = 0,000026x - 0,049080$
Среднеэтажная жи- лая застройка	3 / 2	5	$y = 0,000049x - 0,136936$

\* относительная погрешность аппроксимации смоделированных данных не более 8 %.

Из таблицы 4.35 следует, что при увеличении числа полос на запрашиваемом пересечении градиент коэффициента загрузки для жилья высокоэтажной застройки снижается примерно на **2% на каждую полосу**, а для продуктовых магазинов примерно на **0,42% на каждую полосу**.

## ГЛАВА 5. Социально-экономическое обоснование научного подхода оценки транспортного спроса по параметрам расположения ЦМТ на урбанизированных территориях

Социально-экономические процессы общества и государства являются одним из важнейших индикаторов, характеризующих состояния сферы недропользования, перерабатывающей промышленности, отраслей транспорта, сельского хозяйства, науки, образования и др. Принято оценивать результаты упомянутых сфер и отраслей в едином денежном выражении или относительных показателях, приходящихся на единицу выпущенной продукции или укрупненную группу населения (внутренний валовый продукт, среднедушевой доход и др.).

Эффективность работы в транспортной отрасли при оценке эффективности функционирования транспортных систем или отдельных участков УДС, например, пересечение требует применения специальных методик, основывающихся на потерях времени при передвижении по рассматриваемой УДС, по отношению к потерям времени при перемещении по той же УДС в свободных (условно идеальных) условиях.

Эффективность проектно-изыскательной деятельности при выполнении проектов градостроительно-транспортной направленности имеет огромное значение для развития городов и агломераций, снижения транспортной нагрузки на УДС, экономии времени пользователей транспортной сети, снижения экологической нагрузки на окружающую среду и транспортной усталости. Однако для эффективной реализации такой деятельности необходима методология, позволяющая связать наиболее эффективные факторы для современных условий жизнедеятельности с параметрами, отражающими эту эффективность.

### 5.1. Методика оценки трудоемкости натурного эксперимента

Проведение натурного эксперимента в ЦМТ с целью выявления их количественных характеристик функционирования может быть осуществлено на основе

двух основных подходов: первый подход подразумевает задействование учетчиков, второй – применение видеосъемки, которые имеют свои достоинства и недостатки (см. гл. 3). В настоящем разделе необходимо выявить границу рационального применения этих двух подходов на основе критерия минимальной трудоемкости, при этом, подразумевается, что качество натурального эксперимента в обоих подходах остается постоянной величиной.

Трудоемкость натурального эксперимента зависит от нескольких основных факторов, прежде всего, это число задействованных каналов прибытия/убытия посетителей, продолжительность работы ЦМТ (смены), а также рассредоточенность каналов и интенсивность посетителей. Число задействованных каналов прибытия/убытия посетителей можно условно разделить на массовые, т.е. доступные неограниченному числу лиц (парадные подъезды, общая парковка и т.п.) и специализированные (только для персонала, vip-персон и т.п.). Интенсивность посетителей специализированных каналов часто не превышает 3–5% от общего числа посетителей, особенно актуально это для ЦМТ розничной торговли и сферы быта, поэтому с точки зрения соотношения затраты – учитывать качество эксперимента этих каналов нецелесообразно.

Продолжительность работы ЦМТ (смены) часто ограничена конкретными часами работы. При планировании эксперимента также следует учитывать небольшой диапазон времени до начала работы и после окончания работы ЦМТ (примерно 20–30 мин). Данное мероприятие позволит учесть большее количество посетителей и выявить продолжительность парковки тех посетителей, которые прибывают/убывают вне официального диапазона работы. В случае нерегламентированного диапазона работы ЦМТ следует субъективно установить продолжительность эксперимента. Например, жилые зоны целесообразно исследовать в диапазоне с 7:00 до 22:00, поскольку данный диапазон включает до 95% всех посетителей.

Рассредоточенность каналов прибытия / убытия одновременно с учетом интенсивности прибытия/убытия может повлиять на принятие решения о назначении

одного комбинированного поста на несколько каналов при высокой интенсивности и назначение отдельного поста на каждый канал (при высокой интенсивности).

Таким образом, оценить трудоемкость проведения натурального эксперимента можно на основании зависимостей:

$$Q_{\text{уч}} = N \cdot t; \quad (5.1)$$

$$Q_{\text{вид}} = N \cdot t \cdot k_{\text{охв}} + N \cdot t \cdot k_{\text{охв}} \cdot k_v = N \cdot t \cdot k_{\text{охв}} (1 + k_v), \quad (5.2)$$

где  $Q$  – трудоемкость натурального эксперимента, чел.-час;  $N$  – число постов, шт.;  $t$  – продолжительность функционирования ЦМТ, ч;  $k_{\text{охв}} = N_v/N$  – коэффициент охвата, характеризующий степень охвата видеосъемкой число постов;  $N_v$  – число видеопотоков, ед.;  $k_v = v_1/v_2$  – коэффициент, учитывающий изменение скорости воспроизведения видеопотока, где  $v_1$  – скорость воспроизведения видеопотока в нормальных условиях, а  $v_2$  – скорость воспроизведения с учетом снижения или увеличения скорости просмотра видеопотока. Выражение 5.1 весьма просто в интерпретации, учитывая, что продолжительность функционирования (смены) лежит в диапазоне от 7 до 15 часов, то основным фактором, влияющим на трудоемкость, является  $N$  – число постов, выбор и назначение которых лежит в весьма широких субъективных границах. Выражение 5.2 может быть представлено в виде двух слагаемых, первое характеризует трудоемкость с учетом числа постов и продолжительности функционирования ЦМТ. Второе слагаемое характеризует число видеопотоков и скорость их обработки.

Таким образом, вследствие субъективной оценки числа постов и интенсивности возникновения интересующих на них событий, исследователь может выполнить расчет и выбрать наиболее эффективный способ с точки зрения трудоемкости. Однако в практике прикладных наук, в частности экономике, применяется графический метод выбора рационального способа реализации проекта (эксперимента). Наиболее ярким примером такого метода служит анализ безубыточности деятельности предприятия (проекта), в основе которого лежит сравнение прибыли и себестоимости (прямых убытков) в зависимости от некоторых факторов деятельности (реализации проекта), например, объема производства или денежного оборота. По

аналогии с задачами, решаемыми в экономике, следует обратить внимание на «точку безубыточности» (рис. 5.1), т.е. точку равновесия, при которой при увеличении некоторых параметров исследования эффективнее с точки зрения трудоемкости применять видеонаблюдение, а при меньших значениях – задействовать учетчики.

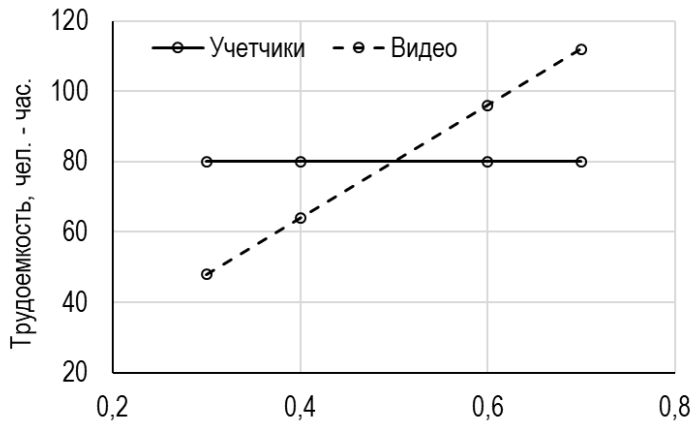


Рис. 5.1 – Граница рационального применения учетчиков и видеонаблюдения в зависимости от коэффициента охвата

На основании приведенного графика можно заключить, что применение видеосъемки будет оправдано, только если коэффициент охвата постов будет 0,5 и ниже, т.е. одна видеонаблюдение будет охватывать 2 и более поста, в противном случае применение учетчиков более целесообразно.

## 5.2. Социально-экономический эффект при оценке транспортного спроса на микроуровне

Микроуровень подразумевает оценку транспортного спроса и те изменения, которые будут характерны для локальной территории города или отдельного ЦМТ. Примерами могут выступать крупные жилые комплексы, ТРЦ, производственные площадки и т.п. Как правило, изменение территории подразумевает либо её перефилирование, либо уплотнение застройки (подробно см. раздел. 2.2.1). В этой связи, транспортный спрос к рассматриваемой территории изменяется, изменяя и загрузку УДС на запитывающих пересечениях. Одновременно с этим может измениться и потребное число парковочных мест, пассажирооборот остановочных пунктов, и даже пассажиропоток на отдельных маршрутах ГПТ. Рассмотрим в качестве примера крупную производственную площадку г. Иркутск – Иркутский

авиационный завод (ИАЗ), на котором планируется расширение производственных мощностей в связи с производством самолета МС-21, что повлечет изменение транспортного спроса к этому объекту и внесет коррективы в функционирование пересечения, запрашивающего этот ЦМТ (рис. 5.2).

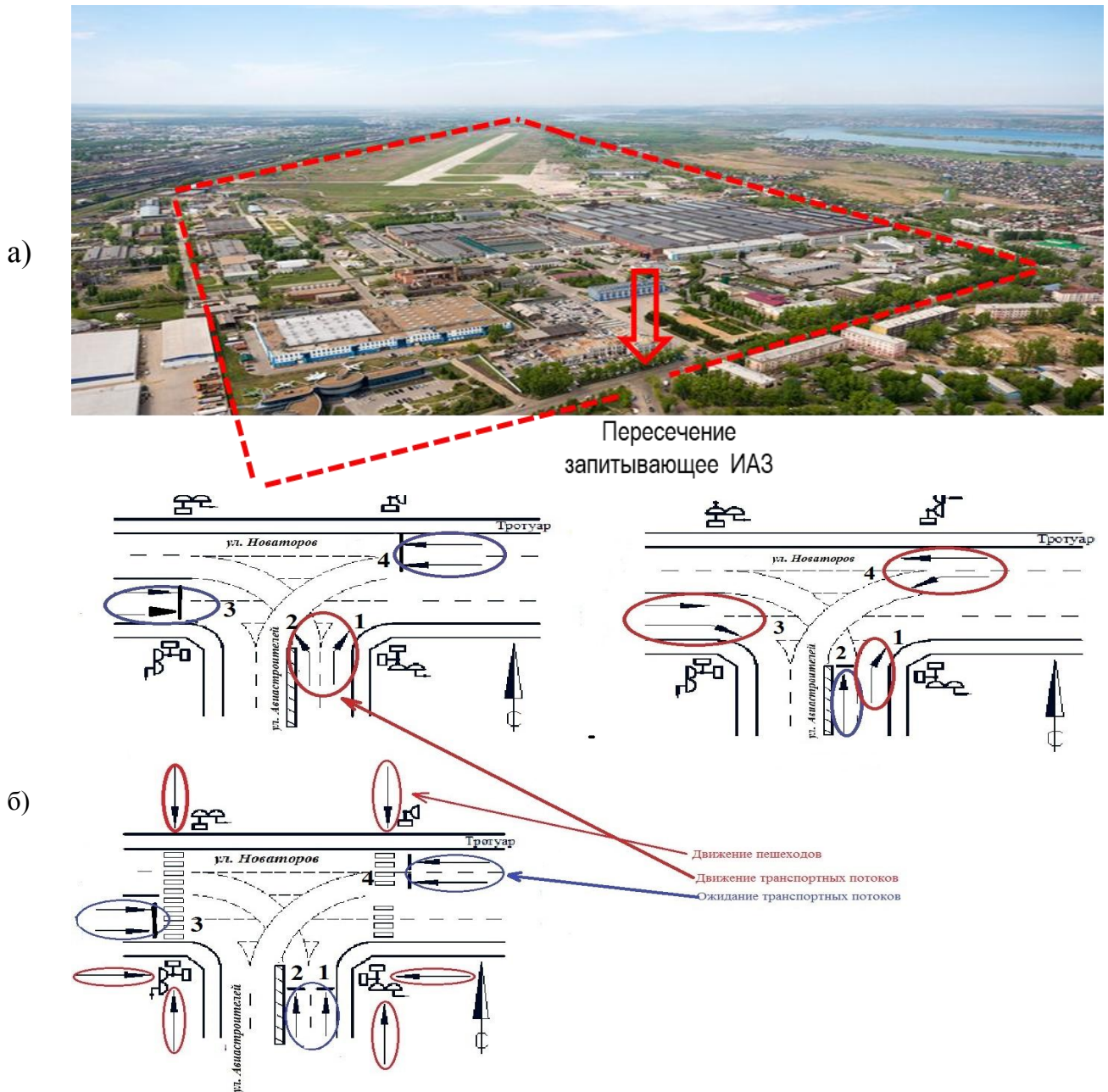


Рисунок 5.2 – Общий вид ИАЗ (а); план фаз пересечения запрашивающего ИАЗ (б)

По проектной документации планируется строительство нескольких цехов, в том числе сборочный цех, что потребует увеличения площади на  $438531 \text{ м}^2$  (43,85 Га), а суммарная площадь в проектном варианте составит  $1951301 \text{ м}^2$  (195,13 Га).

### 5.2.1. Оценка существующего состояния перекрестка

Регулируемые пересечения выполняют важную функцию разделения транспортных и пешеходных потоков во времени на ограниченном пространстве пересечения двух и более улиц или дорог, которые в силу исторических, инженерных, архитектурных или иных ограничений не могут быть разделены в пространстве. Основаниями для организации светофорного регулирования может послужить, прежде всего, высокая интенсивность транспортных и пешеходных потоков (минимальная интенсивность в конфликтующих потоках 400 и 600 ед/ч и не менее 150 пеш/ч), высокая аварийность (более 3 ДТП в год), а также целесообразность внедрения особых режимов движения.

Проектирование регулируемых пересечений – это особый раздел транспортного проектирования, требующий от проектировщика особых теоретических знаний, и практического опыта их применения. Именно поэтому, исследования ученых многих стран были направлены на разработку методик, позволяющих проектировать оптимальные режимы светофорного регулирования и оценку их эффективности в конкретных условиях эксплуатации.

Поток насыщения рассчитывается для каждой отдельно взятой группы полос. Под группой полос следует понимать совокупность таких полос, которые удовлетворяют следующим требованиям: находятся на одном подходе пересечения, являются соседствующими друг с другом, длительность разрешающего сигнала для таких полос одинакова.

Расчетное значение потока насыщения  $S$  группы полос в конкретных дорожных условиях определяется по формуле (2.40) [192, 109, 129]. В таблице 5.1 приведены формулы расчета коэффициентов, входящих в состав уравнения (2.40), позволяющих скорректировать значение идеального потока насыщения.



Коэффициенты потока насыщения в конкретных дорожных условиях  
[192, 109, 129]

Коэффициент, учитывающий:	Формула	Переменные, используемые в расчете	Группа полос			
			1	2	3	4
Ширину полос	$f_w = 1 + \frac{(W - 3,6)}{9}$	$W$ – ширина полосы, м	0,86	0,86	1,13	1,13
Продольный уклон	$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$	$G$ – величина продольного уклона на подходе к перекрестку, %	1	1	1	1
Коэффициент, учитывающий:	Формула	Переменные, используемые в расчете	Группа полос			
			1	2	3	4
Паркирование	$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$	$N$ – число полос в группе $N_m$ – число маневров, с паркированием (парк/ч)	1	1	0,94	0,94
Остановки автобусов	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_B}{3600}}{N}$	$N$ – число полос в группе движения $N_B$ – число ОП (автоб/ч)	0,87	1	0,99	1
Тип территории	в центральном районе $f_a = 0,9$ в других районах $f_a = 1,0$	—	1	1	1	1
Использование полос	$f_{LU} = v_g / (v_{g1}N)$	$v_g$ – интенсивность движения в группе полос $v_{g1}$ – интенсивность движения на максимально загруженной полосе в группе $N$ – число полос в группе	1	1	0,87	0,71

Повороты налево	Бесконфликтное движение: выделенная полоса $f_{LT} = 0,95$ полоса с распределением потоков $f_{LT} = \frac{1}{1,0 + 0,05P_{LT}}$	$P_{LT}$ – доля транспортных средств, поворачивающих налево в группе полос	0,95	0,95	0,95	0,98
Повороты направо	Выделенная полоса: $f_{RT} = 0,85$ полоса с распределением потоков	$P_{RT}$ – доля транспортных средств, поворачивающих направо	0,85	0,85	0,85	0,85

Таким образом, поток насыщения для первой группы полос равен:

$$S_1 = 1900 \cdot 1 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,85$$

$$S_1 = 1147,9 \text{ ед/ч}$$

Аналогично рассчитываются потоки насыщения для остальных групп полос.

$$S_2 = 1319,4 \text{ ед/ч}; \quad S_3 = 2807,2 \text{ ед/ч}; \quad S_4 = 2387,2 \text{ ед/ч}.$$

Пропускная способность полосы движения на регулируемом пересечении определяется по формуле (2.39) [109]:

$$c_1 = \frac{1147,9 \cdot 55}{78}$$

$$; \quad c_1 = 809,4 \text{ ед/ч}.$$

Результаты расчетов пропускной способности для остальных групп полос занесены в таблицу 5.2.

