

На правах рукописи



БУРКОВ Дмитрий Германович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ
ОБСЛУЖИВАНИИ ЦЕНТРОВ КУЛЬТУРНО-БЫТОВОГО
НАЗНАЧЕНИЯ С УЧЕТОМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА**

Специальность 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Зедгенизов Антон Викторович

Официальные оппоненты: **Ларин Олег Николаевич**,
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ
ВО «Российский университет транспорта
(МИИТ)», г. Москва, кафедра «Логистические
транспортные системы и технологии»,
профессор;

Селиверстов Ярослав Александрович,
кандидат технических наук, ФГБУН Института
проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Рос-
сийской академии наук г. Санкт-Петербург, ла-
боратория интеллектуальных транспортных си-
стем, старший научный сотрудник;

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Донской государственный
технический университет».

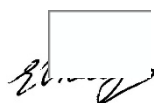
Защита состоится «31» января 2019 г. в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.223.02 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 190103, Санкт-Петербург, Курляндская ул., д. 2/5, аудитория 340-К.

Тел./Факс: (812) 316-58-72; E-mail: rector@spbgasu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» и на сайте <http://dis.spbgasu.ru/specialtys/personal/burkov-dmitriy-germanovich>.

Автореферат диссертации разослан: «17» декабря 2018 года.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
Д 212.223.02 к.т.н. доцент



Олещенко Елена Михайловна

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Интенсивное развитие городов РФ, связанное с ростом численности городского населения уровня автомобилизации и совершенствованием планировочных решений требует новых подходов к организации транспортного обслуживания посетителей центров тяготения. Появление в последние десятилетия крупных торговых, развлекательных и досуговых центров, деловых зон и транспортных терминалов, создало совершенно новый класс центров тяготения с отличными от традиционных режимами транспортного обслуживания. Подавляющее большинство таких центров тяготения располагается в крупных городах, в которых на сегодняшний день проживает 45-50 % жителей РФ.

Существующие подходы к организации транспортного обслуживания в современных условиях должны учитывать особенности функционирования центров тяготения на основе оценки транспортного спроса, процесс изучения которых связан со значительной трудоемкостью, при этом их актуальность, учитывая современные темпы развития городов, не превышает пяти лет. Использование существующих методик становится достаточно затруднительным в отношении новых типов центров тяготения, особенно центров тяготения культурно-бытового назначения (ЦТКБН). Кроме того, оценка транспортного спроса на основе существующих методик имеет высокую погрешность вследствие изменения принципов поведения и уклада жизни городского населения.

В последние десятилетия активно используется инструментарий для автоматизированного проектирования транспортных систем городов в целом, а также прогнозирования интенсивности транспортных потоков, в том числе и при выполнении проектов организации дорожного движения (ПОД), транспортных разделов генеральных планов городов, комплексных схем организации движения (КСОД). Применение этого инструментария сдерживается отсутствием обоснованных результатов научных исследований, отражающих закономерности функционирования ЦТКБН полученных непосредственно в Российских условиях. В связи с этим, особую актуальность приобретает необходимость научных исследований, направленных на разработку эффективной организации дорожного движения, основанной на оценки транспортного спроса к ЦТКБН.

Разработанная в диссертационной работе методика оценки транспортного спроса к ЦТКБН, направленная на прогнозирование интенсивности движения транспортных потоков позволит проектным организациям на стадии разработки проектов детальной планировки оценить влияние рассматриваемого ЦТКБН на транспортную сеть, а также с более высокой точностью рассчитать требуемое число парковочных мест и пропускную способность пересечений, запрашивающих эти ЦТКБН, что, несомненно, повысит эффективность организации дорожного движения и транспортного обслуживания в целом.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в развитие теоретических основ, методов и средств оценки транспортного спроса к объектам городской территории в целом, внесли: И.С. Ефремов, Е.М. Лобанов, Г.В. Шелейховский, В.В. Сильянов, Зырянов В.В., Горев А.Э., Швецов В.И., Меркулов Е.А., Фишельсон М.С., Михайлов А.Ю., Ларин О.Н., Черепанов

В.А., Зедгенизов А.В., Meurs H., Monzon J., Ortuzar J., Yao L. и многие другие. Вместе с тем, анализ публикаций работ вышеупомянутых авторов показывает, что, несмотря на достижения исследователей, процесс формирования и изменения транспортного спроса к ЦТКБН остается малоизученным.

Цель и задачи исследования.

Цель исследования – заключается в повышении эффективности организации дорожного движения за счет разработки методики прогнозирования транспортного спроса к ЦТКБН.

Задачи исследования:

1. Провести экспериментальные исследования ЦТКБН с целью установления основных количественных характеристик их функционирования: средней продолжительности парковки, доли посетителей, прибывающих к объекту на ИТ, коэффициентов суточной неравномерности прибытия (убытия) посетителей, удельной генерации передвижений.

2. Получить регрессионные уравнения, позволяющие оценить число передвижений к ЦТКБН в зависимости от параметров их расположения на городской территории: площадь ЦТКБН, удаленность от магистральной улицы и удаленность от центра города, число филиалов, число конкурентов в радиусе пешеходной доступности, среднее время передвижения к остановочному пункту, площадь прилегающей парковки, среднее время подхода к остановочному пункту.

3. Разработать математическую модель прогнозирования интенсивности индивидуального транспорта (ИТ), основанную на характеристиках, формирующих транспортный спрос и параметрах расположения ЦТКБН.

4. Разработать методику, позволяющую выполнять организацию дорожного движения к ЦТКБН на основе полученных регрессионных уравнений, общедоступных исходных данных, процесс сбора которых будет характеризоваться меньшей трудоемкостью по сравнению с существующими методиками.

5. Дать технико-экономическую оценку и выполнить производственную проверку проведенных исследований.

Объектом исследования является процесс формирования транспортного спроса к ЦТКБН.

Предметом исследования являются закономерности, характеризующие формирование транспортного спроса к ЦТКБН.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Выявленные количественные характеристики ЦТКБН: средняя продолжительность парковки, доля посетителей, прибывающих к объекту на ИТ, коэффициенты суточной неравномерности прибытия (убытия) посетителей и удельная генерация передвижений, отражающие функционирование рассматриваемых объектов.

2. Регрессионные уравнения, отличающиеся от существующих уравнений, тем, что влияющие на транспортный спрос параметры не ограничиваются площадью центров тяготения, а включают так же: его удаленность от магистральной улицы и удаленность от центра города, число филиалов, число конкурентов в радиусе пешеходной доступности, среднее время передвижения к остановоч-

ному пункту, площадь прилегающей парковки, среднее время подхода к остановочному пункту.

3. Математическая модель прогнозирования интенсивности движения транспортных средств к ЦТКБН, отличающаяся от существующих моделей уточнением прогноза спроса на основе количественных характеристик рассматриваемых объектов и параметров их расположения на городской территории.

4. Разработанная методика организации дорожного движения, в отличие от существующих методик основывается на оценке транспортного спроса, в которой применяется математическая модель прогнозирования интенсивности транспортных средств к ЦТКБН.

Теоретическая значимость исследования. Разработанная методика позволяет произвести организацию дорожного движения к ЦТКБН на основе параметров их расположения на городской территории. Выявленные закономерности позволяют значительно расширить знания о процессе генерации передвижений, выполнять анализ погрешностей, возникающих при оценке транспортного спроса к ЦТКБН.

Практическая значимость исследования. Разработанные в диссертационном исследовании научные положения позволяют более эффективно организовать дорожное движение при транспортном обслуживании ЦТКБН. Разработанная методика оценки транспортного спроса к ЦТКБН, основанная на характеристиках функционирования ЦТКБН позволяет: транспортным инженерам – определить объемы передвижений к ЦТКБН, позволяющие повысить качество транспортного обслуживания на ИТ; организациям, осуществляющим маршрутные пассажирские перевозки – прогнозировать пассажиропоток к таким ЦТКБН.