Коэффициент загрузки группы движения рассчитывается по формуле:  $z = N/P$ .

Тогда коэффициент загрузки для первой группы движения будет равен:

$$X_1 = \frac{286}{841};$$

$$X_1 = 0,35.$$

Результаты расчетов коэффициента загрузки для остальных групп полос занесены в таблицу 5.2.

Величина средней задержки определяется по формуле (5.3) [192, 109]:

$$d = d_1 + d_2, \quad (5.3)$$

где  $d$  – задержка регулирования на один легковой автомобиль, с/ед.;  $d_1$  – стандартная задержка, предполагающая одинаково повторяющееся прибытие автомобилей к перекрестку, с/ед;  $d_2$  – дополнительная задержка, учитывающая случайность прибытия транспортных средств, при этом предполагается, что величина начальной очереди автомобилей равна нулю, с/ед.

Стандартная задержка, предполагающая одинаковое прибытие транспортных средств к регулируемому перекрестку при стабильной интенсивности движения и отсутствии начальной очереди в начале анализируемого периода определяется по формуле (5.7), которая основана на широко известном понятии задержки, которое сформулировал Ф. Вебстер. Необходимо помнить, что величина  $X$  при расчетах стандартной задержки ограничена по величине и не может превышать значения «1» [192, 109].

$$d_1 = \frac{0,5 \cdot C \cdot \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \cdot \frac{g}{C}\right]}, \quad (5.4)$$

где  $d_1$  – стандартная задержка, предполагающая одинаково повторяющееся прибытие автомобилей к перекрестку, с/ед;  $C$  – длина цикла регулирования, с;  $g$  – длительность разрешающего сигнала, с;  $X$  – уровень загрузки. Тогда стандартная задержка для первой группы полос равна:

$$d_1 = \frac{0,5 \cdot 78 \cdot \left(1 - \frac{55}{78}\right)^2}{1 - \left[0,35 \cdot \frac{55}{78}\right]};$$

$$d_1 = 4,3 \text{ с/ед.}$$

Дополнительная задержка (формула 5.5) [192, 109] учитывает непостоянное прибытие транспортных средств к регулируемому перекрестку (случайная задержка), а также случайное появление перенасыщения в некоторых циклах регулирования (задержка перенасыщения). Эта величина является чувствительной к таким параметрам как уровень насыщения ( $X$ ), длительность анализируемого периода ( $T$ ), пропускная способность группы полос движения ( $c$ ) и типа сигнального регулирования, что учитывается с помощью специального коэффициента ( $k$ ). При расчете дополнительной задержки предполагается, что очередь в начале анализируемого периода отсутствует.

$$d_2 = 900 \cdot T \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right], \quad (5.5)$$

где  $d_2$  – дополнительная задержка, предполагающая случайное прибытие автомобилей к перекрестку, с/ед;  $c_i$  – пропускная способность для группы движения, ед/ч;  $T$  – длина анализируемого периода (обычно принимается 0,25), ч;  $k$  – коэффициент, учитывающий влияние параметров светофорного оборудования при адаптивном регулировании на величину дополнительной задержки (при жестком регулировании – 0,5);  $I$  – коэффициент, учитывающий удаленность предыдущего (по направлению движения) регулируемого перекрестка от рассматриваемого (для изолированного рассмотрения перекрестка – 1,0);  $X$  – коэффициент загрузки.

Таким образом, дополнительная задержка для первой группы полос будет равна:

$$d_2 = 900 \cdot 0,25 \left[ (0,35 - 1) + \sqrt{(0,35 - 1)^2 + \frac{8 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 0,35}{809,4 \cdot 0,25}} \right];$$

$$d_2 = 1,17 \text{ с/ед.}$$

Тогда величина средней задержки равна:

$$d_1 = 4,3 + 1,17;$$

$$d_1 = 5,47 \text{ с/ед.}$$

Аналогично рассчитав задержку для всех групп движения можно определить агрегированную задержку по формуле (5.6):

$$d_{\text{агр}} = \frac{\sum d_i N_i}{\sum N_i}, \quad (5.6)$$

где  $d_i$  – величина средней задержки на  $i$ -той группе полос;  $N_i$  – интенсивность движения на  $i$ -той группе полос.

Тогда агрегированная задержка для всех групп полос существующего перекрестка будет равна:

$$d_1 = \frac{(5,47 \cdot 286) + (31,3 \cdot 182) + (13,67 \cdot 312) + (14,01 \cdot 356)}{1145};$$

$$d_1 = 15,93 \text{ с/ед.}$$

Таким образом, агрегированная задержка пересечения запрашивающего ИАЗ составит 15,93 с/ед в базовом варианте.

### 5.2.2. Оценка основных количественных характеристик пересечения в случае увеличения производственных мощностей ИАЗ

В случае увеличения площади ИАЗ до 1951301 м<sup>2</sup>, количество посещений за сутки будет оцениваться исходя из произведения удельной генерации корреспонденций и проектируемой площади:

$$N_{\text{сум}} = 0,02 \cdot 1951301;$$

$$N_{\text{сум}} = 39026 \text{ чел.}$$

Дальнейший расчет учитывает долю посетителей на индивидуальном транспорте (10%) посетителей, следовательно,

$$N_{\text{ит}} = 39026 \cdot 0,1;$$

$$N_{\text{ит}} = 3902,6 \text{ чел.}$$

С учетом коэффициента суточной неравномерности (0,5) для утреннего часа пик:

$$N_{\text{ит}} = 3902,6 \cdot 0,5;$$

$$N_{\text{ит}} = 1951,3 \text{ чел.}$$

Среднее наполнение индивидуального транспорта в утренний час пик 1,77 чел/авт, следовательно, количество автомобилей можно определить с помощью расчета:

$$N_{ит} = \frac{1951,3}{1,77}; N_{ит} = 1100 \text{ авт.}$$

Учитывая базовое значение интенсивности транспорта на рассматриваемом пересечении улиц Новаторов и Сибирских Партизан, направленных в сторону ИАЗ 854 авт/ч, интенсивность увеличится на 246 авт/ч.

Оценка прогнозируемого состояния перекрестка проводится аналогично оценке состояния исходного состояния перекрестка. Полученные результаты представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Показатели организации дорожного движения

Показатель	Исходный вариант				Прогнозируемый вариант			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Номер группы полос								
N, ед/ч	286	182	312	356	286	182	312	356
C, авт/ч	809,4	338,4	1151,6	979,3	809,4	338,4	1151,6	979,3
x	0,35	0,53	0,27	0,37	0,37	0,56	0,28	0,39
d <sub>1</sub> , с/ед	4,30	25,50	15,11	15,67	4,41	25,76	15,28	15,83
d <sub>2</sub> , с/ед	1,17	5,80	0,57	1,07	1,31	6,55	0,61	1,17
d, с/ед	5,47	31,3	15,62	16,74	5,72	32,31	15,89	17,00
d <sub>агр</sub> , с/ед	15,93				16,30			
G <sub>пеш</sub> , с	20				20			
Ожидание пешеходов, с	58				58			

Данные таблицы 2.8 представлены на рисунках 2.15 и 2.16.

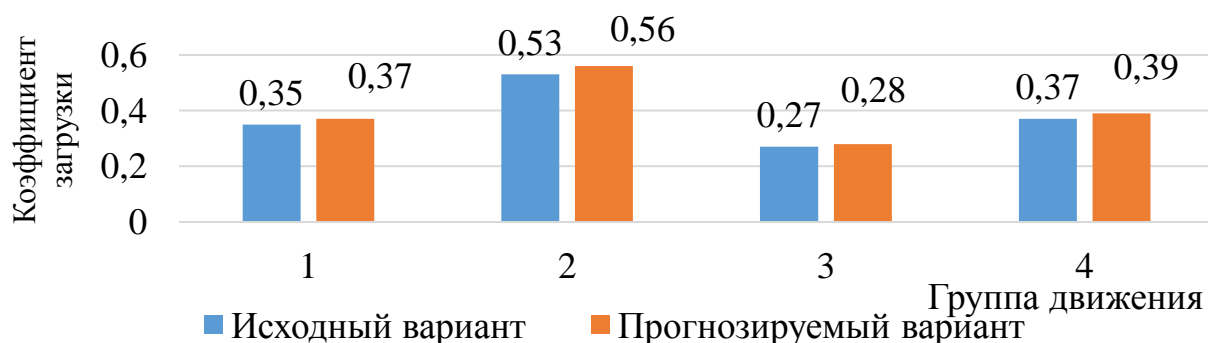


Рисунок 5.2 – Коэффициент загрузки пересечения

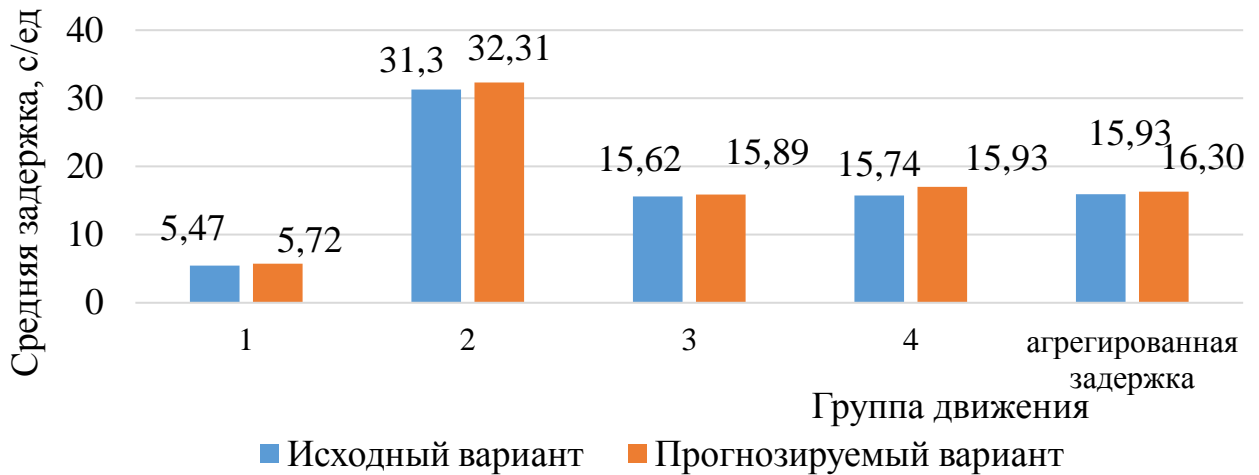


Рисунок 5.3 – Сравнение задержек в исходном и прогнозируемом вариантах

Наиболее чувствительной к изменению интенсивности является группа движения № 2. Это объясняется тем, что для этой полосы установлен наименьший разрешающий сигнал.

### 5.2.3. Оценка косвенного экономического эффекта в связи с увеличением производственных мощностей на ИАЗ

Методика определения косвенного экономического эффекта описана в литературе [2, 114, 116]. Расчет годовых потерь времени транспортными средствами  $i$ -го вида на конкретном участке улично-дорожной сети осуществляется по формуле 5.7:

$$T_{тci} = T_{общ} \cdot d_i, \quad (5.7)$$

где  $T_{общ}$  – общие годовые потери времени транспортных средств у пересечения, ч;  $d_i$  – доля транспортных средств  $i$ -го вида.

Общие потери времени транспортными средствами за год на регулируемом пересечении определяются по формуле (5.8):

$$T_{общ} = \frac{365 \cdot (N_{гл} + N_{вт}) \cdot t_{o(ср)}}{3600 \cdot k_n}, \quad (5.8)$$

где  $N_{гл}$  и  $N_{вт}$  – интенсивность движения по главной и второстепенной дороге в час «пик», соответственно, авт/ч;  $t_{o(ср)}$  – средневзвешенное значение задержки, с.

Таким образом, общие потери времени транспортными средствами за год в исходном варианте будут равны:

$$T_{\text{общ}}^{\text{б}} = \frac{365 \cdot 854 \cdot 15,93}{3600 \cdot 0,1};$$

$$T_{\text{общ}}^{\text{б}} = 13793 \text{ ч.}$$

В проектируемом варианте общие затраты времени рассчитываются аналогично и составляют:

$$T_{\text{общ}}^{\text{пр}} = 18179 \text{ ч.}$$

В транспортном потоке из 1100 автомобилей насчитывается 106 автобусов, что составляет 9,2% от общей суммы автомобилей. Грузовые автомобили в транспортном потоке на момент проведения обследования перекрестка отсутствовали.

Годовые потери времени автобусами в исходном варианте на запрашиваемом пересечении равны:

$$T_{\text{авт}}^{\text{б}} = 13793 \cdot 0,092;$$

$$T_{\text{авт}}^{\text{б}} = 1268,95 \text{ ч.}$$

Годовые потери времени легковыми автомобилями в исходном варианте на выбранном перекрестке составляют:

$$T_{\text{лег}}^{\text{б}} = 13793 \cdot 0,908;$$

$$T_{\text{лег}}^{\text{б}} = 12524,04 \text{ ч.}$$

Аналогично рассчитываются годовые потери времени в проектируемом варианте и заносятся в таблицу 5.3.

Потери времени, связанные с нахождением в пути пассажиров при различных способах организации движения, определяют на основе времени, теряемого транспортными средствами за год, и могут быть рассчитаны по следующей формуле (5.9):

$$T_{\text{пасс}}^{\text{б,пр}} = T_{\text{н,р}} \cdot d_{\text{авт}} \cdot q_{\text{авт}} \cdot \gamma_{\text{авт}}, \quad (5.9)$$

где,  $T_{\text{н,р}}$  – потери времени транспортными средствами за год в базовом и проектном вариантах, соответственно, ч;  $d_{\text{авт}}$  – доля автобусов в транспортном потоке;  $q_{\text{авт}}$  – вместимость автобуса, чел;  $\gamma_{\text{авт}}$  – коэффициент наполнения автобуса.



Потери времени пассажиров в исходном варианте равны:

$$T_{\text{пасс}}^{\text{б}} = 13793 \cdot 0,092 \cdot 0,85 \cdot 65;$$

$$T_{\text{пасс}}^{\text{б}} = 70109,81 \text{ ч.}$$

Годовые потери времени пешеходов на регулируемом пересечении определяются по формуле (5.10):

$$T_{\text{пеш}}^{\text{б,пр}} = \frac{365 \cdot N_{\text{пеш}}^{\text{гл,вт}} \cdot (T_{\text{ц}} - t_{\text{з}})^2}{3600 \cdot 2T_{\text{ц}}}. \quad (5.10)$$

Подставим значения и получим:

$$T_{\text{пеш}}^{\text{б,пр}} = \frac{365 \cdot 46 \cdot (78 - 20)^2}{3600 \cdot 2 \cdot 78}; \quad T_{\text{пеш}}^{\text{б,пр}} = 100,57 \text{ ч.}$$

Таблица 5.3

Показатели годовых потерь времени

Показатель	Исходный вариант		Проектируемый вариант	
	легковые	автобусы	легковые	автобусы
1. Общие годовые потери времени, ч	13793		18179	
2. Доля в потоке	0,908	0,092	0,908	0,092
3. Годовые потери времени, ч	12524,04	1268,95	16506,53	1672,46
4. Годовые потери времени пассажирами, ч	70109,81		92403,8	
5. Годовые потери времени пешеходами, ч	52,86		100,57	

Косвенный экономический эффект определяется как сумма эффектов от сокращения потерь и ущербов, возникающих во внешней среде при внедрении мероприятий, и определяется по формуле (5.11):

$$\mathcal{E}_{\text{косв}} = \mathcal{E}_{\text{тс}} + \mathcal{E}_{\text{пасс}} + \mathcal{E}_{\text{пеш}} + \mathcal{E}_{\text{дтп}} + \mathcal{E}_{\text{ог}} + \mathcal{E}_{\text{вод}}, \quad (5.11)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{тс}}$  – эффект от сокращения потерь времени транспортными средствами, руб.;  $\mathcal{E}_{\text{пасс}}$  – эффект от сокращения потерь времени пассажирами, руб.;  $\mathcal{E}_{\text{пеш}}$  – эффект от сокращения потерь времени пешеходов, руб.;  $\mathcal{E}_{\text{дтп}}$  – эффект от сокращения ущерба от ДТП, руб.;  $\mathcal{E}_{\text{ог}}$  – эффект от снижения ущерба от загрязнения воздуха, руб.;  $\mathcal{E}_{\text{вод}}$  – эффект от улучшения психофизиологических условий работы водителей, руб.

В данной работе мероприятие не направлено на сокращение ДТП, поэтому эффекта от сокращения ущерба ДТП, так же как и эффекта от улучшения психофизиологических условий работы водителей нет.