Методологическая основа исследования. Теория транспортного и городского планирования, статистические методы проведения экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования, процессов генерации передвижений к ЦТКБН осуществлялись путем натурных замеров. В аналитических исследованиях использованы численные методы математического анализа и планирования эксперимента, а также основы системного анализа. Обработка данных экспериментов осуществлялась на основе методов теории вероятности и математической статистики с помощью специализированных программных продуктов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель оценки транспортного спроса, учитывающая параметры расположения ЦТКБН на городской территории и их количественные характеристики функционирования позволяет спрогнозировать интенсивность ИТ, что позволяет существенно снизить трудоемкость рассматриваемого процесса.

2. Количественные характеристики, обуславливающие функционирование ЦТКБН, при использовании в расчетах, позволяют повысить качество транспортного обслуживания посетителей, прибывающих на ИТ за счет выявления потребного числа мест для паркирования и разработки эффективных схем организации дорожного движения.

3. Разработанная методика организации дорожного движения на основе оценки транспортного спроса, позволяет рассчитать суточный объем передвижений к ЦТКБН, дает возможность значительно снизить трудоёмкость организации дорожного движения.

Область исследования соответствует паспорту научной специальности ВАК 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта, а именно: 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.

Обоснованность и достоверность полученных результатов обеспечена:

- репрезентативностью выборок экспериментально полученных данных, применением методов статистической обработки и математической статистики;
- корректным применением регрессионного анализа, который позволяют обеспечить сходимость полученных результатов;
- отсутствием противоречий полученных результатов и выводов с результатами ранее выполненных научных исследований.

Практическая ценность и реализация результатов исследования. Методика оценки транспортного спроса к ЦТКБН, может быть внедрена на предприятиях, занимающихся проектами организации дорожного движения (ПОД), комплексными схемами организации движения (КСОД), комплексными транспортными схемами (КТС), транспортными разделами генеральных планов городов, а также в вузах при подготовке бакалавров по специальности 23.03.01 «Технология транспортных процессов». Внедрение методики позволяет снизить трудоемкость и себестоимость оценки транспортного спроса по сравнению с существующими методиками.

Разработанная методика, организации дорожного движения на основе оценки транспортного спроса к ЦТКБН прошла производственную проверку и рекомендована ООО «СМЭП Дельта» при выполнении проектов ПОД и КСОД: торгово-развлекательный комплекс «Комсомолл» (г. Иркутск, ул. Верхняя набережная, 10); ремонт Ново-Ленинской объездной дороги с развязками на участке от ул. Сурнова до ул. Рабочего Штаба в г. Иркутске: установка светового объекта (р-н строительного рынка «Покровский»). Применение методики позволило в значительной степени снизить трудоемкость прогнозирования интенсивности и повысить эффективность организации дорожного движения.

Апробация работы. Материалы исследований обсуждались и получили одобрение на II, III, IV и V Всероссийской научно-практической конференции «Авиамашиностроение и транспорт Сибири» (Иркутск, 11-13 апреля 2012 г., 11-12 апреля 2013 г., 10-11 апреля 2014 г. и 16-18 апреля 2015г.); VIII Международная научно-практическая конференция «Наука: теория и практика – 2012» (Пшемысль, Польша 7-15 августа 2012 г.); VIII Международная научно-практическая конференция «Научное пространство Европы – 2012» (Пшемысль, Польша 7-15 апреля 2012 г.); VIII Международная научно-практическая конференция «Информация о научном прогрессе – 2012» (София, Болгария 17-25 августа 2012 г.); VIII Международная научно-практическая

конференция «Новости прикладной науки – 2012» (Прага, Чехия 27 июля - 5 августа 2012 г.); конференции «Вопросы транспорта и смежных отраслей» Брянского филиала МИИТ, 1-2 июня 2016 года; 12-ой Международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (28-30 сентября 2016 г. Санкт-Петербург); 99-я Международная научно-техническая конференция «Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации» (20-22 апреля 2017 года).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 27 работ, общим объемом 9,7 условных печатных листов, в т.ч. 11 публикаций в изданиях перечня ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, основных выводов, списка использованных источников, включающего 130 наименований, в том числе 26 на иностранном языке и приложений. Работа изложена на 175 страницах машинописного текста и включает 17 таблиц, 70 рисунков и 5 приложений с материалами результатов исследований.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель, задачи, объект, предмет, методы исследования, отмечены научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы основные научные положения, выносимые на защиту, приведены сведения о публикациях, структуре и объеме работы.

Первая глава содержит аналитический обзор существующих подходов к оценке транспортного спроса к объектам тяготения, применяемых в мировой практике.

Способы получения исходных данных, реализуемые посредством существующих отечественных и зарубежных методик, включают разновидности опросов (в основном анкетирование), использование данных профильных организаций (пенсионные фонды и др.), и др., обусловлены высокой трудоемкостью и, как следствие, высокой себестоимостью. Необходимо отметить, что в силу стремительных темпов развития городов, искомые данные с истечением 3-5 лет начинают терять актуальность, вследствие чего нуждаются в регулярных обновлениях.

Среди множества объектов тяготения городской территории, ЦТКБН отличаются интенсивным развитием, сопровождающимся появлением новых типов объектов (квест-комнаты, рекламно-производственные компании и др.), которые могут кардинально отличаться между собой по характеру функционирования, что в значительной мере усложняет процесс оценки транспортного спроса. Именно в этой связи оценка транспортного спроса к ЦТКБН не должна ограничиваться только лишь параметром его площади. Опираясь на вышеизложенное можно заключить, что используемые методы оценки транспортного спроса к ЦТКБН нуждаются в совершенствовании.

Вторая глава посвящена теоретическим исследованиям, дающим возможность разработать математическую модель оценки транспортного спроса к ЦТКБН. Представлен математический аппарат позволяющий рассчитать транспортный спрос к ЦТКБН выраженный интенсивностью ИТ, а также моделью расчета потребного числа парковочных мест.

Третья глава посвящена методике экспериментальных исследований состоящей из двух этапов. На первом этапе приводится описание методики натурного обследования, включающее: планирование и проведение обследования ЦТКБН. На втором этапе приводится методика обработки результатов экспериментальных исследований.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных и аналитических исследований. На основе собранных данных установлена связь между числом передвижений к рассматриваемому объекту и типом ЦТКБН. Одновременно с этим, установлена значимость выявленных зависимостей и установлены допустимые диапазоны их применения для рассматриваемых условий.

II ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Выявленные количественные характеристики ЦТКБН: средняя продолжительность парковки, доля посетителей, прибывающих к объекту на ИТ, коэффициенты суточной неравномерности прибытия (убытия) посетителей и удельная генерация передвижений, отражающие функционирование рассматриваемых объектов.

К количественным характеристикам функционирования объектов тяготения относятся:

- удельная генерация передвижений;
- коэффициенты суточной неравномерности;
- средняя продолжительность парковки;
- доля посетителей, прибывающих к объекту на ИТ;
- среднее наполнение ИТ.

Математический смысл характеристик приводится в формулах (1 – 6).

Удельная генерация передвижений, косвенно отражает привлекательность ЦТКБН, т.е. качество или состояние центра тяготения, порождающее некое желание посетить выбранный объект. Удельная генерация передвижений – это число посетителей, тяготеющих к объектам определенного типа на единицу площади, чел./м², определяется из следующего выражения:

$$G = \frac{E}{S}, \quad (1)$$

где E – общее число передвижений, совершенных к объекту за рассматриваемый период (сутки), чел./сут.; S – площадь рассматриваемой территории, м².

Коэффициент суточной неравномерности – это отношение числа передвижений к объекту за требуемый час i , к числу передвижений за сутки.

$$k_{CHi} = \frac{E_i}{E}, \quad (2)$$

где, E_i - число передвижений, совершенных к объекту за i -тый час, чел./час.

В практике оценки транспортного спроса принято различать передвижения, совершенные с использованием ИТ и без него. Для установления такого распределения часто приходится усложнять исследования путём дифференцированного учета общего числа посетителей и на ИТ. Таким образом, общее число передвижений (посетителей, i -того часа) на ИТ будет, учтено:

$$E_{ИТi}^{np} = E_i^{np} \cdot d_{ИТi}, \quad (3)$$

где, $E_{ИТi}^{np}$ – интенсивность прибытия посетителей на ИТ для i -го часа, чел./час; E_i^{np} – суммарная интенсивность посетителей прибывших для i -го часа, чел./час; $d_{ИТi}$ – доля посетителей прибывающих на ИТ для i -го часа.

Общее число передвижений без ИТ (прибывающих посетителей за i -тый час), будет рассчитываться по следующей формуле:

$$E_{без ИТi}^{np} = E_i^{np} - E_{ИТi}^{np}, \quad (4)$$

Интенсивность транспортного потока в сечении запрашиваемого проезда к ЦТКБН в определенный час определяется на основе среднего наполнения ИТ в рассматриваемый час, однако, при рассмотрении некоторых типов ЦТКБН, среднее наполнение при въезде/выезде может варьироваться. При отсутствии детализации данных по часам суток, следует использовать среднее значение.

$$P_{ИТi} = \frac{E_{ИТi}}{n_i} \quad (5)$$

где, $P_{ИТi}$ – среднее наполнение ИТ за i -ый час, чел.; n_i – число транспортных средств прибывших за i -ый час, авт./час.

Средняя продолжительность парковки – среднее время пребывания индивидуальных транспортных средств на парковке, обслуживающей рассматриваемый объект, рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i^{уб} - t_i^{приб})}{n_{сум}} \quad (6)$$

где, P_{cp} – средняя продолжительность парковки транспортных средств за сутки, час.; $t_{приб}$ – время прибытия транспортного средства на парковку, час.; $t_{уб}$ – время убытия транспортного средства с парковки, час.; $n_{сум}$ – число транспортных средств прибывших на парковку за сутки (период исследования), ед.

В некоторых случаях ввиду значительного числа объектов исследования и ограниченного количества учетчиков, необходимо, чтобы с одного поста имелась возможность фиксировать транспортные и пешеходные потоки (рис. 1). ЦТКБН могут кардинально отличаться по занимаемой площади и режиму функционирования. Для некоторых объектов характерна сезонность, другие ориентированы на работу только в будние или только в выходные дни.

По результатам статистического анализа были получены средние значения количественных характеристик по типам (рис 2).

Представленные диаграммы (рис. 3) демонстрируют ошибку среднего и средние значения удельной генерации передвижений, продолжительности паркиро-

Условные обозначения:

- - Учет посетителей
- - Границы парковок
- - Подходы к парковкам
- 1 - Номер поста

- 1) 9:00 – 12:00
- 2) 12:00 – 15:00
- 3) 15:00 – 18:00
- 4) 18:00 – 20:00
- 5) 20:00 – 23:00

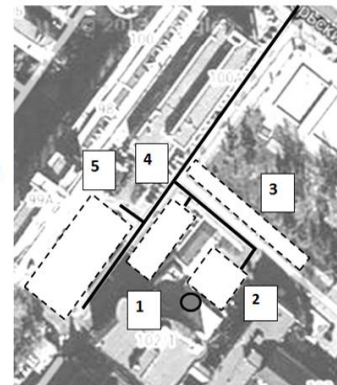


Рисунок 1 – План проведения исследования культурно-развлекательного центра «Звездный» г. Иркутска

вания и доли посетителей, прибывающих на ИТ.

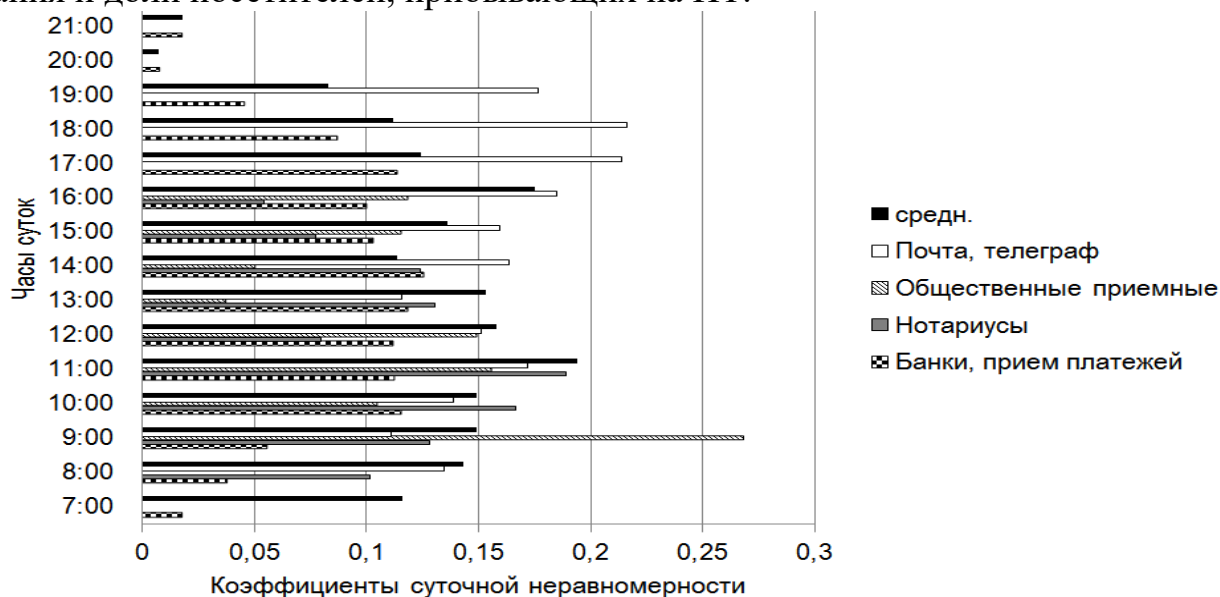


Рисунок 2 – Средние значения коэффициентов суточной неравномерности по укрупненной группе «Офисы»