Эффект от сокращения потерь времени транспортными средствами определяется по формуле (5.12):

$$\mathcal{E}_{\text{ТС}} = \sum (T_{\text{ТС}}^{\text{б}} - T_{\text{ТС}}^{\text{пр}}) \cdot \tau_{\text{ТС}i}, \quad (5.12)$$

где  $T_{\text{ТС}}^{\text{б}}$  – годовые потери времени транспортными средствами  $i$ -го вида, соответственно, в базовом и проектируемом вариантах, ч;  $\tau_{\text{ТС}i}$  – стоимость одного автомобиле-часа определенного вида транспортного средства, руб.

Таким образом, эффект от сокращения потерь времени транспортными средствами будет равен:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{ТС}} &= (12524,04 - 16506,53) \cdot 200 + (1268,95 - 1672,46) \cdot 500; \\ \mathcal{E}_{\text{ТС}} &= -998253 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Эффект от сокращения потерь времени пассажиров определяется по формуле (5.13):

$$\mathcal{E}_{\text{пасс}} = (T_{\text{пасс}}^{\text{б}} - T_{\text{пасс}}^{\text{пр}}) \cdot \tau_{\text{пасс}}, \quad (5.13)$$

где  $T_{\text{пасс}}^{\text{б}}$  и  $T_{\text{пасс}}^{\text{пр}}$  – годовые потери времени пассажиров, соответственно, в базовом и проектируемом вариантах, ч;  $\tau_{\text{пасс}}$  – стоимость одного пассажиро-часа, руб, = 100 руб/ч.

Тогда получаем:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{пасс}} &= (70109,81 - 92403,85) \cdot 100; \\ \mathcal{E}_{\text{пасс}} &= -22294,04 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Эффект от сокращения потерь времени пешеходов находится по формуле (5.14):

$$\mathcal{E}_{\text{пеш}} = (T_{\text{пеш}}^{\text{б}} - T_{\text{пеш}}^{\text{пр}}) \cdot \tau_{\text{пеш}}, \quad (5.14)$$

где  $T_{\text{пеш}}^{\text{б}}$  и  $T_{\text{пеш}}^{\text{пр}}$  – годовые потери времени пешеходов в исходном и проектируемом вариантах, ч;  $\tau_{\text{пеш}}$  – стоимость одного пешеходо-часа, руб, = 100 руб/ч.

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{пеш}} &= (52,86 - 100,57) \cdot 100; \\ \mathcal{E}_{\text{пеш}} &= -4771 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Эффект от снижения ущерба от загрязнения воздуха находится по формуле (5.15):

$$\mathcal{E}_{ог} = \sum (C_{огi}^б - C_{огi}^{пп}) \cdot \tau_i, \quad (5.15)$$

где  $C_{огi}^б$  и  $C_{огi}^{пп}$  – годовые выбросы вредных веществ транспортными средствами  $i$ -го вида, кг;  $\tau_i$  – стоимостная оценка ущерба от загрязнения воздуха отработавшими газами, руб/кг = 0,1 руб/кг.

Годовые выбросы вредных веществ транспортными средствами  $i$ -го вида рассчитываются по формуле (5.16):

$$C_{огi} = T_{тci} \cdot C_{огi}, \quad (5.16)$$

где  $T_{тci}$  – годовые потери времени транспортными средствами  $i$ -го вида, ч;  $C_{огi}$  – удельный выброс вредных веществ, кг/ч (легковые/грузовые автомобили и автобусы = 0,3/0,8 кг/ч).

Таким образом, годовые выбросы вредных веществ для легковых автомобилей в исходном варианте равны:

$$C_{ог,лег}^б = 12524,04 \cdot 0,3 = 3757,2 \text{ кг};$$

Выбросы для автобусов рассчитываются аналогично. Тогда эффект от снижения ущерба от загрязнения воздуха будет равен:

$$\mathcal{E}_{ог} = (3757,2 - 4951,8) \cdot 0,1 + (1015,16 - 1337,96) \cdot 0,1 = -151,44 \text{ руб};$$

Рассчитав все показатели эффектов, можно вычислить косвенный экономический эффект:

$$\mathcal{E}_{косв} = -998253 - 22294,04 - 4771 - 151,44;$$

$$\mathcal{E}_{косв} = -1\,025\,469,44 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов заносятся в таблицу 5.4. Как видно из таблицы 5.4 расширение ИАЗ создаст косвенные экономические затраты в размере –1025469,44 руб/год, если не предпринимать никаких мер по изменению организации дорожного движения на запитывающем пересечении. Важно отметить, что косвенный экономический – эффект величина относительная, зависящая от параметров организации дорожного движения и транспортного спроса, выраженного интенсивностью транспортных потоков.

## Косвенный экономический эффект в результате расширения ИАЗ

Наименование показателя	Результат, руб.	Структура эффекта, %
1. Эффект от сокращения потерь времени транспортными средствами ( $\mathcal{E}_{тс}$ )	-998253	97,34
2. Эффект от сокращения потерь времени пассажиров ( $\mathcal{E}_{пасс}$ )	-22294	2,17
3. Эффект от сокращения потерь времени пешеходов ( $\mathcal{E}_{пеш}$ )	-4771	0,46
4. Эффект от снижения ущерба загрязнения воздуха ( $\mathcal{E}_{ог}$ )	-151,44	0,01
Косвенный экономический эффект ( $\mathcal{E}_{косв}$ )	-1 025 469,44	100

Интенсивность транспортных потоков, в свою очередь, зависит от генерирующей способности рассматриваемого ЦМТ – чем она выше, тем значительнее будет увеличение интенсивности транспортных потоков. В этой связи оценить косвенный экономический эффект можно только в рамках рассматриваемого типа ЦМТ, т.е. её генерирующей способности. Таким образом, учитывая, добавочную площадь этого типа ЦМТ 43,85 Га, можно определить, что относительный косвенный экономический эффект составил 23385,84 руб/Га/год.

### 5.3. Экономический эффект, связанный с внедрением методологии организации движения на основе оценки транспортного спроса

Основа экономической эффективности, в связи с внедрением предлагаемой методологии, заключается в снижении трудоемкости получения исходных данных для оценки уровня обслуживания движения на УДС, прилегающей к ЦМТ или обслуживающей ТРР. В первой Главе и «Актуальности исследования» наглядно представлены способы получения информации, характеризующие генерирующую способность ЦМТ и ТРР (число проживающего населения, число мест приложения труда и т.п.), рассматривается и анкетный способ получения достоверной информации о распределении транспортных потоков по сети. Однако предлагаемая мето-

дология, во-первых, позволяет учитывать основные текущие изменения в градостроительном и транспортных аспектах, а также учитывает особенности образа жизни городского населения и уклада их жизни.

Одновременно с этим предлагаемая методология позволяет с весьма низкой трудоемкостью оценить генерирующую способность ГРР (ёмкость ГРР) на основе общедоступных ГИ систем. Российские исследователи [80, 15] проводили сравнение трудоемкости и, соответственно, стоимости оценки транспортного спроса на основе анкетирования. В таблице 5.5 представлены статьи затрат сравниваемых методов.

Таблица 5.5

Калькуляция себестоимости сбора данных для оценки транспортного спроса к ЦМТ [15]

Статья затрат	Норматив, чел/час	Количество	Общая трудоемкость, чел/час	Стоимость, руб.
На основе типа объекта тяготения				
Установка программного обеспечения GIS	0,5	2	1	500
Выбор типа объекта тяготения	0,35	1	0,35	175
Выявление параметров территориального позиционирования	0,2	1	0,1	50
Расчёт суточной генерации посетителей	0,3	1	0,3	150
Расчёт часовой генерации посетителей	0,3	1	0,3	150
Выявление доли посетителей, прибывающей на ИТ	0,3	1	0,3	150
Расчет интенсивности ИТ	0,3	1	0,3	150
Расчет необходимого числа парковочных мест	0,2	1	0,2	100
Итого			2,85	1425
Затраты на проведение исследования				
Составление плана обследования	0,5	1	0,5	75
Рекогносцировка объекта исследования на местности	2,8	1	2,8	420
Формирование рабочих бригад	1,5	1	1,5	225
Проведение обследования	15	3,35	50,25	7537,5

Окончание таблицы 5.5

Оцифровка данных	1,6	3,35	5,36	804
Интеграция данных в единую БД	2,25	1	2,25	337,5
Статистическая обработка	6	1	6	900
Представление результатов в качестве количественных характеристик	0,5	1	0,5	75
Итого	-	-	69,16	10374
Экономический эффект, руб.				8949

По данным таблицы 5.5 видно, что себестоимость оценки транспортного спроса на основе параметров их расположения на городской территории имеет меньшую трудоемкость – 2,85 чел.-час, по сравнению с проведением натурального эксперимента 69,16 чел.-час. Таким образом, затраты можно сократить на 86,3%, (в 7,3 раза), по сравнению с натурным исследованием. Экономический эффект на один ПОД составит 8949 руб. Учитывая количество ПОДов, выполняющихся в год (10–15 ед.) для города с численностью населения 600 тыс., то на каждые 100 тыс. жит., будет приходиться 89 490 руб./100 тыс. жит.

Оценка окупаемости диссертационного исследования базируется на относительном экономическом эффекте, 149,15 руб./тыс. жит., численность граждан РФ, проживающих в больших городах (28 млн чел.), то экономический эффект для РФ за 1 год составит 4 176 200 руб. Учитывая трудоемкость диссертационного исследования, примерно 15500 чел.-часов, при стоимости одного чел.-часа 300 руб., то затраты будут составлять 4 650 000 руб. По выражению 5.17 можно рассчитать срок окупаемости:

$$T = C/D, \quad (5.17)$$

где  $C$  – единовременные затраты, связанные с созданием методологии оценки транспортного спроса, руб.,  $D$  – среднегодовой доход (косвенный доход), руб. Таким образом, по 5.17 имеем:  $T = 4\,650\,000 / 4\,176\,200 = 1,11$  года.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

**Квалификация работы.** В диссертационной работе на основе теоретико-методологических и научно-методических положений, разработанных методов и методик, реализованных в математических моделях и экспериментальных исследованиях решена важная научная проблема – разработана методология повышения качества организации движения при обслуживании центров массового тяготения с новыми научно обоснованными техническими и технологическими решениями, внедрение которых вносит значительный вклад в социально-экономическое развитие автотранспортной отрасли страны.

1. Разработана и научно обоснована типология городских ЦМТ на основе количественных характеристик функционирования, позволяющая дифференцировать оценку транспортного спроса с учетом факторов, характерных для каждого из рассматриваемого типа ЦМТ. Теоретически обосновано 4 из 6 укрупнённых типов ЦМТ, основанных на приведённой типологии.

2. Разработана методика проведения экспериментальных исследований и обработки полученных результатов как базовая часть методологии организации движения, включающая 9 последовательных шагов, и на её основе выполнены экспериментальные исследования, позволившие выявить основные количественные характеристики функционирования ЦМТ:

➤ удельная генерация корреспонденций, позволяющая оценивать привлекательность территорий, варьирующаяся в диапазоне от 1,5 чел/Га до 8,5 чел/м<sup>2</sup>. Наибольшими значениями обладают ЦМТ розничной торговли и офисы;

➤ средняя продолжительность парковки, позволяющая выполнять расчеты потребного числа парковочных мест в дифференциации по типам ЦМТ. Наибольшей продолжительностью парковки отличаются жильё и коммунально-складское хозяйство 195 и 206 мин, соответственно. В будние дни эта характеристика ниже на 5% по отношению к выходным, а летний период характеризуется снижением на 34% относительно зимнего периода. При увеличении площади ЦМТ на каждую 1000 м<sup>2</sup> продолжительность парковки возрастает примерно на 2 мин;

- коэффициенты суточной неравномерности, показывающие долю загрузки ЦМТ, которая приходится на рассматриваемый час. Среднее значение составило 0,168. Наибольшими значениями обладают детские сады, офисы и жильё;
- распределение доли посещений на индивидуальном транспорте позволяет оценить потребность в парковочных местах и рассчитать нагрузку на прилегающую УДС. Среднее значение данной характеристики по всем рассматриваемым ЦМТ составило 0,51. Вариационный размах 0,35–0,8. Наименьшее значение показателя наблюдается в офисах, а наибольшее – в жилье с участком земли;
- среднее наполнение ИТ позволяет осуществить переход от объема посетителей на ИТ к интенсивности ИТ. Значение этой характеристики по всем рассматриваемым ЦМТ составило 1,56. Вариационный размах 1,29–1,85. Наименьшее значение принадлежит коммунально-складскому хозяйству, а наибольшее – промышленности.

3. Получены закономерности высокой корреляционно-регрессионной связи, отражающие взаимосвязь между транспортным спросом, выраженным количеством корреспонденций и общедоступными исходными данными: площадь, тип и расположение ЦМТ, расстояние от центра города, позволяющие с минимальной трудоемкостью и высокой точностью ( $R^2$  не менее 0,86) проводить оценку транспортного спроса.

4. Скорректированы нормативные зависимости, отражающие потребное число парковочных мест при транспортном обслуживании ЦМТ, и на их основе разработана методика потребного числа парковочных мест, позволяющая рассчитать диапазон эффективного транспортного обслуживания, при котором отсутствует дефицит парковочных мест. Выбор числа парковочных мест внутри рекомендованного диапазона оценивается показателями экономического характера. Наибольшим нормативным значением числа парковочных мест обладают ТРЦ, магазины строительных материалов и школы раннего развития детей (площади ЦМТ – от 6,86 до 10 машино-мест/100 м<sup>2</sup>), наименьшим – религиозные учреждения (0,0092 машино-мест/100 м<sup>2</sup>).



5. Выявлены закономерности высокой корреляционно-регрессионной связи, позволяющие оценивать транспортный спрос, возникающий на основе устойчивых агломерационных связей города и прилегающей к городу территории. 1 гектар субурбанизированных территорий генерирует от 7–15 человек в сутки. Границы транспортной доступности города и зоны его влияния (на примере Иркутска) оцениваются в 8 и 16 км на ОТ и ИТ, соответственно. Удельная генерация корреспонденций для жилых территорий, находящихся в зоне влияния города, снижается примерно на 0,52 чел/Га с удалением на каждый километр (справедливо для диапазона от 7,73 до 20,6 км от центра города).
6. Выполнено транспортное зонирование территории города (на примере Иркутска) с использованием геоинформационных систем (2 ГИС, Google Earth), позволяющее получить параметры их расположения с высокой точностью (5–7 метров). Установлено, что площадь агрегированных ЦМТ (ТРР) изменяется на 26 Га на каждый километр удаленности от центра города в диапазоне от 1 до 15 км.
7. Разработана методика прогнозирования интенсивности транспортных потоков на основе оценки транспортного спроса к ЦМТ, параметров расположения ЦМТ и полученных функциональных зависимостей. Методика содержит 18 последовательных шагов, позволяющих собрать исходные данные с учетом особенностей типологии ЦМТ и его позиционирования, выполнить расчет суточного объема посетителей на основе функциональных зависимостей, а также выполнить расчёт прогнозных значений интенсивности транспортных потоков к ЦМТ и ТРР с учетом особенностей развития или перепрофилирования урбанизированных территорий.
8. Разработана методика организации движения, базирующаяся на методике прогнозирования интенсивности транспортных потоков, позволяющая оценить эффективность функционирования отдельных ЦМТ (ТРР) и необходимость реконструкции, прилегающей УДС в случае перепрофилирования или развития территории на перспективу. Установлено, что при изменении площади ЦМТ на каждые 1000 м<sup>2</sup> изменение коэффициента загрузки варьируется в диапазоне от 1,37 до 10,39 % в зависимости от типа ЦМТ.

9. Разработан экспресс-метод, позволяющий определить интенсивность транспортных потоков к агрегированным ЦМТ (ёмкость ТРР) на основе коэффициента использования территории, варьирующегося в диапазоне от 0,077 до 0,36. Данный экспресс-метод позволяет существенно снизить трудоемкость оценки ёмкости ТРР, обладающих преимущественно монофункциональным типом ЦМТ (жилье с участком земли, промышленная территория и т.п.).

10. Выполненная производственная проверка технико-экономической эффективности результатов исследований показывает, что предложенная методология эффективно работает на реальных ТРР и ЦМТ. При оценке транспортного спроса для промышленных ЦМТ в случае расширения производственной деятельности возможна экономия до 23 385 руб/Га в год. При оценке влияния отдельных ЦМТ на прилегающую УДС экономический эффект составит 149 руб. на тыс. жит. в год для городов РФ с численностью от 250 до 1000 тыс. жит., что затрагивает примерно 42% жителей РФ. Срок окупаемости результатов научных исследований составил 1,11 года.