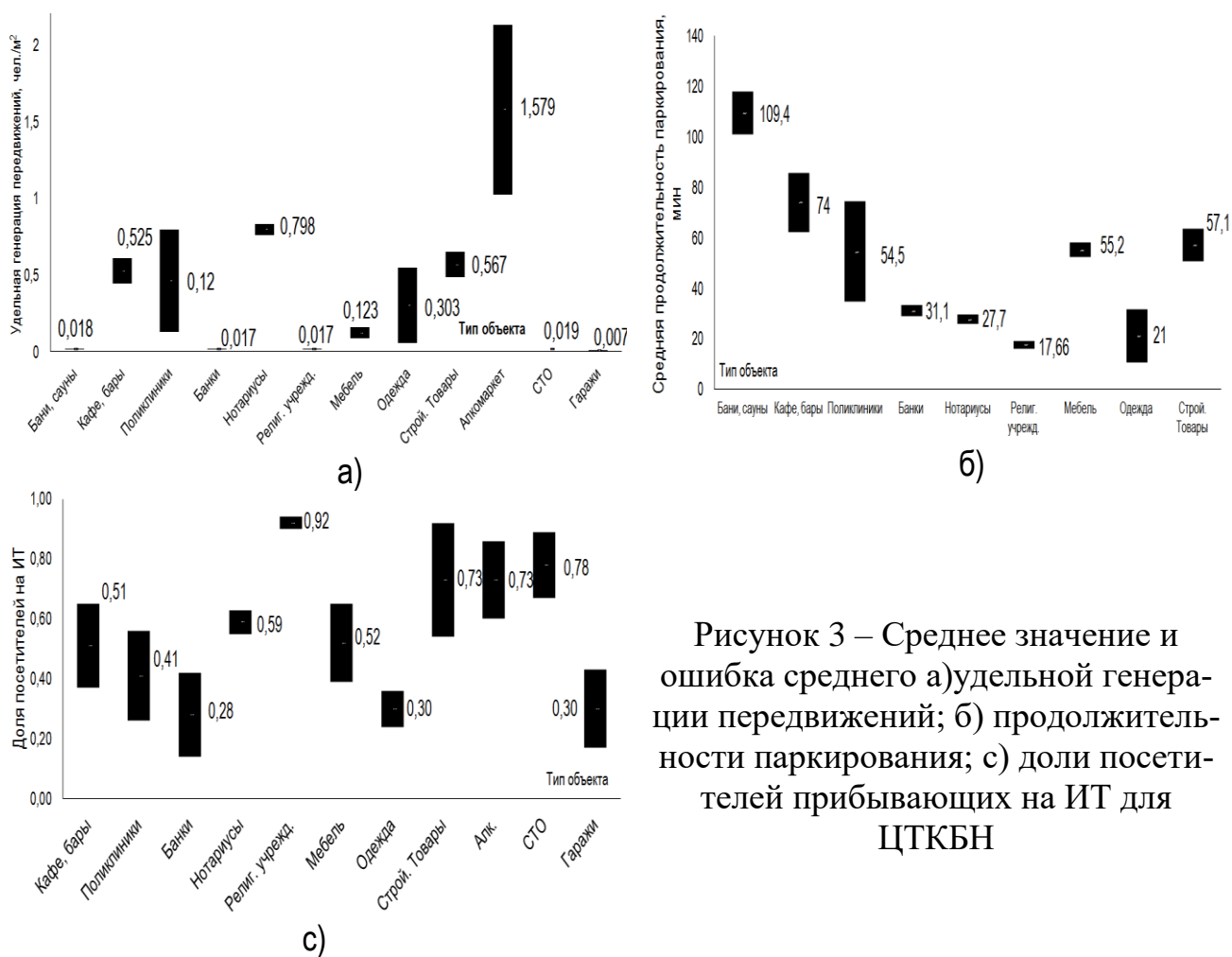


Рисунок 3 – Среднее значение и ошибка среднего а)удельной генерации передвижений; б) продолжительности парковки; в) доли посетителей прибывающих на ИТ для ЦТКБН

2. Регрессионные уравнения, отличающиеся от существующих уравнений, тем, что влияющие на транспортный спрос параметры не ограничиваются площадью центров тяготения, а включают так же: его удаленность от магистральной улицы и удаленность от центра города, число фи-

лиалов, число конкурентов в радиусе пешеходной доступности, среднее время передвижения к остановочному пункту, площадь прилегающей парковки, среднее время подхода к остановочному пункту.

Для выявления статистической значимости параметров, влияющих на число передвижений, по типам объектов тяготения был проведен регрессионный анализ. В регрессионном анализе рассматривалось три основных параметра: площадь объекта, удаленность от объекта до магистральной улицы, расстояние от объекта до центра города. Данные регрессионной статистики вносились в установленные формы (табл. 1).

Таблица 1 – Анализ данных по объектам типа «ФОКи»

Регрессионная статистика					
Коэффициент корреляции R		0,924864			
R-квадрат		0,855373			
Нормированный R-квадрат		0,823234			
Стандартная ошибка		104,1602			
Наблюдения		16			
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F		
			$F_{расч}$	$F_{95\%;14}$	
Регрессия	2	288750,1604	26,61454	4,6	
Остаток	9	10849,3397			
Итого	11	-			
t - статистика					
	Коэффициенты регрессии	t - статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;13}$	нижний	верхний
Y_6	164,0391	1,4002097	2,16	54,90402	273,1743
$X_1 (S, м^2)$	0,068259	6,874893547		0,045798	0,090719
$X_2 (l_M, м)$	-0,49361	-3,41915323		-0,82019	-0,16703
$E=0,07X_1-0,49X_2$					

В результате выполненных исследований и последующего регрессионно-корреляционного анализа установлено влияние основных параметров расположения ЦТКБН на транспортный спрос населения с учетом особенностей городов РФ.

Анализ укрупненных групп показал, что ЦТКБН, входящие эти группы могут значительно отличаться друг от друга по количественным характеристикам и режимам функционирования. Например, в укрупненную группу «Здравоохранение, спорт, культура, досуг» входят кинотеатры и бани/сауны, но при этом характер функционирования этих ЦТКБН отличается в значительной степени: среднее значение удельной генерации передвижений 0,12 и 0,017 чел./м² соответственно; среднее значение продолжительности парковки 76 и 94 мин. Уравнения регрессии, отражающие взаимосвязь транспортного спроса с параметрами городской территории можно установить на уровне типов ЦТКБН (табл. 2).

Для выявления наиболее значимых, типов ЦТКБН был проведен сравнительный анализ по генерирующей способности (рис. 4).

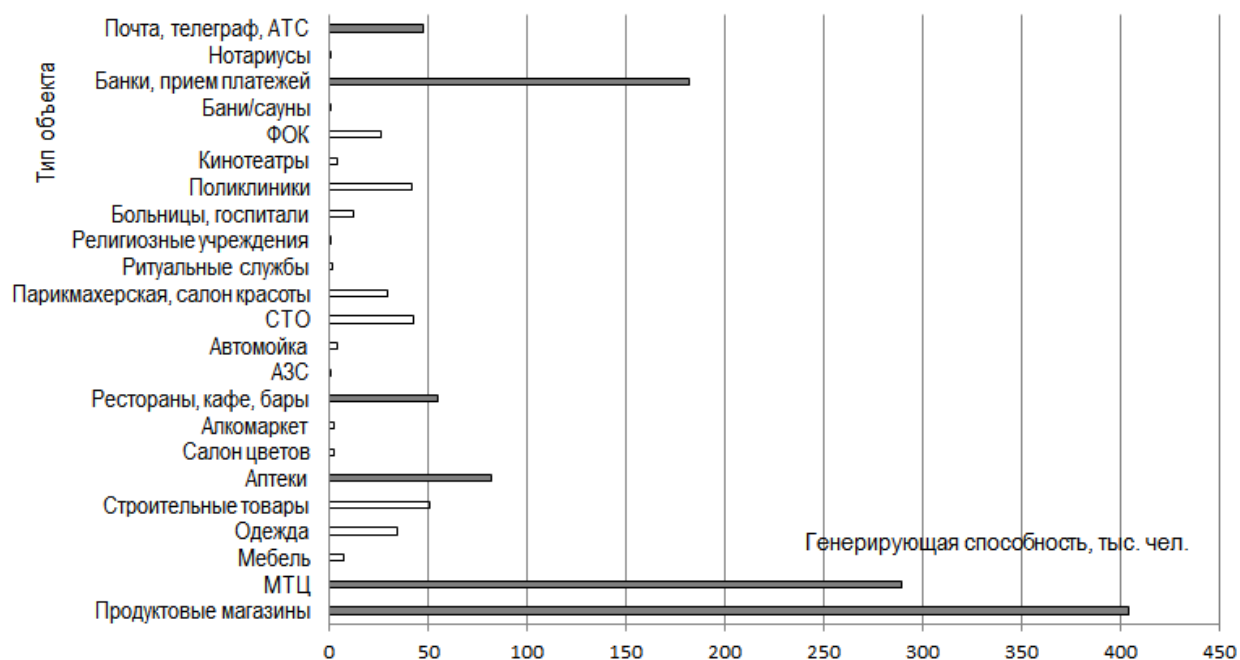


Рисунок 4 – Генерирующая способность ЦТКБН

Регрессионный анализ осуществлялся с использованием пакетов прикладных программ «Statistica» и Microsoft Excel. Уравнения регрессии оценивались наиболее распространенными критериями: R – множественный коэффициент корреляции; R^2 – скорректированный коэффициент детерминации; t – критерий Стьюдента; F – критерий Фишера – Снедекора.

Графическое отображение регрессионных уравнений показано на рисунке 5.

Таблица 2 – Уравнения регрессии для расчета числа передвижений

Тип объекта (код)	Уравнение	Доверительные интервалы
Кинотеатры (315)	$E = (3,32 \cdot S) - (48,09 \cdot l_M) - (3,36 \cdot l_C)$	$1149 \leq S \leq 5046$; $10 \leq l_M \leq 172$; $1115 \leq l_C \leq 2480$
ФОКи (319)	$E = (0,07 \cdot S) - (0,49 \cdot l_M)$	$300 \leq S \leq 5000$; $50 \leq l_M \leq 642$
Почта, телеграф (416)	$E = 493,87 - (1,73 \cdot S) - (0,31 \cdot l_M)$; $G = -0,84 + (0,002 \cdot S_p) + (0,24 \cdot P_d)$ $+ (0,04 \cdot \Delta_{tp})$	$70 \leq S \leq 150$; $50 \leq l_M \leq 520$; $167,57 \leq S_p \leq 536,46$; $0,41 \leq P_d \leq 3,29$; $17,72 \leq \Delta_{tp} \leq 66,55$
Продуктовые магазины (22)	$E = (1,23 \cdot S) + (0,01 \cdot l_C)$; $G = -1,49 + (0,23 \cdot \Delta_{tp}) + (0,0005 \cdot l_C)$	$32 \leq S \leq 3500$; $900 \leq l_C \leq 7769$; $17 \leq \Delta_{tp} \leq 51$
МТЦ (21)	$E = 0,73 \cdot S$	$270 \leq S \leq 50879$
Аптеки (211)	$G = -2,46 + (0,37 \cdot C) + (0,101 \cdot \Delta_{tp})$ $+ (0,04 \cdot N)$	$2 \leq C \leq 12$; $18 \leq \Delta_{tp} \leq 52$; $1 \leq N \leq 61$

* E – суточная генерация передвижений, чел./сут.; S – площадь объекта тяготения, м²; l_M – удаленность объекта тяготения от магистральной улицы, м; l_C – удаленность объекта тяготения от центра города, м; G – удельная генерация передвижений, совершенных к объекту за рассматриваемый период (сутки), чел./м²; C – число конкурентов, ед.; N – число филиалов, ед.; Δ_{tp} – среднее время передвижения, мин.; S_p – площадь парковки, м²; P_d – пешеходная доступность остановочного пункта, мин.

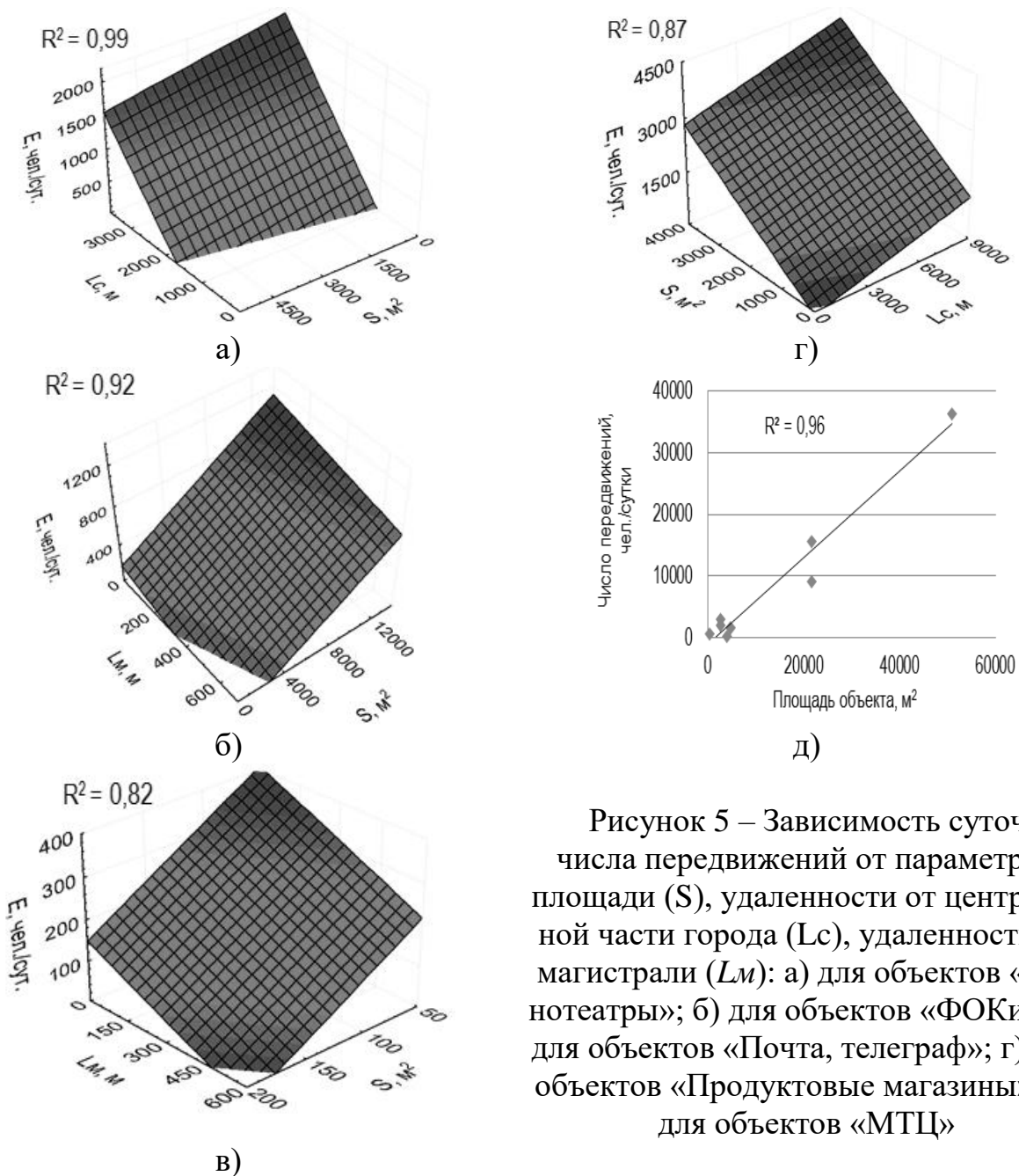


Рисунок 5 – Зависимость суточного числа передвижений от параметров площади (S), удаленности от центральной части города (Lc), удаленности от магистрали (Lm): а) для объектов «Кинотеатры»; б) для объектов «ФОКи», в) для объектов «Почта, телеграф»; г) для объектов «Продуктовые магазины»; д) для объектов «МТЦ»

3. Математическая модель прогнозирования интенсивности движения транспортных средств к ЦТКБН, отличающаяся от существующих моделей уточнением прогноза спроса на основе количественных характеристик рассматриваемых объектов и параметров их расположения на городской территории.

Одна из наиболее близких работ, посвященных оценке транспортного спроса, была выполнена Зедгенизовой А.Н., особенность работы заключается в сформулированной математической модели, позволяющей оценить транспортный спрос на уровне транспортных расчетных районов (ТРР). При этом транспортный спрос к ЦТКБН, расположенных в ТРР выявлялся на основании исключительно площади рассматриваемых объектов и числа передвижений к ним, такой подход при укрупненных расчётах на макроуровне показывает достаточно высокую сходимость. Однако, при расчетах на микроуровне, к отдельным ЦТКБН, таким как крупные торгово-развлекательные центры, супермаркеты и

т.п. возникает потребность в углубленных исследованиях параметров, влияющих на формирование транспортного спроса к этим объектам.