1. Предложенная методология, основанная на частных методиках, позволяет оценить качество организации движения, отражаемое коэффициентом загрузки движения, который имеет тенденцию к снижению при увеличении числа полос как в приоритетном, так и второстепенном направлениях; в целом повысить качество транспортного обслуживания населения крупных городов при посещении ЦМТ. В частности, при изменении площади торгово-развлекательных центров на каждые 1000 м<sup>2</sup> коэффициент загрузки изменяется на 5,57% и становится критичным для площади торгово-развлекательных центров примерно в 17000 м<sup>2</sup>.

## Список использованной литературы

1. Агентство городских новостей «Москва» [Электронный ресурс] // <http://www.mskagency.ru/> (дата обращения: 19.12.2015).
2. Аксенов В.А., Попова Е.П., Дивочкин О.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения. – М.: Транспорт, 1987. – 128 с.
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. Ануфриенкова К.А., Широколобова Л.В., Зедгенизов А.В. Оценка числа участников учебного процесса крупного вуза // Инновации в жизнь. – 2012. – № 2(2). – С. 42–49.
9. Бакаев А.А. Экономико-математические модели планирования и проектирования транспортных систем. – Киев: Техника, 1973. – 87 с.
10. Белинский А.Ю. Закономерности подвижности и расселения жителей Таллина: сб. «Городской транспорт». – М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре. – 1969.
11. Бирюкова Л.Г., Бобрик Г.И. и др. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособ. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 287 с.
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. 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.
15. Бурков Д.Г. Совершенствование организации движения при обслуживании центров культурно-бытового назначения с учетом прогнозирования транспортного спроса: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – СПб., 2018. – 175 с.
16. Бурков Д.Г. Методика оценки транспортного спроса к объектам культурно-бытовой направленности на основе количественных характеристик территорий // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21, № 1. – С. 218–224.

17. Бурков Д.Г., Зедгенизов А.В. Математическое описание транспортного спроса, создаваемого объектами культурно-бытовой направленности // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – Т. 20, № 12. – С. 193–202.
18. Бурков Д.Г., Зедгенизов А.В. Оценка объема генерации корреспонденций к офисным зданиям в центральной части города // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 12(71). – С. 162–166.
19. Бурков Д.Г., Зедгенизов А.В. Оценка объема генерации корреспонденций к объектам сервиса на примере гаражных кооперативов Иркутска // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей III Всерос. науч.-практ. конф. (Иркутск, 11–12 апреля, 2013 г.) – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – 320–326 с.
20. Бурков Д.Г., Зедгенизов А.В. Оценка объема генерации корреспонденций к оружейным магазинам в центральной части города // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – № 4(75). – С. 102–107.
21. Бурков Д.Г., Зедгенизова А.Н., Зедгенизов А.В. Оценка объема генерации к гаражным кооперативам индивидуального пользования на примере кооператива № 163 г. Иркутск // Новости научного прогресса – 2012: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Часть 10 – Технологии. Физика. – София, 2012. – С. 21–26.
22. Бурков Д.Г., Муковкина В.Е., Зедгенизов А.В. Оценка емкости по прибытию жилого района средней этажности // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2012. – № 2.
23. Бучев Л.Ф. Планировочная структура групповых систем населенных мест в районах интенсивного промышленного освоения: автореф. канд. дис. – М., 1976 (ЦНИИП Градостроительства).
24. Вельможин А. В. Теория транспортных процессов и систем: учебник для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин. – М.: Транспорт, 1998. – 167 с.
25. Веретенников Д.Б. Формирование планировочной структуры города с учетом тенденций предшествующего развития: автореф. дис. ... канд. архитектуры. – М., 1989.
26. Вильнер М.Я. О градостроительных основах инновационного развития России // Недвижимость и инвестиции. Правовое регулирование. Декабрь 2008.
27. Винокуров М.А. Сибирь в первой четверти XX века: освоение территории, население, промышленность, торговля, финансы. – Иркутск: Изд-во ИГЭА, 1996. – 187 с.
28. ВВП 001-01/Банк России. Здания территориальных главных управлений, национальных банков и расчетно-кассовых центров Центрального банка Российской Федерации. Утв. приказом ЦБР от 10 января 2002 г. № ОД-7.
29. Вол М. Анализ транспортных систем / М. Вол, Б. Мартин; пер. с англ. – М.: Транспорт, 1981. – 516 с.
30. Володькин П.П. Особенности формирования корреспонденций пассажиров с учетом пространственной самоорганизации // ВЕСТНИК ТОГУ. – 2010. – № 3 (18). С. 123–133.

31. Вопросы организации работы и развития городского пассажирского транспорта. Вып. 41. М., 1973 (Институт комплексных транспортных проблем при Госплане СССР).
32. Вучик В.Р. Транспорт в городах удобных для жизни / пер. с англ. А. Калинина под науч. ред. М. Блинкина. – М.: Территория будущего, 2011.
33. 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.
34. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. Введ. 01.01.2006. – М.: Стандартинформ, 2006.
35. Гольц Г.А. Транспорт и расселение. – М.: Наука, 1981. – 248.
36. Горев А.Э. Информационные технологии в управлении логистическими системами. – СПб.: СПбГАСУ, 2004. – 193 с.
37. Горев А.Э. Основы теории транспортных систем: учеб. пособ. – СПб.: СПбГАСУ, 2010. – 214 с.
38. Городков А.В. Основы территориально-пространственного развития городов: учеб. пособ / А.В. Городков, С.И. Федосова. – Брянск: БГИТА, 2009. – 326 с.
39. Городское население [Электронный ресурс]. URL: <https://geographyofrussia.com/gorodskoe-naselenie/> (дата обращения: 21.11.2017).
40. Градостроительство: справочник проектировщика / под ред. В.Н. Белоусова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1978. – 367 с.
41. 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.
42. 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.
43. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.
44. Джурук Д.С., Зедгенизов А.В. Методы оценки мер по обеспечению безопасности дорожного движения // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей VII Всерос. науч.-практ. конф. (г. Иркутск, 13–16 апреля, 2016 г.). – Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2016. – С. 100–104.
45. Догоюсова Л.П., Зедгенизов А.В. Анализ числа корреспонденций к городской территории на примере нотариальной конторы // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 3(98). – С. 178–183.
46. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособ для вузов / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. – М.: Высш. шк., 1980. – 535 с.
47. Жуковский В.С. Преодоление инвестиционного кризиса в строительном секторе и создание долгосрочных инвестиционных ресурсов // Доступное и комфортное жилье: проблемы, поиски, решения: материалы экспертного семинара (г. Иркутск, 30–31 мая 2012 г.). – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – С. 41–48.

48. Завадский Ю.В. Решение задач автомобильного транспорта и дорожно-строительных машин с помощью регрессионно-корреляционного анализа: учеб. пособие. – М., – 1981.
49. Закон спроса и предложения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.grandars.ru/student/ekonomicheskaya-teoriya/spros-i-predlozhenie.html> (дата обращения: 21.11.2017).
50. Закс Л. Статистическое оценивание / пер. с нем. В.Н. Варыгина, под ред. Ю.П. Аллера, В.Г. Горского. – М., «Статистика», 1976. – 598 с.
51. Зедгенизов А.В. Анализ факторов, влияющих на среднее наполнение индивидуального транспорта при посещении территорий / центров массового тяготения разной функциональной направленности // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – № 3(110). – С. 139–144.
52. Зедгенизов А.В., Бурков Д.Г. Методы оценки транспортного спроса на основе количественных характеристик функционирования урбанизированных территорий. Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сб. трудов (электронная версия) участников XII Междунар. науч.-практ. конф. СПбГАСУ. – СПб., 2016. – С. 235–242.
53. Зедгенизов А.В. Генерация корреспонденций как основная количественная характеристика, определяющая привлекательность территории / центра массового тяготения // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – № 4(111). – С. 187–192.
54. Зедгенизов А.В., Корчева Д.В. Оценка транспортного спроса к садоводческим некоммерческим товариществам на основе количественных характеристик функционирования // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 6(101). – С. 121–125.
55. Зедгенизов А.В. Лагереv Р.Ю. Оценка генерации корреспонденций к жилому микрорайону на периферии крупного города // Проблемы развития транспортных систем и логистики г. Евпатория: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Луганск, 14–16 мая 2013 г.). – Луганск: СНУ им. В. Даля, 2013. – С. 180–181.
56. Зедгенизов А.В. Методы оценки транспортного спроса на основе количественных характеристик урбанизированных территорий // Безопасность колёсных транспортных средств в условиях эксплуатации: матер. ХСIX Междунар. науч.-техн. конф. (г. Иркутск, 20–22 апреля 2017 г.). – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2017.
57. 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.
58. Зедгенизов А.В. Субурбанизация Иркутска: масштаб и последствия // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2016. – № 1(16). – С. 159–165.

59. Зедгенизов А.В. Факторы, влияющие на формирование транспортных расчетных районов, на примере развития территории г. Иркутск в период с 2005 по 2015 годы // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2016. – № 2 (17). – С. 221–228.
60. Зедгенизов А.В. Формирование типологии территорий / центров массового тяготения // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. – 2016. С. 76–83.
61. Зедгенизов А.В. Экспресс-метод оценки транспортного спроса транспортных расчетных районов // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей VII Всерос. науч.-практ. конф. (г. Иркутск, 13–16 апреля, 2016 г.). – Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2016. – 108–112 с.
62. Зедгенизов А.В., Бурков Д.Г., Зедгенизова А.Н. Оценка объема генерации поездок к гаражным кооперативам индивидуального пользования // Научное пространство Европы – 2012: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. Часть 38. Технические науки. – Пшемысль: ИД «Образование и наука», 2012. – С. 3–7.
63. Зедгенизов А.В., Бурков Д.Г., Зедгенизова А.Н. Оценка объема генерации к гаражным кооперативам индивидуального пользования на примере кооператива № 4 г. Иркутск // Передовые научные разработки – 2012: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. Часть 13. Технические науки. – Прага: ИД «Образование и наука», 2012. – С. 44–51.
64. Зедгенизов А.В., Бурков Д.Г., Корчева Д.В. Оценка транспортного спроса к объектам культурно-бытового назначения на примере развлекательного центра «Звездный» г. Иркутск // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – № 11(82). – С. 201–205.
65. Зедгенизов А.В., Зедгенизова А.Н. Методика оценки генерации корреспонденций к физкультурно-оздоровительным центрам // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сб. докл. X Междунар. конф. – СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 2012. – С. 220–227.
66. Зедгенизов А.В., Зедгенизова А.Н. Оценка генерации поездок торгово-деловым центром, включающим различные объекты тяготения // Вестник СИБАДИ. – 2012. – № 2(24). – С. 18–23.
67. Зедгенизов А.В., Зедгенизова А.Н., Лагерев Р.Ю. К вопросу о генерации корреспонденций // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. О.Н. Ларина, Ю.В. Рождественского. – Челябинск: ИЦ «ЮУрГУ», 2012. – 350 с.
68. Зедгенизов А.В., Зедгенизова А.Н., Лагерев Р.Ю. Классификация использования типов городских территорий на примере г. Иркутск // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сб. науч. трудов. – Минск: Изд-во БНТУ, 2013. – С. 298–204 с.
69. Зедгенизов А.В., Зедгенизова А.Н., Левашев А.Г. Оценка объема генерации корреспонденций к супермаркету в будние дни // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 5(64). – С. 97–101.

70. Зедгенизов А.В., Зедгенизова А.Н., Михайлов А.Ю. Городские транспортные системы: вектор развития науки проектирования // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сб. докл. X Междунар. конф. – СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 2012. – С. 130–135.
71. 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.
72. 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 (г. Иркутск 25–26 июня 2012 г.). Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – 138 с.
73. Зедгенизов А.В., Зедгенизова А.Н., Михайлов А.Ю. Особенности формирования структуры расчетных транспортных районов города (транспортное зонирование городов) // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сб. науч. тр. – Минск: Изд-во БНТУ, 2013. – С. 307–314.
74. Зедгенизов А.В., Зедгенизова А.Н.. Направления развития интеллектуальных транспортных систем в России // Авиамашиностроение и транспорт Сибири – 2012: сб. науч. тр. студентов и преподавателей Института авиамашиностроения и транспорта эл. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – С. 125–127.
75. Зедгенизов А.В., Лагереv Р.Ю. Оценка емкости транспортных расчетных районов на основе емкости используемой территории // Организация и безопасность движения в крупных городах: сб. тр. участников XI Междунар. науч.-практ. конф. – СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 2014. – С. 270–277.
76. Зедгенизов А.В., Лагереv Р.Ю., Муковкина В.Е. К вопросу о генерации корреспонденций к крупному торговому центру на примере «Мебель сити» г. Иркутск // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей III Всерос. науч.-практ. конф. (г. Иркутск, 11–12 апреля, 2013 г.). – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – С. 228–235.
77. Зедгенизов А.В., Левашев А.Г. Остановочные пункты городского пассажирского транспорта: учеб. пособ. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – 84 с.
78. Зедгенизов А.В., Чан О.С. Анализ использования территории центральной части г. Иркутск // Наука и инновации – 2014: матер. X Междунар. науч.-практ. конф. Т. 11. Технические науки. – Пшемысль: Изд-во «Наука и исследования», 2014. – С. 46–50.
79. Зедгенизов А.В., Чан О.С. Оценка транспортного спроса к гипермаркетам на примере «Апельсин» г. Ангарск // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей V Всерос. науч.-практ. конф. (г. Иркутск, 16–17 апреля, 2015 г.). – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2015. – С. 199–205.



80. 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.
81. Зедгенизова А.Н., Зедгенизов А.В., Бурков Д.Г. Оценка объема генерации к гаражным кооперативам индивидуального пользования на примере кооператива № 54 г. Иркутск // Наука: теория и практика – 2012: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. Часть 12. Технические науки. – Пшемысль. – С. 34–38.
82. Зедгенизова А.Н., Зедгенизов А.В., Левашев А.Г. Оценка объема генерации поездок к детским дошкольным учреждениям // Дни науки – 2012: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. Часть 90. Технические науки. – Прага. ИД «Образование и наука», 2012. – С. 22–27.
83. Зедгенизова А.Н., Зедгенизов А.В., Липницкий А.С. Оценка объема генерации корреспонденций к крупному вузу на примере ИрГТУ // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 9(68). – С. 128–134.
84. Зедгенизова А.Н., Корчева Д.В., Зедгенизов А.В.. Оценка числа генерируемых корреспонденций микрорайона на индивидуальном транспорте микрорайона «Байкальский» г. Иркутск // Авиамашиностроение и транспорт Сибири – 2012: сб. науч. тр. студентов и преподавателей Института авиамашиностроения и транспорта эл. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – С. 113–119.
85. Зедгенизова А.Н., Широколобова Л.В., Зедгенизов А.В.. Оценка числа генерируемых корреспонденций на общественном транспорте микрорайона «Байкальский» г. Иркутск // Авиамашиностроение и транспорт Сибири – 2012: сб. науч. тр. студентов и преподавателей Института авиамашиностроения и транспорта эл. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – С. 119–125.
86. Зедгенизов А.В. Оценка качества организации дорожного движения на основе транспортного спроса: монография. – Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2019. – 196 с.
87. Зигель А. Модели группового поведения в системе «человек–машина» / А. Зигель, Д. Вольф. – М.: Мир, 1973. – 216 с.
88. Иванов Д.Е., Бурков Д.Е., Зедгенизов А.В. Оценка генерации корреспонденций на примере магазина алкогольной продукции «Морозов» г. Иркутск // Архитектура, Строительство, Транспорт (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»): матер. Междунар. науч.-практ. конф. Секция № 8. Развитие теории и практики грузовых автомобильных перевозок, транспортной логистики: сб. науч. тр. № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». – Омск: Полиграфический центр КАН, 2015. – С. 50–55.
89. Ильиных Ю.А., Корчева Д.В., Хурухаев П.В., Догоюсова Л.П., Антипин, А.В. Зедгенизов. Оценка емкости пос. Рабочее на основе учета прибытия на индивидуальном и общественном транспорте // Авиамашиностроение и транспорт Сибири – 2012: сб. науч. тр. студентов и преподавателей Института авиамашиностроения и транспорта эл. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – С. 132–142.

90. Институт демографии Государственного университета Высшей школы экономики [Электронный ресурс]. URL: <http://demoscope.ru/weekly/2010/0437/barom03.php> (дата обращения: 21.11.2017).
91. Классификация городской территории [Электронный ресурс]. URL: [http://wiki.cadastre.ru/doku.php?id=klassifikatsiya\\_gorodskoy](http://wiki.cadastre.ru/doku.php?id=klassifikatsiya_gorodskoy) (дата обращения: 21.11.2017).
92. Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения: учеб. для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001. – 247 с.
93. Корчева Д.В. Границы рационального использования между общественным и индивидуальным транспортом: дис. ... магистранта. Иркутск, 2017.
94. Корчева Д.В. Зедгенизов А.В. Оценка транспортного спроса к объектам массового тяготения на примере РЦ «Мегаполис» г. Иркутск // Научная индустрия европейского континента – 2014: матер. X Междунар. науч.-практ. конф. Т. 20. Технические науки. – Прага: Изд-во «Образование и наука», 2014. – С. 34–40.
95. Корчева Д.В., Догоюсова Л.П., Зедгенизов А.В. Методика проведения натуральных исследований в зоне крупных торговых центров // Авиамашиностроение и транспорт Сибири – 2013: сб. науч. тр. студентов и преподавателей Института авиамашиностроения и транспорта. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – С. 98–104.
96. Корчева Д.В., Зедгенизов А.В. Оценка генерации корреспонденций к объектам медицинского обслуживания на примере Детской поликлиники № 6 г. Иркутск // Эффективные инструменты современных наук – 2014: матер. X Междунар. науч.-практ. конф. Часть 32. Технические науки. – Прага. ИД «Образование и наука». – С. 28–34.
97. Корчева Д.В., Хахураев П.В., Зедгенизов А.В. Анализ функционирования парковки торгового центра «Город мастеров» в г. Иркутске // Авиамашиностроение и транспорт Сибири – 2013: сб. науч. тр. студентов и преподавателей Института авиамашиностроения и транспорта. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – С. 92–98.
98. 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.
99. Котиков Ю.Г. Основы системного анализа транспортных систем: учеб. пособ. / Ю.Г. Котиков. – СПб.: СПбГАСУ, 2001. – 264 с.
100. Котиков Ю.Г. Основы теории транспортных систем: учеб. пособ. / Ю.Г. Котиков. – СПб.: СПбГАСУ, 2000. – 216 с.
101. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 543 с.
102. Технические средства организации дорожного движения: учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1990. – 255 с.: ил.
103. Кудрявцев А.О. Рациональное использование территории при планировке и застройке городов СССР. М.: Стройиздат, 1971.

104. Лагереv Р.Ю., Зедгенизов А.В., Левашев А.Г. Оценка организации дорожного движения в городах с применением спутниковой навигации // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 6(65). – С. 89–96.
105. Лагереv Р.Ю., Зедгенизов А.В. Методика оценки распределения транспортных потоков на пересечениях с использованием детекторов транспорта // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сб. науч. тр., посвященный ежегодной Междунар. науч.-практ. конф. (г. город, 24–28 октября 2011 г.). – Минск: Изд-во БНТУ, 2012. – С. 215–224.
106. Лагереv 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.
107. Лагереv Р.Ю., Михайлов А.Ю., Зедгенизов А.В. К вопросу о разработке критериев оценки транспортных заторов // Наука образованию, производству, экономике: матер. X Междунар. науч.-техн. конф. 2012 года. – Минск: Изд-во БНТУ, 2012. С. 182–183.
108. 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: матер. XVIII Международной XXI Екатеринбургской науч.-практ. конф. / науч. ред. С.А. Ваксман (г. Екатеринбург, 16–17 июня 2012 г.). – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2012. – С. 90–97.
109. Левашев А.Г., Михайлов А.Ю., Головных И.М. Проектирование регулируемых пересечений: учеб. пособ. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 208 с.
110. Лившиц В.В. Математическое моделирование случайно-детерминированного выбора и ее применение для расчета трудовых корреспонденций // Автоматизация процессов градостроительного проектирования: сборник. – М.: ЦНИИП Градостроительства, 1973. – С. 39–57.
111. Лившиц В.Н., Стрельников А.И. Калибровка и проверка гравитационной статистической модели трудовых корреспонденций // Автоматизация процессов градостроительного проектирования: сборник. – М.: ЦНИИП Градостроительства, 1983. – С. 79–101.
112. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
113. Мейтленд Б. Пешеходные торгово-общественные пространства / пер. с англ. А.Р. Анисимова; под ред. И.Р. Федосеевой. – М.: Стройиздат, 1989. –159 с. Maitland B. Shopping malls: planning and design. – Constraction Press, 1985.
114. Методика оценки и расчёта нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий. Р – 03112199 – 0502 – 00 // Минтранс России. – М.: Трансконсалтинг, 2001. – 44 с.

115. Методика реконструкции городов / под ред. В.А. Лаврова; ЦНИИП по градостр-ву. – М.: Стройиздат, 1975. – 150 с.
116. 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.
117. Михайлов А.С. Управление рынком перемещений городского населения / А. С. Михайлов. – Алматы: НИЦ Гылым, 2003. – 237 с.
118. Михайлов А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.
119. 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.
120. Михалев Ю.А. Основы градостроительства и планировки населенных пунктов: учеб. пособ. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2012. – 237 с.
121. Моисеев Ю.М. Основы градостроительного нормирования интенсивности освоения территории: учеб. пособ. – М.: МАРХИ, 1988. – 80 с.
122. Моисеев Ю.М., Шимко В.Т. Общественные центры: учеб. пособ для архит. и строит. спец. вузов / под общ. ред. Н.Н. Миловидова, Б.Я. Орловского, А.Н. Белкина. – М.: Высш. шк., 1987. – 96 с.
123. Муковкина В.Е., Бурков Д.Г., Зедгенизов А.В. Предложения по организации парковки 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.
124. Муковкина В.Е., Корчева Д.В., Зедгенизов А.В. Оценка продолжительности парковки 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.
125. Муковкина В.Е., Соболева Е.А., Зедгенизов А.В. Оценка степени привлекательности крупного торгового центра на основе удельной генерации корреспонденций // Авиамашиностроение и транспорт Сибири – 2013: сб. науч. тр. студентов и преподавателей Института авиамашиностроения и транспорта. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – С. 110–116.
126. Народное хозяйство СССР // Статистический ежегодник. М.: «Статистика», 1975.
127. Основы теории градостроительства: учебник для вузов. спец. «Архитектура» / З.Н. Яргина, Я.В. Косицкий, В.В. Владимиров [и др.]. – М.: Стройиздат, 1986. – 326.

128. Отчёт о научно-исследовательской работе. Расчет пассажирских потоков на городском маршрутном пассажирском транспорте и индивидуальном автомобильном транспорте в г. Иркутск на основании договора № 010-64-84/6 от «22» марта 2006 г.
129. Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. ОДМ 218.2.020-2012.
130. Павлов Б.А., Зедгенизов А.В. Оценка транспортного спроса к дачным кооперативам на примере садоводства «Бирюсинка» в выходной день г. Иркутск // Ключевые вопросы современной науки – 2014: матер. X Междунар. науч.-практ. конф. Т. 36. Технологии. – София: ИД «БелГрад», 2014. – С. 70–77.
131. Павлов Б.А., Зедгенизов А.В. Оценка транспортного спроса к дачным кооперативам на примере садоводства «Бирюсинка» в будний день г. Иркутск // Европейская наука XXI века – 2014: матер. X Междунар. науч.-практ. конф. Том 36. Технические науки. – Пшемысль: ИД «Наука», 2014. С. 43–49.
132. Плотников А.М. Разработка схем организации движения транспортных и пешеходных потоков на регулируемых перекрестках: учеб. пособ. – СПб.: Нестор-История, 2010. – 109 с.
133. Плотников А.М. Методология обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – СПб., 2016 г.
134. Прогнозирование развития застройки центров крупных городов на основе анализа реализации проектной документации: сб. науч. тр. / под ред. К.Ф. Неустроева, Б.Е. Смирнова. – М.: ЦНИИП град-ва, 1988.
135. Прокопов А.Ю., Прокопова М.В. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Теория обработки массивов экспериментальных данных».
136. Пронин Е. С. Формирование городских центров. – М.: Стройиздат, 1983. – 152 с.
137. Об утверждении классификатора видов разрешенного использования земельных участков: приказ Минэкономразвития России № 540; зарег. в Минюсте России 08.09.2014 № 33995 от 01.09.2014, ред. от 04.02.2019.
138. Прюдом Р., Брюнетьер Ж., Дюпюи Т. Имитационные модели города. – М.: Прогресс, 1979. – 190 с.
139. Пугачев И.Н. Теоретические принципы и методы повышения эффективности функционирования транспортных систем городов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01. Екатеринбург, 2010. (ЦНИИП Градостроительства).
140. Развитие города и совершенствование качества городской среды: сб. науч. тр. / под ред. Л.Б. Когана. – М.: ЦНИИП Градостроительства, 1977. – 96 с.
141. Рекомендации по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений. – М.: ЦНИИП Градостроительства Минстроя России, 1994. – 88 с.
142. Ромм А.П. Комплексная оценка и функциональное зонирование территории в градостроительном проектировании: дис. ... докт. архитектуры: 18.00.04. – Москва, 2002. – 206 с.

143. Российский статистический ежегодник, 2001.
144. Руководство по преобразованию жилой застройки в сложившихся частях городов / ЦНИИП Градостроительства. М.: Стройиздат, 1983. – 74 с.
145. Руководство по проектированию новых городов / ЦНИИП Градостроительства. – М.: Стройиздат, 1982. – 87 с.
146. Руководство по реконструкции городов. Административные центры городов. – М.: Стройиздат, 1979. – 159 с.
147. СанПиН 2.2.2.542-96. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
148. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов: учеб. пособ / Э. А. Сафронов. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 272 с.
149. Сигаев А.В. Планировочные и транспортные проблемы городских агломераций. – М.: Стройиздат, 1978. – 152 с.
150. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
151. Смоляр И.М. Принципы градостроительного проектирования и предложения по разработке генеральных планов городов в новых социально-экономических условиях. – М., 1995. – 96 с.
152. СНиП 2.07.01–89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений / Госстрой СССР. – М.: ЦНТИ Госстроя СССР, 1989. – 56 с.
153. 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.
154. Соколов Л.И. Административные центры городов. – М.: Стройиздат, 1972. – 159 с.
155. Соколов Л.И. Центр города: функции, структура, образ. – М.: Стройиздат, 1992. – 352 с.
156. 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.
157. Справочник по безопасности дорожного движения (справочное пособие). – М.: РОСАВТОДОР, 2010. – 384 с.
158. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа: учеб. пособ. – М.: Бизнес-пресса, 2000.
159. Ставничий Ю.А. Транспортные системы городов. – М.: Стройиздат, 1990. – 224 с.
160. Трамвайное хозяйство (для работников трамвая и учащихся). Ч. 1. – М.–Л.: Гострансиздат, 1932.
161. Технические средства организации дорожного движения: метод. указания к лабораторным работам и курсовому проекту / сост.: А.В. Зедгенизов, А.Г. Левашев. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. 36 с.

162. Управление развитием крупных городов. АН СССР, Институт социально-экономических проблем / под ред. И.И. Сигова. – Л.: Наука, Ленинградское отд., 1985. – 208 с.
163. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 21.11.2017).
164. Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.isa.ru/> (дата обращения: 21.11.2017).
165. Фишельсон М.С. Городские пути сообщения: учеб. пособ для вузов. – 2 изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1980. – 296 с.
166. Хорев Б.С. Проблемы городов (Урбанизация и единая система расселения в СССР). – 2-е изд-е, перераб. и доп. – М.: «Мысль», 1975. – 432 с.
167. Цайдлер Е. Многофункциональная архитектура / пер. с англ. А.Ю. Бочаровой; под ред. И.Р. Федосеевой. – М.: Стройиздат, 1988.
168. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии / В.Я. Цветков. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.
169. Черепанов В.А. Транспорт в планировке городов: учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1970. – 303 с.
170. Организация дорожного движения в городах: метод. пособ. / под общ. ред. Ю.Д. Шелкова. – М.: Научно-исследовательский центр ГАИ МВД России, 1995. – 143 с.
171. Юдин В.А., Самойлов Д.С. Городской транспорт: учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1975. – 287 с.
172. Яргина З.Н. Градостроительный анализ. – М.: Стройиздат, 1984. – 245 с.
173. Яргина З.Н. Социальные основы градостроительного проектирования: учеб. пособ. – М.: МАРХИ, 1982. – 132 с.
174. Activity-Based Travel, Ph. D. Dissertation, Department of Geography. – The Ohio State University, Columbus, Ohio.
175. Allaman P., Tardif F.T. New Approaches to Understand Travel Behavior, NCHRP Report 250 // Transportation Research Board. – Washington, DC. – 1983.
176. Beckman R., Baggerly K., McKay M. Creating Synthetic baseline Populations // Transportation Research Part A. – 1996.
177. Carrothers G.A.P. An historical review of the gravity and potential concepts of human interaction // J. American Instit. Planners. – 1956. – Vol. 22. – P. 94–102.
178. Chicano J., Boil D. Life-Cycle Concept: A Practical Application to Transportation Planning // Transportation Research Record 987, Transportation Research Board. – Washington, DC. – 1984.
179. Clarke M., Dix M., Jones P., Heggie I. Some Recent Developments in Activity-Travel Analysis and Modeling // Transportation Research Record 794, Transportation Research Board. – Washington, DC. – 1982.
180. Daly A. Applicability of Disaggregate Models of Behaviour: A Question of Methodology // Transportation Research Part A. – 1982. – Vol. 16A, № 5. – P. 363–370.
181. Ettema D., Borgers A., Timmermans H. Simulation Model of Activity Scheduling Behavior, Transportation Research Record 1413. – 1995. – P. 1–11.

182. Federal Statistical Office [Электронный ресурс]. URL: <https://www.destatis.de/EN/Homepage.html> (дата обращения: 19.12.2015).
183. Garling T., Timmermans H. Household Activity Scheduling // Paper Presented at the 5th World Conference on Transport Research. – Yokohama, Japan. – 1989.
184. Golob T., McNally M. Model of Household Interactions in Activity Participation and the Derived Demand for Travel // Paper Presented at the 74th Annual Meeting of the Transportation Research Board. – Washington, DC. – 1996.
185. Goulias K., Ma. J. Dynamic Analysis of Activity and Travel Patterns Using Data from the Puget Sound Transportation Panel, Paper Presented at the 74th Transportation Research board Meeting // Transportation Research Board. – Washington, DC. – 1995.
186. Goulias K., Ma. J. Dynamic Analysis of Activity and Travel Patterns Using Data from the Puget Sound Transportation Panel, Paper Presented at the 74th Transportation Research board Meeting // Transportation Research Board. – Washington, DC. – 1995.
187. 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.
188. Greenshields B.D., Shapiro D., Ericksen E.L. Traffic Performance at Urban Street Intersections. Technical Report No. 1, Yale Bureau of Highway Traffic, 1947.
189. Hagerstrand T. What about People in Regional Science? // Papers of the Regional Science Association. – 1970. – Vol. 24. – P. 7–21.
190. Hanson S, Huff J. Classification Issues in the Analysis of Complex Travel Behavior // Economic Geography. – 1987. – Vol. 57. – P. 332–347.
191. Harris B., Wilson A. G. Equilibrium values and dynamics of attractiveness terms in production-constrained spatial-interaction models // *Envir. & Plan. A.* – 1978. – Vol. 10. – P. 371–388.
192. Highway Capacity Manual 2000. – Transportation Research Board, National Research Council. – Washington, D.C., USA, 2000. – 1134 p.
193. Highway Capacity Manual 2010. – Transportation Research Board, National Research Council. – Washington, D.C., USA, 2010, – 1134 p.
194. Hoorn V.D. Travel Behavior and the Total Activity Pattern // *Transportation* 8. – 1979. – P. 309–328.
195. Jones P.M., Dix D.C., Clarke M. I., Heggie I.G. Understanding Travel Behavior // Gower Publishing Company Limited. – England. – 1983.
196. Kitamura R, Nishii K., Goulia K. Trip Chaining Behavior by Central City Commuters: A Causal Analysis of Time-Space Constraints // Paper in the Developments in Dynamic and Activity-Based. Approaches to Travel Analysis; Edited by Peter Jones, Gower Publishing Company Limited. – England. – 1990.
197. Kitamura R. Life-Style and Travel Demand // Transportation Research Board Special Report 220, Transportation Research Board. – Washington, DC. – 1988.
198. Kitamura R. Model of Daily Time Allocation to Discretionary Out-of-Home Activities and Trips // *Transportation Research.* – 1984. – Vol. 18B, № 3. – P. 255–266.