Все множество объектов тяготения городской территории было сведено в классификацию, которая является развитием классификации городских базовых функций Ромма А.П. ЦТКБН в классификации относятся к трем укрупненным группам объектов: «Торговля, общепит, сфера услуг», «Образование, здравоохранение, спорт, культура, досуг», «Офисы» – которые в совокупности содержат 22 типа объектов тяготения. Для полного и корректного описания ЦТКБН, необходимо расширить существующую классификацию базовых функций городской территории, по средствам включения в нее наиболее распространенных ЦТКБН (табл. 3).

Таблица 3 – Развитие классификации городских базовых функций Ромма А.П.

Торговля, общепит, сфера услуг (код 2)	Здравоохранение, спорт, культура, досуг (код 3)	Офисы (код 4)
Многофункциональные торговые центры (МТЦ) (21)	Больницы, госпитали (38)	Банки, прем платежей (41)
Продуктовые магазины (22)	Поликлиники (39)	Нотариусы (44)
Аптеки (211)	ФОКи (319)	Страхование (45)
Рестораны, кафе, бары (220)	Аквапарки (321)	Юр. консультации (46)
АЗС (222)	Кинотеатры (315)	Обществ. приемные (410)
СТО (224)	Театры (314)	Отделы соц. обесп.(412)

Совокупность количественных характеристик функционирования ЦТКБН и параметров их территориального позиционирования в результате преобразований может быть представлена в виде математической модели, позволяющей оценить транспортный спрос к ЦТКБН на ИТ, что в свою очередь позволит оценить потребное число мест для парковки и загрузку, прилегающей к объектам улично-дорожной сети (УДС):

$$N_{ИТ/час} = f(S, L_C, L_M) \cdot \frac{d_{ИТ}}{P_{ИТ}} \cdot k_{CH} \quad (7)$$

$$N_{ГИТ/час} = f(S_p, \Delta t_p, P_d, N, C) \cdot S \cdot \frac{d_{ИТ}}{P_{ИТ}} \cdot k_{CH} \quad (8)$$

где, S – площадь объекта, m^2 ; L_M – удаленность объекта тяготения от магистральной улицы, м; L_C – удаленность объекта тяготения от центра города, м., S_p – площадь парковки, m^2 ; Δt_p – среднее время передвижения, мин.; P_d – пешеходная доступность остановочного пункта, мин.; N – число филиалов, ед.; C – число конкурентов, ед. Представленные в модели параметры, за исключением площади объекта, применяются в таком сочетании впервые.

Расчет необходимого числа парковочных мест для рассматриваемого объекта производится по следующему выражению:

$$n_{парк} = \frac{E_{max\ час} \cdot d_{ИТ} \cdot P_{cp}}{P_{ИТi}} \quad (9)$$

где, $n_{парк}$ – число парковочных мест, ед.; $E_{max\ час}$ – число посетителей, прибывающих в час на который приходится коэффициент суточного максимума, чел./час.

4. Разработанная методика организации дорожного движения, в отличие от существующих методик основывается на оценке транспортного спроса, в которой применяется математическая модель прогнозирования интенсивности транспортных средств к ЦТКБН.

Резюмирующим результатом исследования является методика организации движения на основе оценки транспортного спроса. Схема оценки транспортного спроса, на основании которой осуществляется методика организации дорожного движения, при обслуживании ЦТКБН показана на рисунке 6. Методика включает восемь последовательных шагов, реализуемых за три основных этапа.

На первом этапе оценки транспортного спроса осуществляется выявление типа объекта тяготения и его территориальной позиции. На первом шаге выбирается тип объекта тяготения, если данные по выбранному типу в классификации отсутствуют, то дальнейший расчет проводится по укрупненной группе объектов, в которую он входит. На втором шаге методики выявляются параметры территориального позиционирования объекта тяготения – устанавливается занимаемая им площадь, удаленность от магистральной улицы и от центра города.

На втором этапе выявляется привлекательность объекта тяготения для посетителей, выраженная числом передвижений к ЦТКБН. На третьем шаге число передвижений рассчитывается с помощью уравнения регрессии по типу объекта (табл. 3). При отсутствии уравнения регрессии для рассматриваемого типа объекта, используются данные по среднему значению удельной генерации передвижений, рассматриваемого типа объекта (произведение среднего значения удельной генерации передвижений по типу объекта и его площади). При отсутствии среднего значения удельной генерации передвижений по типу, берется среднее значение данной характеристики по укрупненной группе. Пятым шагом следует расчет часовой генерации передвижений по средствам использования коэффициентов суточной неравномерности. Расчет производится по формуле 2.

На третьем этапе выполняется расчет частных параметров функционирования объекта тяготения. Шестым шагом следует расчет доли посетителей, прибывающих на ИТ (формула 3). Используя данные по среднему наполнению автомобилей для рассматриваемого типа объекта тяготения, на седьмом шаге производится расчет интенсивности прибывающих транспортных средств по формуле 7 или 8 в зависимости от имеющихся данных территориального расположения объекта. Рассчитанная интенсивность транспортных средств позволит произвести расчет необходимого числа парковочных мест, а так же загрузку запрашиваемого пересечения. Расчет необходимого числа парковочных мест к рассматриваемому объекту, выполняемый на восьмом шаге методики, производится по формуле 9. На третьем же этапе, параллельно шагам расчета частных параметров для ИТ следуют расчеты частных параметров, которые позволяют выявить долю посетителей, прибывающих без использования ИТ (формула 4), а также прогнозировать мощность инфраструктуры ОТ (пропускная способность остановочных пунктов, интервалы движения общественного транспорта, провозная способность маршрута и др.).