199. Kitamura R. Sequential, History Dependent Approach to Trip Chaining Behavior // *Transportation Research Record* 944. – 1983. – P. 13–32.
200. Kondo K., Kitamura R. Time Space Constraints and the Formation of Chains // *Regional Science and Urban Economics*. – 1987. – Vol. 17. – P. 49–65.
201. Kostynhik L., Kitamura R. Life Cycle and Household Time-Space Paths: Empirical Investigation // *Transportation Research Record* 879, *Transportation Research Board*. – Washington, DC. – 1988.
202. Land Transport Authority [Электронный ресурс]. URL: <http://www.lta.gov.sg/content/ltaweb/en.html> (дата обращения: 19.12.2015).
203. Martin W.A., Mc Guskin N.A. Travel Estimation Techniques for Urban Planning // *National Cooperative Research Program Report* 365. *Transportation Research Board*. *National Research Council*. – Washington, DC. – 1998.
204. McDonald D., Stopher P. Some Contrary Indications for the Use of Household Structure in Trip-Generation Analysis, *Transportation Research Record* 944. – 1983. – P. 92–100.
205. McNally G.M., Recker W.W. On the Formation of Household. – 1986.
206. Meurs H. Dynamic Analysis of Trip Generation // *Transportation Research*. – 1990. – Vol. 24A, № 6. – P. 427–442.
207. Monzon J., Goulia K., Kitamura R. Trip Generation Models for Infrequent Trips, *Transportation Research Record* 1288 // *Transportation Research Board*. – Washington, DC. – 1989.
208. Ohstrom E., Stopher P. Automobile Occupancy, Vehicle Trips and Trip Purpose: Some Forecasting Problems // *Transportation Research Record* 987, *Transportation Research Board*. – Washington, DC. – 1988.
209. Ortuzar J., Willumsen L.G. A flexible approach to long range transport planning / *Urban transport in developing countries*. – Paris: CODATU, 1990. – P. 893–906.
210. Ortuzar S., Juan de Dios. Modelling transport / Juan de Dios Ortuzar, Luis G. Willumsen. – 2nd ed.
211. Papacostas C.S., Prevedouros P.D. *Transportation Engineering and Planning* / 3-rd edition. Prentice Hall, 2001. – 685 p.
212. Pas E.L., Kitamura R. AMOS: An Activity-Based Flexible and Truly Behavioral Tool for Evaluation of TDM Measures // Presented at the 73 rd Annual Meeting of the *Transportation Research Board*. – Washington, DC. – 1994.
213. Pas I. Classification of Daily Urban Travel/Activity Patterns // Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Northwestern University. – Evanston, IL. – 1980.
214. Pas I. A Flexible and Integrated Methodology for Analytical Classification of Daily Travel-Activity Behavior // *Transportation Science*. – 1983. – Vol. 17, № 4. – P. 404–429.
215. Pas L., Koppelman F. Intrapersonal Variability in Weekday Urban Travel and Related Behavior: Formulation and Examination of Some Hypotheses // Paper presented at the 63rd Annual Meeting of the *Transportation Research Board*. – Washington, DC. – 1984.
216. Popkov Yu. S. *Macrosystems theory and its applications*. – Berlin: Springer Verlag, 1995.

217. Raff M.S., Hart J.W. A volume Warrant For Urban Stop Signs. Eno Foundation for Highway.
218. Presented at the International Conference on Dynamic Travel Behavior Analysis / Kyoto University. Japan, July 18–19. – 1989.
219. Recker W. The Household Activity Pattern Problem: General Formulation And Solution // *Transportation Research*. – 1995. – Vol. 29B, № 1. – P. 61–77.
220. Recker W., McNally M., Root G. Model of Complex Travel Behavior: Theoretical Development // *Transportation Research Part A*. – 1986a. – Vol. 20A. – P. 307–318.
221. Recker W.W., McNally M.G. and Root G.S. Model of Complex Travel Behavior: An Operational Model // *Transportation Research Part A*. – 1986b. – Vol. 20A. – P. 319–330.
222. Salomon I., Ben-Akiva M. Life-Style Segmentation in Travel-Demand Analysis // *Transportation Research Record 879* // *Transportation Research Board*. – Washington, DC. – 1982.
223. Schnabel W., Lohse D., Latzsch, L. Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung / Band 2: Verkehrsplanung 2. neu bearbeitete Auflage.: Berlin. – 1997. – 432 p.
224. Spear New Approaches to Travel Forecasting Models: A Synthesis of Four Research Proposals // *Travel Model Improvement Program*. – U.S. DOT. – 1994.
225. Statsoft [Электронный ресурс]. URL: <http://statsoft.ru/> (дата обращения: 21.11.2017).
226. Stopher P., Hartgen D. SMART: Simulation Model for Activities, Resources and Travel // Presented at the 73rd Annual Meeting of the Transportation Research Board. – Washington, DC. – 1994.
227. Stopher P., Vadarevu R. On Investigation of the Effect of Life Cycle on Household Travel Behavior // Paper Presented at the 8th REAAA Conference. – Taipei. – 1995.
228. Strathman J., Dueker K., Davis J. Effects of Household Structure and Selected Travel Characteristics on Trip Chaining // *Transportation* 21. – 1994. – P. 24–45.
229. Summary File Technical Documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://www.census.gov/programs-surveys/acs/> (дата обращения: 19.12.2015).
230. Supemak J., Talvitie A., DeJohn A.A. Person-Category Trip-Generation Model // *Transportation Research Record 944*, *Transportation Research Board*. – Washington, DC. – 1983.
231. The National Institute of Statistics and Economic Studies collects, analyses and disseminates information on the French economy and society [Электронный ресурс]. URL: <http://www.insee.fr/fr/> (дата обращения: 21.11.2017).
232. Thomas Richter. Planung von Autobahnen und Landstraßen // Springer Fachmedien Wiesbaden 2016. ISBN 978-3-658-13008-4. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-13009-1>
233. Thill Jean-Claude, Thomas I. Toward Conceptualizing Trip-Chaining Behavior: A Review // *Geographical Analysis*. – 1987. – Vol. 19, № 1. – P. 1–17.
234. Tom V. Mathew, K.V. Krishna Rao. Introduction to Transportation Engineering // TRIP GENERATION NPTEL. – May 24. – 2006.

235. Townsend T. The Effects of Household Characteristics on the Multiday Time Allocations and Travel Activity Patterns of Households and Their Members: PhD. Dissertation, Department of Civil Engineering, Northwestern University, Evanston, IL. – 1987.
236. Traffic Assignment Manual // Bureau of Public Roads. Urban Planning Division, US Department of Commerce, Washington. 1964.
237. Travel Activity Patterns: A Simulation Approach // Final Report Prepared under U.S. DOT.
238. Trip Generation Handbook, 2nd Edition: An ITE Recommended Practice. – Washington, DC: ITE. – 2004.
239. Trip Generation, 8th Edition. Washington, DC: Institute of Transportation Engineers (ITE). – 2008.
240. Voorhees A.M. A general theory of traffic movement. ITE, 1955.
241. Wilson A. G. A family of spatial interaction models and associated developments // *Envir. & Plan. A.* – 1971. – Vol. 3. – P. 255–282.
242. Wilson A.G. A statistical theory of spatial distribution models // *Transpn. Res.* – 1967. – Vol. 1. – P. 253–270.
243. Wilson A.G. Entropy in urban and regional modelling. – London: Pion, 1970.
244. Wissen L. A Model of Household Interactions in Activity Patterns. – 1989.
245. Wwww.2GIS.ru. Официальный сайт 2 ГИС. [Электронный ресурс]. URL: <http://demoscope.ru/weekly/2010/0437/barom03.php> (дата обращения: 20.12.2017).
246. Yao L., Guan H. Trip generation Model Based on Destination // *Attractiveness Tsinghua science and technology.* – October 2008. – Vol. 13, No. 5. – P. 632–635.
247. 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.
248. Zedgenizov A.V., Burkov D.G. Edited by Brannolte U., Pribyl P., Silyanov V. Methods for the Traffic Demand Assessment Based on the Quantitative Characteristics of Urban Areas Functioning // *Organization and Traffic Safety Management in large cities: 12th International Conference (St. Petersburg, 28–30 September 2016).* – St. Petersburg, 2016. – P. 724–730.
249. Zedgenizov A. Location-based transport demand forecasting methods for suburbanized areas // *Aviamechanical engineering and transport. AER-Advances in Engineering Research: Proceedings of the International Conference.* – 2018. – Vol. 158. – P. 458–461.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Средняя продолжительность парковки

Код ЦМТ	Наименование ЦМТ	Средняя продолжительность парковки, мин	Средняя продолжительность парковки выбросы, мин	Доля работников / выбросов
<b>1</b>	<b>Жилье</b>	<b>153</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
12	Среднеэтажная застройка	66	358	0,16
14	Жилье с участком земли (частный сектор)	207	-	-
16	СНТ (Садоводческие некоммерческие товарищества)	188	-	-
<b>2</b>	<b>Торговля, общепит, сфера услуг</b>	<b>48,23</b>	<b>228,5</b>	<b>0,135</b>
21	Торгово-развлекательные центры, универмаги	50	232	0,103
21 1	Аптеки	11	154	0,178
21 3	Салон цветов	10	-	-
21 7	Алкомаркет	10	130	0,09
22	Продуктовые магазины	13,5	215	0,106
22 0	Рестораны, кафе, бары	83	395	0,019
22 2	АЗС	10	472	0,014
22 3	Автомойка	337	70	0,42
22 4	Станция технического обслуживания автомобилей	20	154	0,14
23	Мебель	31	240	0,115
23 1	Религиозные учреждения (церкви, приходы, монастыри)	11,5	-	-
24	Одежда	21	-	-
26	Строительные товары	19	223	0,174
<b>3</b>	<b>Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг</b>	<b>90</b>	<b>255</b>	<b>0,133</b>
31	Детские сады, ясли	13	240	0,14
31 5	Кинотеатры	76	233	0,125
31 8	Общественные приемные	24	259	0,12
31 9	Физкультурно-оздоровительные центры (ФОК)	69	434	0,138
32	Средние школы	10	61	0,15
32 2	Бани/сауны	94	325	0,125
32 8	Туристические базы	248	-	-
35	Учебные заведения ВПО (институты, академии, университеты)	127	-	-
37	Школы раннего развития детей	156	-	-
38	Больницы, госпитали	157	-	-
39	Поликлиники	25	234	0,193
<b>4</b>	<b>Офисы</b>	<b>34</b>	<b>188</b>	<b>0,23</b>
411	Офисы (прочее)			
41	Банки, прием платежей	19,5	179	0,123
41 6	Почта, телеграф, АТС	13,5	170	0,139
44	Нотариусы	25	-	-
47	Проектные организации (институты, лаборатории)	81	216	0,45
52	Завод	51	365	0,09
63	Объекты коммунального хозяйства (котельные, эл. станции)	124	358	0,185
64	Логистический центр	32	334	0,18
66	Гаражный кооператив	220	-	-

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Доля посетителей ЦМТ на ИТ

Код ЦМТ	Наименование ЦМТ  будний выходной	Среднее	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
12	Жильё среднеэтажная застройка	0,69 0,37	0,89 0,229	0,73 0,465	0,78 0,432	0,75 0,304	0,73 0,180	0,69 0,637	0,76 0,341	0,74 0,432	0,70 0,413	0,64 0,236	0,59 0,637	0,71 0,258	0,57 0,407	0,61 0,246	0,45	-
14	Жилье с участком земли	0,81	0,76	0,74	0,80	0,82	0,81	0,83	0,78	0,77	0,85	0,77	0,82	0,80	0,82	0,8	0,92	-
16	СНТ (Садоводческие некоммерческие товарищества)	0,81 0,78	0,73 -	0,69 0,06	0,81 0,76	0,76 0,85	0,78 0,88	0,81 0,87	0,72 0,81	0,84 0,95	0,77 0,83	0,94 0,97	0,86 0,83	0,79 0,57	0,86 0,80	0,97 0,64	- 0,90	-
21	Торгово-развлекательные центры, универмаги	0,46 0,57	-	-	0,45 0,90	0,53 0,77	0,47 0,48	0,46 0,61	0,59 0,56	0,40 0,50	0,45 0,44	0,39 0,49	0,39 0,44	0,56 0,56	0,68 0,69	0,34 0,35	-	-
21 1	Аптеки	0,28	0,29	0,35	0,36	0,28	0,31	0,30	0,31	0,28	0,28	0,23	0,20	0,22	0,24	0,28	0,26	0,24
22	Продуктовые магазины	0,42 0,46	0,34 -	0,58 0,82	0,44 0,57	0,42 0,42	0,31 0,54	0,37 0,47	0,41 0,40	0,35 0,46	0,41 0,45	0,56 0,50	0,39 0,44	0,41 0,44	0,48 0,38	0,47 0,43	0,29 0,39	0,87 -
22 0	Рестораны, кафе, бары	0,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Мебель	0,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22 2	АЗС	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Одежда	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23 1	Религиозные учреждения (церкви, приходы, монастыри)	0,28 0,52	-	0,09 0,14	0,13 0,21	0,10 0,81	- 0,94	- 0,54	-	-	0,30	0,81	-	-	-	-	-	-
22 3	Автомойка	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22 4	Станция технического обслуживания автомобилей	0,72	-	0,14	0,67	0,61	0,81	0,59	1,00	0,71	0,61	0,76	0,78	-	-	-	-	-
26	Строительные товары	0,77 0,77	-	-	0,78 0,57	0,79 0,59	0,80 0,57	0,76 0,57	0,72 0,57	0,78 0,57	0,77 0,58	0,78 0,51	0,85 0,57	0,56 0,57	0,6 0,57	0,63	-	-
21 7	Алкомаркет	0,76 0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22 7	Парикмахерская, салон красоты	0,24	-	-	-	0,44	0,54	0,23	0,44	0,37	0,25	0,00	0,13	-	-	-	-	-

Окончание таблицы

31	Детские сады, ясли	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	Средние школы	0,46	0,54	0,22	0,50	0,66	0,26	0,68	0,19	0,21	0,48	0,58	0,41	0,74	-	-	-	-
35	Учебные заведения ВПО	0,09	0,00	0,06	0,05	0,09	0,03	0,10	0,02	0,09	0,05	0,08	0,15	0,12	0,41	0,00	-	-
31 5	Кинотеатры	0,54	-	-	0,80	0,64	0,64	0,63	0,55	0,65	0,46	0,63	0,55	0,28	0,51	0,54	0,33	0,47
37	Школы раннего развития детей	0,66	0,36	0,77	0,71	0,59	0,53	0,62	0,76	0,50	0,95	0,88	0,45	0,45	0,90	0,9	-	-
38	Больницы, госпитали	0,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	Поликлиники	0,34	0,52	0,37	0,30	0,25	0,42	0,34	0,24	0,34	0,35	0,29	0,25	0,36	-	-	-	-
32 8	Туристические базы	0,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31 9	Физкультурно-оздоровительные центры (ФОК)	0,62	0,39	0,61	0,59	0,54	0,71	0,58	0,70	0,51	0,57	0,66	0,76	0,53	0,49	0,81	0,90	0,90
41	Банки, прием платежей	0,29	0,09	0,45	0,47	0,40	0,26	0,26	0,20	0,25	0,24	0,31	0,29	0,11	0,21	-	-	-
44	Нотариусы	0,65	-	0,37	0,83	0,50	0,61	1,00	0,33	-	0,74	0,86	0,37	0,83	0,50	-	-	-
41 6	Почта, телеграф, АТС	0,38	-	0,21	0,29	0,42	0,3	0,34	0,54	0,20	0,30	0,35	0,34	0,48	0,65	-	-	-
47	Проектные организации (институты, лаборатории)	0,22	0,24	0,20	0,12	0,35	0,17	0,14	0,07	0,32	0,21	0,49	0,30	0,27	0,16	-	-	-
52	Завод	0,71	0,206	0,603	0,658	0,715	0,717	0,692	0,669	0,608	0,768	0,746	0,485	0,367	0,356	0,206	-	-
61	Автотранспортные предприятия	0,92	0,904	0,955	0,942	0,938	0,900	0,885	0,943	0,886	0,913	0,943	0,938	-	-	-	-	-

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Коэффициенты суточной неравномерности функционирования ЦМТ

Код	Наименование ЦМТ прибытие (будний /выходной) убытие (будний /выходной)	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
		12	Жилье среднеэтажная застройка	0,034/0,028 0,114/0,036	0,054/0,034 0,117/0,053	0,037/0,037 0,078/0,066	0,050/0,049 0,068/0,087	0,052/0,076 0,063/0,088	0,052/0,049 0,046/0,047	0,077/0,098 0,070/0,094	0,067/0,065 0,058/0,062	0,057/0,074 0,053/0,065	0,073/0,110 0,056/0,065	0,092/0,082 0,059/0,070	0,093/0,085 0,060/0,101	0,102/0,118 0,058/0,079	0,095/0,074 0,054/0,059
14	Жилье с участком земли (частный сектор)	0,051/- 0,082/-	0,062/- 0,083/-	0,057/- 0,074/-	0,060/- 0,066/-	0,062/- 0,072/-	0,067/- 0,067/-	0,066/- 0,068/-	0,055/- 0,052/-	0,054/- 0,057/-	0,068/- 0,065/-	0,103/- 0,076/-	0,110/- 0,083/-	0,071/- 0,067/-	0,052/- 0,039/-	0,052/- 0,041/-	0,004/- 0,005/-
16	СНТ (Садоводческие некоммерческие товарищества)	0,025/- 0,088/-	0,050/0,030 0,054/0,028	0,055/0,049 0,074/0,043	0,059/0,068 0,057/0,044	0,074/0,097 0,058/0,077	0,071/0,096 0,058/0,073	0,092/0,103 0,051/0,077	0,055/0,078 0,068/0,068	0,068/0,085 0,072/0,091	0,078/0,081 0,062/0,076	0,078/0,067 0,065/0,057	0,102/0,068 0,067/0,102	0,086/0,064 0,053/0,094	0,109/0,074 0,117/0,085	0,067/0,041 0,100/0,085	0,011/- 0,020/-
21	Торгово-развлекательные центры, универмаги		0,019/- 0,004/-	0,058/0,032 0,022/0,016	0,076/0,050 0,038/0,095	0,066/0,079 0,073/0,058	0,078/0,094 0,073/0,065	0,100/0,103 0,101/0,083	0,083/0,099 0,077/0,080	0,078/0,100 0,071/0,078	0,066/0,115 0,069/0,099	0,066/0,098 0,071/0,089	0,092/0,100 0,104/0,105	0,070/0,093 0,081/0,081	0,079/0,076 0,119/0,077	0,056/0,057 0,128/0,068	
22 0	Рестораны, кафе, бары			0,027/- 0,060/-	0,033/- 0,135/-	0,102/- 0,085/-	0,045/- 0,041/-	0,095/- 0,100/-	0,126/- 0,134/-	0,131/- 0,114/-	0,108/- 0,121/-	0,082/- 0,075/-	0,085/- 0,091/-	0,072/- 0,039/-	0,026/- 0,016/-	0,076/- 0,141/-	
21 1	Аптеки	0,014/- 0,009/-	0,037/- 0,031/-	0,045/- 0,039/-	0,063/- 0,063/-	0,067/- 0,060/-	0,066/- 0,065/-	0,063/- 0,061/-	0,073/- 0,078/-	0,072/- 0,071/-	0,085/- 0,084/-	0,093/- 0,089/-	0,125/- 0,116/-	0,086/- 0,091/-	0,073/- 0,087/-	0,045/- 0,054/-	0,049/- 0,054/-
22	Продовольственные товары	0,025/- 0,026/-	0,034/0,034 0,035/0,033	0,063/0,046 0,050/0,043	0,065/0,059 0,065/0,054	0,072/0,070 0,066/0,069	0,104/0,084 0,099/0,081	0,088/0,100 0,094/0,092	0,074/0,102 0,070/0,102	0,072/0,086 0,074/0,090	0,075/0,068 0,075/0,071	0,008/0,076 0,088/0,073	0,119/0,080 0,121/0,084	0,101/0,082 0,100/0,089	0,086/0,064 0,097/0,069	0,065/0,058 0,081/0,059	0,047/0,020 0,050/0,021
23	Мебель				0,128/0,112 0,052/0,045	0,138/0,119 0,091/0,123	0,112/0,109 0,084/0,086	0,127/0,080 0,114/0,105	0,152/0,108 0,124/0,091	0,146/0,138 0,125/0,165	0,092/0,144 0,166/0,145	0,069/0,109 0,105/0,140	0,033/0,077 0,134/0,097				
23 1	Религиозные учреждения	0,075/0,055 0,026/0,023	0,218/0,144 0,113/0,047	0,151/0,100 0,121/0,071	0,193/0,077 0,173/0,071	0,033/0,044 0,086/0,107	0,058/0,077 0,060/0,047	0,092/0,022 0,086/0,083	0,050/0,011 0,078/0,011	0,067/0,033 0,069/0,028	0,025/0,122 0,043/0,071	0,025/0,266 0,034/0,297	0,008/0,044 0,078/0,142	0,000/0,055 0,026/0,023			
22 2	АЗС	0,049/- 0,035/-	0,066/- 0,063/-	0,063/- 0,063/-	0,073/- 0,070/-	0,059/- 0,056/-	0,042/- 0,045/-	0,105/- 0,095/-	0,045/- 0,052/-	0,080/- 0,088/-	0,084/- 0,077/-	0,049/- 0,059/-	0,049/- 0,056/-	0,038/- 0,031/-	0,059/- 0,059/-	0,066/- 0,073/-	0,063/- 0,056/-
21 3	Салон цветов			0,045/- 0,043/-	0,022/- 0,087/-	0,068/- 0,043/-	0,136/- 0,108/-	0,159/- 0,195/-	0,090/- 0,043/-	0,022/- 0,043/-	0,022/- 0,065/-	0,113/- 0,086/-	0,136/- 0,152/-	0,113/- 0,108/-	0,068/- 0,021/-		
22 3	Автомойка		0,119/- 0,095/-	0,071/- 0,071/-	0,047/- 0,047/-	0,095/- 0,095/-	0,071/- 0,023/-	0,095/- 0,119/-	0,047/- 0,071/-	0,095/- 0,071/-	0,047/- 0,071/-	0,047/- 0,071/-	0,047/- 0,071/-	0,071/- 0,047/-	0,071/- 0,047/-	0,047/- 0,047/-	0,071/- 0,047/-
26	Строительные товары			0,091/0,076 0,062/0,076	0,132/0,101 0,123/0,102	0,111/0,136 0,109/0,134	0,106/0,117 0,105/0,116	0,099/0,112 0,097/0,123	0,106/0,090 0,097/0,101	0,116/0,078 0,120/0,083	0,098/0,092 0,102/0,072	0,087/0,079 0,101/0,080	0,021/0,076 0,038/0,056	0,020/0,036 0,055/0,045	- /0,002 - /0,006		
22 4	Станция технического обслуживания автомобилей		0,106/0,062 0,026/0,038	0,145/0,052 0,051/0,049	0,050/0,072 0,061/0,049	0,082/0,088 0,085/0,093	0,058/0,093 0,055/0,093	0,046/0,109 0,025/0,105	0,096/0,098 0,075/0,171	0,111/0,140 0,130/0,044	0,097/0,109 0,128/0,104	0,097/0,052 0,089/0,044	0,066/0,062 0,141/0,077	0,029/0,010 0,052/0,022	0,044/0,041 0,060/0,060	0,028/0,005 0,066/0,044	
21 7	Алкомаркет			0,050/0,020 0,049/0,012	0,049/0,055 0,038/0,056	0,038/0,070 0,041/0,072	0,074/0,075 0,071/0,067	0,111/0,071 0,116/0,074	0,038/0,084 0,044/0,074	0,066/0,067 0,049/0,067	0,063/0,043 0,063/0,032	0,074/0,104 0,086/0,117	0,092/0,136 0,115/0,147	0,109/0,070 0,108/0,067	0,128/0,123 0,109/0,134	0,030/0,062 0,034/0,062	0,146/0,089 0,142/0,088
22 7	Парикмахерская, салон красоты				0,117/- 0,072/-	0,019/- 0,036/-	0,156/- 0,145/-	0,058/- 0,072/-	0,078/- 0,072/-	0,137/- 0,145/-	0,078/- 0,072/-	0,156/- 0,163/-	0,156/- 0,145/-	0,039/- 0,072/-			

31	Детские сады, ясли	0,192/- 0,081/-	0,407/- 0,240/-	0,107/- 0,078/-	0,041/- 0,040/-	0,000/- 0,005/-	0 0	0 0	0 0	0 0	0,051/- 0,118/-	0,141/- 0,266/-	0,043/- 0,089/-	0,002/- 0,017/-	0,005/- 0,023/-	0,007/- 0,037/-	
22 9	Ритуальные службы			0,175/- 0,099/-	0,151/- 0,198/-	0,126/- 0,099/-	0,102/- 0,148/-	0,107/- 0,099/-	0,156/- 0,013/-	0,141/- 0,278/-	0,039/- 0,063/-						
32	Средние школы	0,337/- 0,083/-	0,105/- 0,069/-	0,020/- 0,029/-	0,030/- 0,027/-	0,064/- 0,132/-	0,033/- 0,211/-	0,238/- 0,085/-	0,028/- 0,030/-	0,022/- 0,010/-	0,017/- 0,028/-	0,030/- 0,083/-	0,045/- 0,109/-	0,022/- 0,083/-	0,007/- 0,014/-		
32 2	Бани/сауны			0,045/0,166 0,000/0,000	0,000/0,027 0,052/0,111	0,045/0,111 0,000/0,148	0,045/0,000 0,000/0,000	0,045/0,027 0,052/0,111	0,045/0,000 0,052/0,000	0,090/0,083 0,157/0,000	0,090/0,055 0,052/0,148	0,045/0,027 0,000/0,000	0,045/0,111 0,105/0,074	0,136/0,083 0,000/0,000	0,227/0,083 0,052/0,185	0,090/0,083 0,263/0,111	0,040/0,138 0,21/0,111
35	Учебные заведения ВПО (институты, академии, университеты)	0,011/- 0,002/-	0,135/- 0,005/-	0,109/- 0,050/-	0,080/- 0,050/-	0,153/- 0,096/-	0,075/- 0,115/-	0,127/- 0,113/-	0,077/- 0,108/-	0,070/- 0,133/-	0,093/- 0,134/-	0,042/- 0,081/-	0,040/- 0,057/-	0,012/- 0,046/-	0,004/- 0,039/-		
31 5	Кинотеатры			0,021/0,009 0,011/0,002	0,026/0,031 0,017/0,019	0,046/0,033 0,026/0,042	0,054/0,116 0,049/0,051	0,064/0,041 0,053/0,078	0,058/0,034 0,055/0,029	0,070/0,031 0,066/0,042	0,073/0,053 0,060/0,030	0,065/0,057 0,088/0,028	0,100/0,138 0,106/0,226	0,113/0,145 0,089/0,222	0,091/0,139 0,088/0,093	0,178/0,141 0,235/0,119	0,127/0,181 0,112/0,130
37	Школы раннего развития детей		0,153/- 0,065/-	0,131/- 0,090/-	0,087/- 0,105/-	0,091/- 0,069/-	0,146/- 0,094/-	0,128/- 0,094/-	0,058/- 0,087/-	0,069/- 0,123/-	0,014/- 0,040/-	0,047/- 0,065/-	0,032/- 0,069/-	0,036/- 0,072/-	0,00/- 0,021/-		
38	Больницы, госпитали	0,143/- 0,036/-	0,152/- 0,059/-	0,092/- 0,072/-	0,076/- 0,084/-	0,092/- 0,104/-	0,072/- 0,098/-	0,059/- 0,098/-	0,067/- 0,102/-	0,063/- 0,107/-	0,051/- 0,093/-	0,049/- 0,064/-	0,047/- 0,046/-	0,029/- 0,030/-			
39	Поликлиники	0,056/- 0,021/-	0,163/- 0,098/-	0,139/- 0,123/-	0,118/- 0,122/-	0,095/- 0,115/-	0,076/- 0,094/-	0,087/- 0,083/-	0,071/- 0,097/-	0,062/- 0,074/-	0,051/- 0,073/-	0,051/- 0,056/-	0,024/- 0,037/-				
31 9	Физкультурно-оздоровительные центры (ФОК)		0,060/0,097 0,030/0,033	0,066/0,090 0,076/0,055	0,064/0,066 0,051/0,099	0,080/0,113 0,068/0,090	0,051/0,155 0,059/0,159	0,072/0,070 0,069/0,099	0,053/0,130 0,044/0,057	0,055/0,073 0,051/0,081	0,053/0,061 0,059/0,080	0,095/0,042 0,058/0,061	0,178/0,029 0,089/0,064	0,083/0,010 0,119/0,055	0,060/0,019 0,176/0,082	0,036/0,025 0,127/0,064	
32 8	Туристические базы			0,021/- 0,025/-	0,042/- 0,024/-	0,042/- 0,043/-	0,098/- 0,018/-	0,169/- 0,095/-	0,225/- 0,043/-	0,140/- 0,065/-	0,042/- 0,114/-	0,072/- 0,122/-	0,103/- 0,024/-	0,000/- 0,252/-	0,042/- 0,147/-	0,000/- 0,000/-	0,000/- 0,024/-
4	Офисы (прочее)																
41	Банки, прием платежей	0,017/- 0,019/-	0,038/- 0,033/-	0,055/- 0,043/-	0,115/- 0,102/-	0,105/- 0,107/-	0,111/- 0,112/-	0,118/- 0,121/-	0,125/- 0,134/-	0,103/- 0,114/-	0,100/- 0,093/-	0,113/- 0,113/-	0,086/- 0,090/-	0,450/- 0,043/-	0,008/- 0,005/-		
44	Нотариусы		0,101/- 0,087/-	0,075/- 0,075/-	0,202/- 0,150/-	0,164/- 0,225/-	0,126/- 0,100/-	0,113/- 0,087/-	0,050/- 0,100/-	0,088/- 0,075/-	0,075/- 0,100/-	0,101/- 0,0875/-					
41 6	Почта, телеграф, АТС		0,054/- 0,045/-	0,061/- 0,055/-	0,087/- 0,085/-	0,114/- 0,131/-	0,087/- 0,097/-	0,025/- 0,014/-	0,105/- 0,081/-	0,084/- 0,090/-	0,115/- 0,116/-	0,113/- 0,126/-	0,126/- 0,134/-	0,045/- 0,056/-			
47	Проектные организации (институты, лаборатории)	0,014/- 0,003/-	0,145/- 0,012/-	0,109/- 0,047/-	0,053/- 0,058/-	0,101/- 0,112/-	0,126/- 0,161/-	0,151/- 0,116/-	0,057/- 0,058/-	0,084/- 0,083/-	0,055/- 0,082/-	0,045/- 0,135/-	0,032/- 0,074/-	0,026/- 0,053/-	0,005/- 0,004/-		
52	Завод		0,051/- 0,098/-	0,042/- 0,006/-	0,070/- 0,026/-	0,051/- 0,051/-	0,065/- 0,049/-	0,116/- 0,111/-	0,041/- 0,094/-	0,034/- 0,024/-	0,019/- 0,035/-	0,041/- 0,090/-	0,179/- 0,098/-	0,080/- 0,086/-	0,054/- 0,174/-	0,038/- 0,148/-	
61	Автотранспортные предприятия	0,282/- 0,009/-	0,131/- 0,032/-	0,182/- 0,164/-	0,111/- 0,149/-	0,082/- 0,072/-	0,061/- 0,083/-	0,063/- 0,070/-	0,062/- 0,028/-	0,067/- 0,053/-	0,040/- 0,067/-	0,114/- 0,216/-	0,012/- 0,058/-				
64	Логистический центр	0,120/- 0,006/-	0,148/- 0,068/-	0,090/- 0,065/-	0,080/- 0,070/-	0,078/- 0,124/-	0,093/- 0,065/-	0,158/- 0,100/-	0,088/- 0,123/-	0,051/- 0,068/-	0,040/- 0,071/-	0,042/- 0,062/-	0,031/- 0,035/-	0,010/- 0,098/-	0,038/- 0,039/-		
66	Гаражный кооператив	0,003/- 0,131/-	0,008/- 0,136/-	0,013/- 0,090/-	0,020/- 0,054/-	0,039/- 0,060/-	0,058/- 0,073/-	0,040/- 0,058/-	0,058/- 0,066/-	0,050/- 0,043/-	0,088/- 0,074/-	0,101/- 0,059/-	0,088/- 0,037/-	0,138/- 0,068/-	0,103/- 0,043/-	0,084/- 0,021/-	0,076/- 0,004/-



## ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Среднее наполнение ИТ

Код ЦМТ	Наименование ЦМТ <u>будний</u> <u>выходной</u>	Среднее значение	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
12	Жилье среднетажная застройка	1,51 1,66	1,35 1,18	1,42 1,21	1,41 1,30	1,44 1,23	1,43 1,61	1,40 1,41	1,44 1,7	1,54 1,75	1,54 1,66	1,51 2,03	1,67 1,95	1,73 1,87	1,62 1,61	1,57 1,67	1,64 1,66	
14	Жилье с участком земли	1,39	1,35	1,37	1,41	1,29	1,37	1,28	1,53	1,35	1,33	1,35	1,38	1,43	1,51	1,43	1,40	1,77
14	СНТ (садоводческие некоммерческие товарищества)	1,65 1,80	1,70 -	1,50 -	1,59 1,8	1,75 2,03	1,23 2,03	1,46 1,8	1,96 1,83	1,73 1,76	1,20 1,9	1,33 2,13	1,93 1,86	1,60 1,6	1,60 1,7	2,00 1,63	- 1,73	-
21	Многофункциональные торговые центры	1,60	1,26	1,42	1,57	1,65	1,74	1,73	1,52	1,53	1,57	1,57	1,54	1,53	1,60	1,48	1,56	-
22 0	Рестораны, кафе, бары	2,30 2,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21 1	Аптеки	1,39	1,26	1,34	1,42	1,39	1,47	1,38	1,38	1,38	1,49	1,35	1,36	1,37	1,38	1,42	1,56	1,33
22	Продуктовые магазины	1,64 1,90	1,49	1,63 1,72	1,50 1,61	1,53 1,60	1,59 1,72	1,60 1,83	1,58 1,97	1,60 2,13	1,66 2,09	1,59 1,95	1,71 1,99	1,69 1,97	1,66 1,98	1,76 2,16	2,03 2,05	-
23	Мебель	1,76 1,51	-	-	-	1,95 1,6	1,80 1,7	1,82 1,6	2,04 1,68	2,09 1,46	1,92 1,22	2,07 1,23	1,91 1,59	2,52 1,53	1,60	-	-	-
23 1	Религиозные учреждения (церкви, приходы, монастыри)	1,88 2,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Одежда	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22 2	АЗС	1,38	1,30	1,30	1,40	1,40	1,30	1,50	1,80	1,20	1,00	1,70	1,30	1,60	1,30	1,30	1,30	1,50
22 3	Автомойка	1,51	-	1,10	1,00	2,50	1,40	1,30	1,20	2,00	1,20	1,00	1,50	1,20	2,30	1,00	2,00	2,00
26	Строительные товары	1,43 1,54	-	-	1,45 1,6	1,35 1,63	1,43 1,70	1,35 1,80	1,42 1,80	1,40 1,60	1,51 1,60	1,47 1,35	1,43 1,34	1,50 1,5	1,50 1,29	- 1,30	-	-
22 4	Станция технического обслуживания автомобилей	1,37 1,33	-	1,26 1,17	1,07 1,20	1,36 1,08	1,39 1,29	1,45 1,56	1,25 1,33	1,37 1,32	1,73 1,74	1,36 1,43	1,37 1,20	1,13 1,58	1,20 1,33	1,66 1,43	1,50 1,00	-
21 7	Алкомаркет	1,58 1,62	-	-	1,65 1,37	1,70 1,47	1,70 1,82	1,45 1,67	1,80 1,67	1,60 1,57	1,95 1,42	1,20 1,37	1,40 1,72	1,45 1,72	1,50 1,67	1,50 1,72	1,20 1,80	-