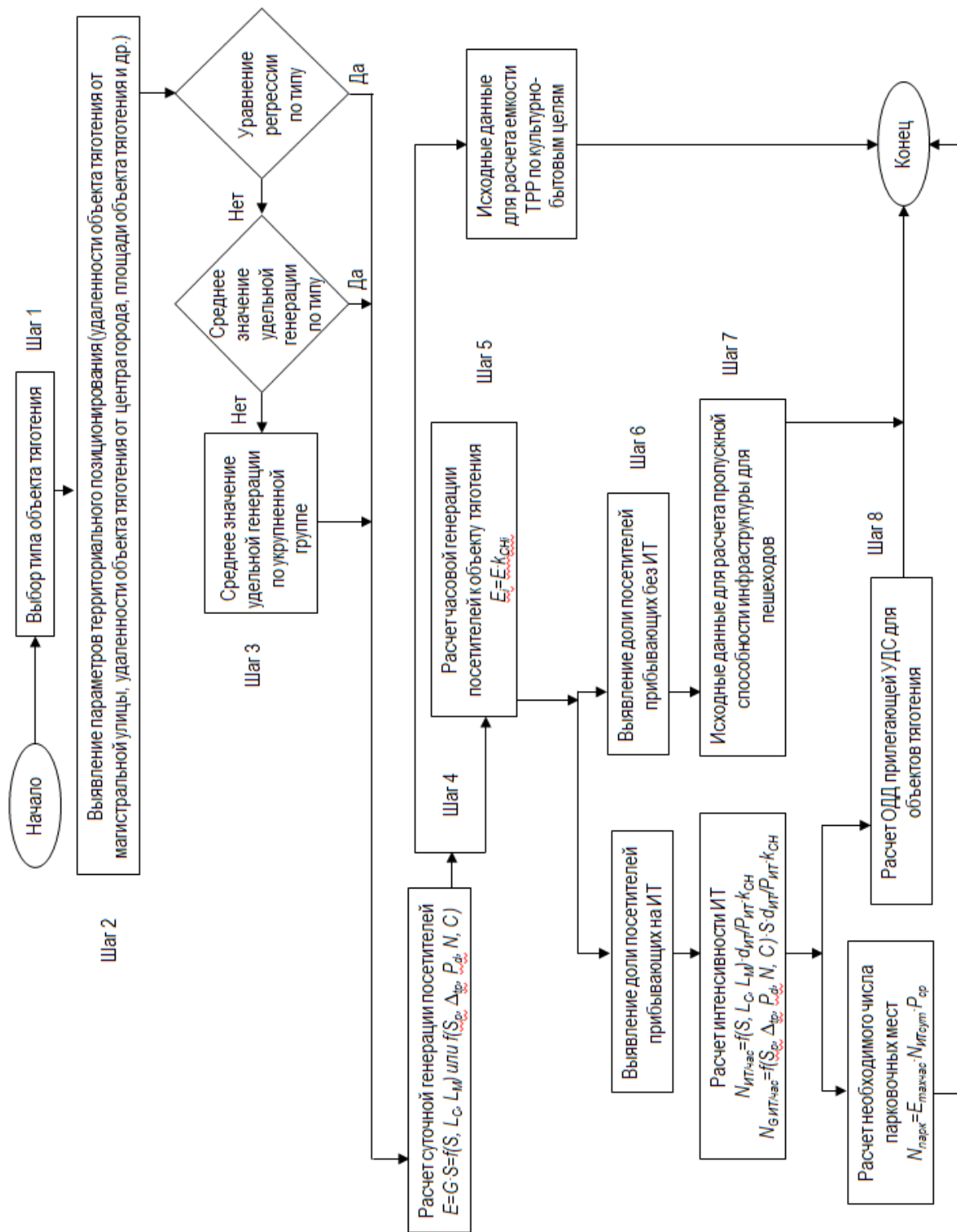


Рисунок 6 – Принципиальная схема оценки транспортного спроса к ЦТКБН

Наиболее значимым является 8-ой шаг методики, направленный на разработку организации дорожного движения. Его суть сводится к разработке ПОД на основе спрогнозированной интенсивности ИТ к ЦТКБН. При этом важно учесть особенности ОДД (число полос на второстепенных и главных подходах, ширину полос движения, радиусов кривых в плане, продольных уклонов) и др. факторов, используемых в данном виде проектирования. В случае, наличия нескольких пересечений, осуществляющих запитывание, рассматриваемого ЦТКБН, интенсивность ИТ следует разделить пропорционально интенсивности транспортного потока в главном направлении, которое в подавляющем большинстве случаев является транзитным. После расчета суточной генерации передвижений появляется возможность решения инженерной задачи на уровне макро-планирования, заключающейся в установлении емкости транспортных расчетных районов по культурно-бытовым целям.

Проведенная технико-экономическая проверка заключалась в сопоставлении трудоемкости и себестоимости оценки транспортного спроса по традиционному методу анкетного опроса с предлагаемой методикой. Кроме того, проводился сравнительный статистический анализ (рис. 7) фактического числа передвижений, которое генерирует рассматриваемый объект в течение суток со значениями, получаемыми при помощи предлагаемой методики.

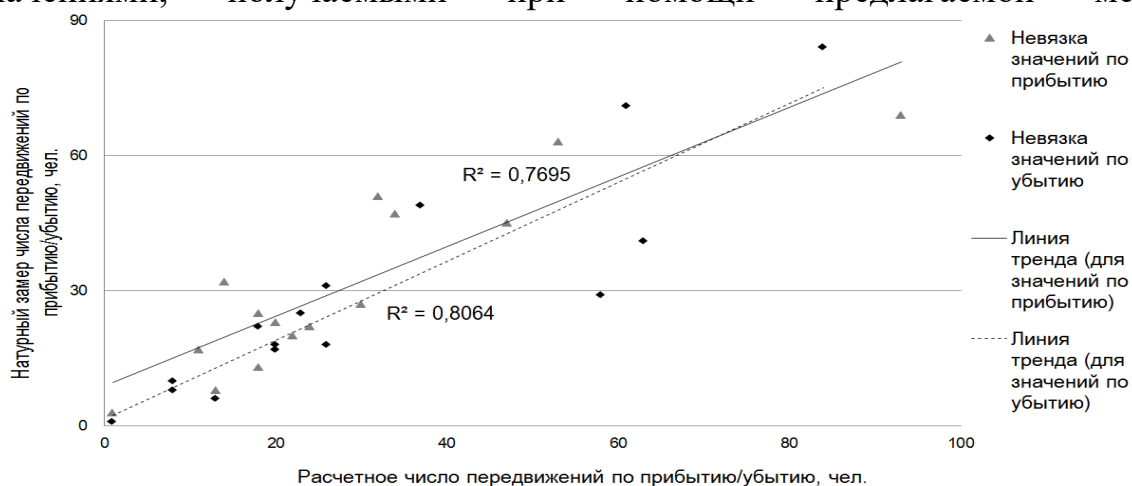


Рисунок 7 – Оценка невязок передвижений по прибытию/убытию по объекту типа «Кинотеатры» г. Иркутск

Основываясь на приведенных данных можно сделать ряд выводов, свидетельствующих о незначительном среднем отклонении по прибытию (7,3%) и убытию (4,8%). Кроме того, статистическая обработка данных показала достаточно высокие значения коэффициента множественной детерминации, как по прибывающим (0,77), так и по убывающим (0,81) посетителям.

Проведенное экономическое обоснование показывает, что методика оценки организации дорожного движения к ЦТКБН по параметрам их расположения на городской территории имеет меньшую трудоемкость 794,7 чел./час по сравнению с 4059 чел./час. Используя предложенную методику, финансовые затраты можно сократить на 80,1 %, (в 5,1 раза) по сравнению с традиционным анкетным методом. Статистическое сравнение также было получено для объектов городов Ангарска (тип объекта «Продуктовые магазины») и Красноярска (тип объекта «МТЦ») (рис. 8).

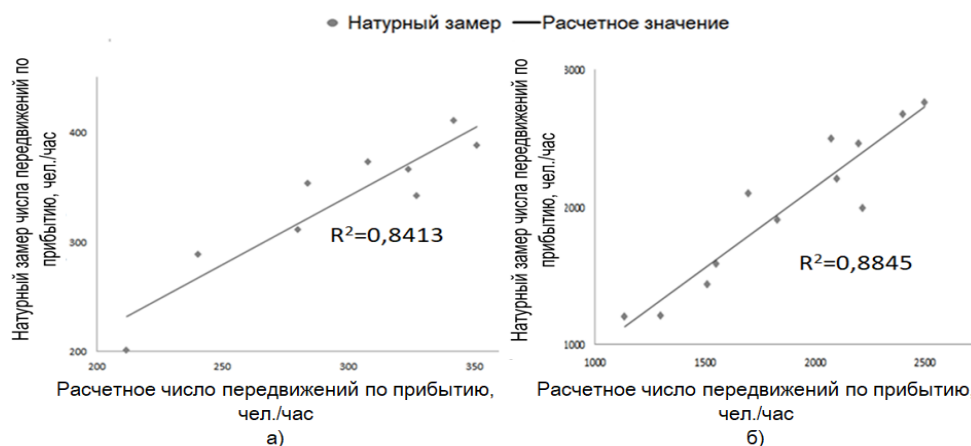


Рисунок 8 – Сравнение числа передвижений полученных натурными замерами и рассчитанных по методике для объектов а) г. Ангарск; б) г. Красноярск.

Из статистического сравнения видно, что невязка между натурными и расчетными значениями для объекта г. Ангарск (численность населения свыше 230 тыс. чел.) составляет 16%, а для г. Красноярск (численность населения свыше 1 млн. чел.) составляет 12%.

III ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

Диссертация является завершенным исследованием, содержащим решение задачи, направленной на совершенствование организации дорожного движения к ЦТКБН. По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1. Проведенные экспериментальные исследования ЦТКБН, позволили установить средние значения и вариационный размах основных количественных характеристик: удельная генерация передвижений для укрупненной группы «Торговля, общепит, сфера услуг» варьируется в пределах от 0,004 до 6,3 чел./м²; максимальное значение коэффициентов суточной неравномерности наблюдается в укрупненной группе «Офисы» и может достигать значения – 0,26; наибольший вариационный размах по характеристике продолжительность парковки имеют МТЦ в диапазоне от 20 до 200 мин.; наибольшее среднее наполнение ИТ наблюдается в укрупненной группе объектов «Здравоохранение, спорт, культура досуг» 2,6 чел.; среднее значение доли посетителей прибывающих на ИТ составило 0,51.

2. Полученные регрессионные уравнения, позволяют оценить транспортный спрос, выраженный числом передвижений к ЦТКБН по параметрам их расположения на городской территории. Точность уравнений регрессии подтверждается коэффициентом множественной детерминации, значение которого, в подавляющем большинстве уравнений, не ниже 0,8.

3 Разработанная математическая модель позволяет рассчитать интенсивности транспортных потоков, по параметрам расположения ЦТКБН на городской территории. Основным преимуществом модели является легкодоступные исходные данные, такие как площадь ЦТКБН его удаленность от центра города и магистральной улицы. При наличии данных о среднем времени передвижения и среднем времени подхода к остановочному пункту, площади парковки, числе филиалов и числе конкурентов в радиусе пешеходной доступности возможен расчет интенсивности транспортных потоков с более высокой точностью для объектов типа «Почта, телеграф», «Продуктовые магазины» и «Аптеки».

4. Разработана методика организации дорожного движения к ЦТКБН на основе параметров их расположения на городской территории, позволяет с наименьшими затратами и требуемой точностью (сходимость по прибытию 7,3%, по отправлению 4.8%) выполнять градостроительно-транспортные проекты КСОД и ПОД для крупных городов с численностью населения 250-1000 тыс.чел. Полученная методика позволяет оценивать функционирование ЦТКБН и их влияние на транспортную сеть города, а также рассчитать количество мест для парковки, число и пропускную способность подъездных путей, что несомненно позволит снизить накладные затраты на поездку и повысит качество транспортного обслуживания населения при посещении ЦТКБН.

5. Технико-экономическая оценка показывает высокую сходимость расчетных и натуральных значений ($R^2 = 0,77$), а так же позволяет снизить себестоимость получения исходных данных для прогнозирования транспортного спроса в 7,3 раз. Выполнена производственная проверка методики оценки транспортного спроса и прогнозирования интенсивности движения прилегающей УДС к ЦТКБН на базе профильной организации ООО «Дельта» г. Иркутск.

IV ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ:

– в изданиях из перечня ВАК РФ:

1. **Бурков Д.Г.**, Зедгенизов А.В. Оценка объема генерации корреспонденций к офисным зданиям в центральной части города // Вестник ИрГТУ, 2012. – № 12(71). – С. 162–166.

2. Зедгенизов А.В. **Бурков Д.Г.** Оценка объема генерации корреспонденций к оружейным магазинам в центральной части города // Вестник ИрГТУ, 2013.- № 4(75). – С. 102–106.

3. Зедгенизов А.В., **Бурков Д.Г.**, Корчева Д.В. Оценка транспортного спроса к объектам культурно-бытового назначения на примере развлекательного центра «Звездный» г. Иркутска // Вестник ИрГТУ, 2013.– № 11. – С. 201-205.

4. Зедгенизов А.В., **Бурков Д.Г.**, Зедгенизова А.Н. Оценка транспортного спроса к объектам культурно-бытового назначения на примере кинотеатра «Чайка» г. Иркутска // Вестник ИрГТУ, 2013. № 12. – С. 181–184.

5. **Бурков Д.Г.** Особенности оценки транспортного спроса по трудовым, культурно-бытовым и деловым передвижениям // Вестник ИрГТУ, 2015. – № 12. – С. 247–252.

6. **Бурков Д.Г.**, Казимиров А.О. Оценка транспортного спроса к объектам сервиса на примере салонов-парикмахерских г. Иркутска. // Вестник ИрГТУ, 2016. – № 9. – С. 162-167.

7. **Бурков Д.Г.**, Зедгенизов А.В. Математическое описание транспортного спроса, создаваемого объектами культурно-бытовой направленности. Вестник ИрГТУ, 2016.- ТОМ 20, № 12. – С. 193-202.

8. **Бурков Д.Г.** Методика оценки транспортного спроса к объектам культурно-бытовой направленности на основе количественных характеристик территорий. // Вестник ИрГТУ, 2017.- ТОМ 21, № 1. – С. 218-224.

9. Шаров М.И., Карелин Н.И., **Бурков Д.Г.** Результаты оценки транспортной доступности в г. Иркутске при передвижении по культурно-бытовым целям

на городском пассажирском транспорте. // Вестник ИрГТУ, 2017.- ТОМ 21, № 7. – С. 187-195.

10. Улсаханова Е.С., **Бурков Д.Г.**, Зедгенизов А.В. Оценка транспортного спроса к объектам розничной торговли на примере супермаркета «Слата». // Вестник ИрГТУ, 2017.- ТОМ 21, № 11. – С. 209-216.

11. Казимиров А.О., **Бурков Д.Г.** Прогнозирование интенсивности транспортных и пешеходных потоков к центрам массового тяготения на примере супермаркетов г. Иркутска. // Вестник ИрГТУ, 2018 -ТОМ 22, № 2. – С. 207-215.

– *в зарубежных изданиях, включенных в международные базы цитирования*

12. Anton Zedgenizov, **Dmitriy Burkov** Methods for the Traffic Demand Assessment Based on the Quantitative Characteristics of Urban Areas Functioning. 12th International Conference "Organization and Traffic Safety Management in large cities", SPbOTSIC-2016, 28-30 September 2016, St. Petersburg, Russia. Transportation Research Procedia 20 (2017) 724 – 730

– *в научных рецензируемых изданиях и сборниках трудов:*

13. **Бурков Д.Г.**, Зедгенизов А.В. Оценка объема генерации корреспонденций к аптекам г. Иркутска.// Авиамашиностроение и транспорт Сибири : сб. статей IV Всерос. науч.-техн. конф. (Иркутск, 10-11 апреля, 2014 г.). – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2014. – 420 с. – С. 254 – 259.

14. Корчева Д.В., **Бурков Д.Г.** Оценка транспортного спроса к медицинским учреждениям на примере поликлиник г. Иркутска // Авиамашиностроение и транспорт Сибири : сб. статей V Всерос. науч.-практ. конф. (г. Иркутск, 16-18 апреля, 2015 г.). – Иркутск : Изд-во ИРНТУ, 2015. – 380 с. – С. 213 – 219.

15. Иванов Д.Е., **Бурков Д.Г.**, Зедгенизов А.В. Оценка генерации корреспонденций на примере магазина алкогольной продукции «Морозов» г. Иркутск. // Международная науч.-практ. конф. «Архитектура, Строительство. Транспорт» – Омск: Полиграфический центр КАН. 2015. – 50-55 с.

16. **Бурков Д.Г.** Анализ влияния факторов городской территории на транспортный спрос к объектам культурно-бытовой направленности на примере кинотеатров. // Авиамашиностроение и транспорт Сибири : сб. статей VII Всерос. науч.-практ. конф. (г. Иркутск, 13-16 апреля, 2016 г.). – Иркутск : Изд-во ИРНТУ, 2016. – 438 с. – С. 97 – 100.

17. **Бурков Д.Г.** Особенности проведения натурных исследований при выявлении основных количественных характеристик объектов культурно-бытовой направленности. // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. Выпуск 8 – Брянск: Изд-во «Дизайн-Принт», №1 июнь- 2016 . -114 с. – С. 63 – 69.