22 7	Парикмахерская, салон красоты	1,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	Детские сады, ясли	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	Средние школы	1,65	2,34	2,33	2	2,09	1,36	1,44	2	1,17	1,5	1,33	1,25	1,65	1,38	1,37		
35	Учебные заведения ВПО	1,50	-	1,39	1,65	1,52	1,57	1,62	1,67	1,49	1,42	1,41	1,28	1,27	1,35	-	-	-
31 5	Кинотеатры	1,47	-	-	1,36	1,36	1,25	1,39	1,32	1,40	1,52	1,56	1,42	1,45	1,81	1,46	1,8	2,5
37	Школы раннего развития детей	2,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	Больницы, госпитали	1,50	1,50	1,64	1,73	1,49	1,57	1,53	1,61	1,4	1,46	1,35	1,39	1,49	1,46	-	-	-
39	Поликлиники	1,95	2,28	1,94	1,78	1,78	1,77	1,72	1,96	1,98	2,25	2,12	1,85	-	-	-	-	-
31 9	Физкультурно-оздоровительные центры (ФОК)	1,39 1,37	1,29 1,2	1,26 1,36	1,22 1,39	1,39 1,35	1,37 1,41	1,49 1,33	1,63 1,39	1,52 1,1	1,26 1,2	1,24 1,6	1,22 1,5	1,41 1,5	1,65 1,6	1,43 -	1,7 -	
32 8	Туристические базы	- 2,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Офисы прочее	1,48	1,31	1,36	1,52	1,45	1,49	1,53	1,47	1,45	1,45	1,53	1,32	1,44	1,33	1,33	1,26	
41	Банки, прием платежей	1,37	1,26	1,32	1,25	1,35	1,34	1,44	1,50	1,41	1,43	1,56	1,30	1,49	1,32	1,32	-	
44	Нотариусы	1,62		1,5	2,5	1,6	2	2	1	1,4	1,3	1,3	-	-	-	-	-	-
41 6	Почта, телеграф, АТС	1,38		1,25	1,22	1,09	1,53	1,35	1,03	1,42	1,61	1,51	1,35	1,43	1,68	-	-	-
47	Проектные организации (институты, лаборатории)	1,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	Завод	1,99	1,94	1,98	1,97	1,87	1,96	1,92	1,70	2,02	1,98	1,91	1,83	1,91	-	-	-	-
61	Автотранспортные предприятия	1,51	1,57	1,66	1,46	1,46	1,41	2,03	1,56	1,46	1,30	1,29	1,57	-	-	-	-	-

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Основные термины и определения

На основании проведенного литературного обзора проблем и перспектив развития методов оценки транспортного спроса, особенно на досетевом уровне, следует привести перечень основных понятий и определений, которыми автор будет оперировать в процессе создания данного исследования. Для удобства поиска они будут представлены в алфавитном порядке:

*Транспортный спрос* – количество корреспонденций, которое могли и хотели бы совершить резиденты рассматриваемой территории (города, агломерации) в данное время и по данной цене. Важно сделать соответствующие пояснения к предложенному определению. Во-первых, под резидентами подразумеваются все жители и гости (города, агломерации). Во-вторых, под ценой корреспонденции подразумевается некоторая совокупная цена, включающая в себя затраты времени на корреспонденцию, комфортность, стоимость и др.

*Транспортное предложение* – количество корреспонденций, которое может реализовать улично-дорожная сеть в данное время и при сложившихся условиях. Во-первых, транспортное предложение фактически является более емким понятием пропускной способности, которая в свою очередь показывает возможное число корреспонденций, которое может быть реализовано через условное поперечное сечение участка УДС в единицу времени. Во-вторых, под «сложившимися условиями» понимаются, прежде всего, дорожные условия (уровень загрузки, доля грузового транспорта в потоке, состояние дорожного полотна и т.п.), а также погодные условия (сцепление шин с дорогой, видимость, обзорность и т.п.).

*Территория / ЦМТ* – обособленная часть городского (пригородного) пространства, обладающая уникальной спецификой функционирования и обслуживания посетителей. В словосочетании «территория / ЦМТ» под территорией понимается пространство, не имеющее высокоэтажной застройки, либо выделение отдельных строений на такой территории не имеет смысла (промышленная зона, территория ЦПКиО и т.п.); под *ЦМТ* понимается *центр массового тяготения*, позволяющий

рассматривать его с точки зрения обособленного здания или комплекса зданий высокой этажности, как правило, имеющих единую проходную, подъезды, парковку (например, торговые центры, жилые комплексы, государственные учреждения, вузы и т.п.). Важным уточнением является то, что *Территория / ЦМТ* должны находиться в территориальных границах населенного пункта, кроме субурбанизированных территорий (СНТ, ЖСК, пром. территории, базы отдыха).

*Удельная генерация корреспонденций* – число корреспонденций, совершенных к рассматриваемому ЦМТ за рассматриваемый период, как правило, сутки (либо период функционирования в течение суток) на единицу площади, как правило, 100 м<sup>2</sup>.

*Коэффициенты суточной неравномерности* показывают долю загрузки ЦМТ, приходящуюся на каждый час суток (либо период функционирования в течение суток).

*Коэффициент суточного максимума* – доля загрузки территории, приходящаяся на наиболее загруженный час суток (либо период функционирования в течение суток).

*ИТ – индивидуальный транспорт.* К индивидуальному транспорту в рассматриваемой работе следует отнести только автомобили категории «В», что соответствует вместимостью не более 7 мест, в том числе и автомобили-такси.

*ОТ – общественный транспорт.* К общественному транспорту в рассматриваемой работе следует отнести автобус, троллейбус, трамвай, метрополитен, пригородные поезда.

*Продолжительность паркирования* – время с момента въезда транспортного средства на парковку ЦМТ до момента выезда с парковки.

*Среднее наполнение салона ИТ* – число пассажиров, находящихся в салоне ИТ в момент въезда ИТ на парковку ЦМТ.

*Урбанизация* – процесс повышения роли городов в развитии общества (рост в городах промышленности, развитие их культурных и политических функций, углубление территориального разделения труда). Для урбанизации характерны

приток в города сельского населения и возрастающее маятниковое движение населения из сельского окружения и ближайших малых городов в крупные города (на работу, по культурно-бытовым надобностям и пр.), называется рурализацией.

*Субурбанизация (дезурбанизация, рурализация)* – процесс, обратный урбанизации.

*Агломерационная территория (агломеция)* – компактное территориальное размещение городских населенных пунктов, объединенных интенсивными хозяйственными, трудовыми и культурно-бытовыми связями.











## ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Типология ЦМТ ТРР г. Иркутск

Код использования территории	Наименование типа использования территории
1	Жильё [137]
11	Малозэтажная многоквартирная жилая застройка (не более 3 этажей)
12	Среднеэтажная жилая застройка (не более 8 этажей)
13	Многоэтажная жилая застройка (более 8 этажей)
14	Для индивидуального жилищного строительства (ИЖС не более 3 этажей или 20 м.)
15	Строящиеся жилые дома
16	СНТ (Садоводческие некоммерческие товарищества)
2	Торговля, общепит, сфера услуг
21	Торгово-развлекательные центры, универмаги
22	Продовольственные товары
23	Мебель
24	Одежда
25	Спортивные товары
26	Строительные товары
27	Компьютеры, оргтехника
28	Канцелярские товары
29	Хозяйственные товары
210	Бытовая техника
211	Аптеки
212	Ювелирные украшения
213	Цветы
214	Торговые площади, рынки открытого типа
215	Книги
216	Автозапчасти
217	Алкомаркеты
218	Зоомагазины
219	Столовые
220	Рестораны, кафе, бары
221	Шиномонтаж
222	АЗС
223	Автомойка
224	Станция технического обслуживания автомобилей
225	Фотосалоны
226	Дом быта
227	Парикмахерская, салон красоты
228	Автосалоны
229	Ритуальные службы
230	Туристические агентства
231	Религиозные учреждения (церкви, приходы, монастыри)
231	Агентства недвижимости
232	Банкоматы
3	Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг
31	Детские сады, ясли

32	Средние школы
33	Специализированные учреждения (муз. Школа, худ. Школа)
34	Учебные заведения среднего и нач. проф. обр. (колледжи, техникумы, ПТУ)
35	Учебные заведения ВПО (институты, академии, университеты)
36	Научно-исследовательские институты (без очного обучения студентов)
37	Школы раннего развития детей
38	Больницы, госпитали
39	Поликлиники
310	Санатории, профилактории
311	Травматологические пункты
312	Стоматология
313	Косметология
314	Театры/музеи
315	Кинотеатры
316	Клубы
317	Парки культуры и отдыха (ПКиО)
318	Общественные места (набережные, аллеи, парки)
319	Физкультурно-оздоровительные центры (ФОК)
320	Зоопарки
321	Аквапарки
322	Бани/сауны
323	Бильярдные клубы
324	Стадионы
325	Боулинг клубы
326	Библиотеки
327	Интернет кафе
328	Туристические базы (кемпинги)
4	Офисы
41	Банки, прием платежей
42	Типографии
43	Ломбарды
44	Нотариусы
45	Страхование
46	Юридические консультации
47	Проектные организации (институты, лаборатории)
48	Государственная дума
49	Налоговая инспекция
410	Общественные приемные
411	Пенсионный фонд
412	Отделы социального обеспечения
413	Суды (мировой, арбитражный, уголовный...)
414	МВД
415	МЧС
416	Почта, телеграф, АТС
5	Промышленность
51	Комбинаты

52	Заводы
53	Фабрики
6	Коммунально-складское хозяйство
61	Автотранспортные предприятия
62	Склады
63	Объекты коммунального хозяйства (котельные, эл. станции)
64	Логистический центр
65	Ж/д вокзал
66	Гаражные кооперативы
67	Автостоянки





РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ  
г. Иркутск

АДМИНИСТРАЦИЯ

**КОМИТЕТ ПО ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПОЛИТИКЕ**  
**ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ КОМИТЕТА –**  
**ГЛАВНЫЙ АРХИТЕКТОР ГОРОДА**

664025, г.Иркутск, ул.Ленина,14 «б» , [www.admirk.ru](http://www.admirk.ru)

тел. 52-01-45

**АКТ О ВНЕДРЕНИИ**

Выдан к.т.н., доценту Зедгенизову А.В. для предоставления в диссертационный Совет, свидетельствующий о том, что результаты исследования методологии оценки транспортного спроса населения к центрам массового тяготения и методики расчета интенсивности транспортных потоков на УДС основанной на ёмкости транспортных расчетных районов, выявляемых по параметрам их расположения на урбанизированных территориях внедрены в практическую деятельность в один из первоочередных проектов по реализации реконструкции улично-дорожной сети г. Иркутска, а именно, в комитете по градостроительной политике администрации города Иркутска при выполнении следующих проектов: «Ремонт объездной дороги Первомайский – Университетский на участке разворота от ул. Старокузьмихинская со стороны съезда с Академического моста в районе АЗС по ул. Лермонтова, 122», «Модернизация транспортной развязки на ул. Аргунова и Сергеева».

УТВЕРЖДАЮ:

Главный архитектор города Иркутска

Начальник отдела подготовки  
технической документации  
МКУ «УКС города Иркутска»

  
С.А. Александров

  
А.Л. Кыштымов

УТВЕРЖДАЮ



Проектор по научной работе ФГБОУ  
ВО «Санкт-Петербургский  
государственный архитектурно-  
строительный университет»

Дроздова Ирина Валерьевна

« 25 » августа 2020г.

### СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

Выдана к.т.н., доценту А.В. Зедгенизову для предоставления в диссертационный Совет, свидетельствующая о том, что результаты диссертационной работы на соискание степени доктора технических наук по теме «Методология организации движения при обслуживании центров массового тяготения» используются в процессе обучения студентов по направлению подготовки «Технология транспортных процессов» (23.03.01) в дисциплинах «Транспортные системы мегаполисов» и «Организация дорожного движения».

Декан автомобильно-дорожного факультета,  
к.т.н., доцент

А.В. Зазыкин



## РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2020621961

**«База данных основных количественных характеристик  
функционирования центров массового тяготения»**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования «Иркутский  
национальный исследовательский технический университет»  
(ФГБОУ ВО «ИРНИТУ») (RU)*

Автор: *Зедгенизов Антон Викторович (RU)*

Заявка № **2020621744**

Дата поступления **07 октября 2020 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных **20 октября 2020 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Г.П. Излиев*







**Общество с ограниченной ответственностью  
«Жилстрой – НН»**

603004, г. Нижний Новгород, пр. Ленина 100,  
тел.257-77-30, факс 257-77-33  
ИНН 5256034054 КПП 525601001 ОГРН 1025202264890  
р/с 40702810242043001258  
в Волго-Вятский Банк ПАО Сбербанк  
к/с 30101810900000000603 БИК 042202603

**АКТ О ВНЕДРЕНИИ**

Выдан к.т.н., доценту Зедгенизову А.В. для предоставления в диссертационный Совет. Акт свидетельствует о том, что результаты исследования методологии организации дорожного движения, основанной на оценке транспортного спроса населения к центрам массового тяготения, внедрены в практическую деятельность ООО «ЖИЛСТРОЙ-НН» при выполнении совместно с НГТУ им. Р.Е. Алексеева научно-исследовательской работы: «ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ СЕТИ ДОРОГ НА ПОДХОДАХ К ПЕРСПЕКТИВНОМУ МИКРОРАЙОНУ «СОРМОВСКАЯ ВЕНЕЦИЯ» В Г. НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ».

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «ЖИЛСТРОЙ-НН»



Е.В. Березин



Общество с ограниченной ответственностью "Научно-исследовательский и проектный институт территориального развития и транспортной инфраструктуры"

ул. Фучика, д.4, лит. К, Санкт-Петербург, Россия, 192102, тел.: (812) 775-10-50, факс: (812) 775-10-49, e-mail: nipitrti@ipr.ru

### УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
доктор технических наук, профессор  
В.Н. Мячин  
«28» января 2021 г.



### АКТ

**о внедрении результатов диссертационного исследования доцента Зедгенизова Антона Викторовича на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.10**

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе председателя комиссии – заместителя генерального директора – руководителя департамента транспортных систем Шуляева В.В., членов комиссии: руководителя проектного направления транспортного моделирования, прогнозирования и организации дорожного движения Кривцова Д.П., главного специалиста проектного направления транспортного моделирования, прогнозирования и организации дорожного движения Максимова Е.А. составили настоящий акт о том, что материалы диссертационной работы кандидата технических наук, доцента Зедгенизова Антона Викторовича на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.10 на тему: «Методология повышения качества организации движения при обслуживании центров массового тяготения» были внедрены в практическую деятельность ООО «НИПИ ТРТИ» при разработке предложений по совершенствованию схемы организации дорожного движения при обслуживании строящегося торгово-развлекательного центра «Рамус Молл» с использованием средств математического моделирования.

#### Председатель комиссии:

Заместителя генерального директора – руководителя департамента транспортных систем

#### Члены комиссии:

Руководитель проектного направления транспортного моделирования, прогнозирования и организации дорожного движения

Главный специалист проектного направления транспортного моделирования, прогнозирования и организации дорожного движения

  
Шуляев В.В.

  
Кривцов Д.П.

  
Максимов Е.А.