



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт авиационного машиностроения и транспорта  
Кафедра Автомобильного транспорта

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института

\_\_\_\_\_ Р.Х. Ахатов  
(подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

### ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студенту группы ЛиМб-16-1  
Челпановой Ирине Александровне

**1 Тема работы** Исследование функционирования остановочных пунктов наземного городского пассажирского транспорта в центральной части г. Иркутска

Утверждена приказом по университету от 30.04.2020 г. № 794

**2 Срок представления студентом законченной работы в ГЭК** 19.06.2020 г.

**3 Исходные данные:** результаты обследования пассажирообмена на остановочных пунктах в центре Иркутска

**4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):**

Введение

1 Анализ параметров пассажирских потоков в центральной части Иркутска

2 Исследование влияния регулярности движения общественного транспорта на качество транспортного обслуживания населения и эффективность организации дорожного движения

3 Оценка экономической и социальной эффективности при повышении качества организации движения общественного транспорта на остановочных пунктах в центре г. Иркутска

4 Анализ условий движения общественного транспорта в центре г. Иркутска на установление перечня опасных и вредных факторов и условий труда работников, связанных с объектом, рассмотреть соответствующие средства защиты (СИЗ и СКЗ) с учетом современных действующих нормативных актов

5 Экологическая эффективность предлагаемых проектных решений по повышению качества организации движения общественного транспорта в центре г. Иркутска

Заключение


### 5 Перечень графического материала

Параметры пассажирских потоков в центральной части Иркутска	слайд	3
Результаты исследования влияния регулярности движения общественного транспорта на качество транспортного обслуживания населения и эффективность организации дорожного движения	слайд	3
Показатели социально-экономической эффективности повышения качества организации дорожного движения на остановочных пунктах	слайд	2
Результаты анализа условий безопасности дорожного движения	слайд	1

## 6 Консультанты по работе с указанием вопросов, подлежащих решению

Оценка эффективности  
проектных решений

«30» апреля 2020 г.

  
(подпись)

А.Б. Бутузова

Обеспечение безопасности  
проектных решений

«30» апреля 2020 г.

  
(подпись)

М.А. Максимова

### Календарный план

Раздел	Месяцы и недели												
	Апрель			Май				Июнь					
Введение													
Анализ параметров пассажирских потоков в центральной части Иркутска													
Исследование влияния регулярности движения общественного транспорта на качество транспортного обслуживания населения и эффективность организации дорожного движения													
Оценка экономической и социальной эффективности при повышении качества организации движения общественного транспорта на остановочных пунктах в центре г. Иркутска													
Анализ условий движения общественного транспорта в центре г. Иркутска на установление перечня опасных и вредных факторов и условий труда работников, связанных с объектом, рассмотреть соответствующие средства защиты (СИЗ и СКЗ) с учетом современных действующих нормативных актов													
Экологическая эффективность предлагаемых проектных решений по повышению качества организации движения общественного транспорта в центре г. Иркутска													
Заключение													
Список использованных источников													
Оформление работы													

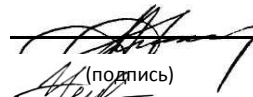
Дата выдачи задания «30» апреля 2020 г.

Руководитель работы

  
(подпись)

А.Г. Левашев

Заведующий кафедрой

  
(подпись)

А.И. Федотов

Задание принял к исполнению студент

  
(подпись)

И.А. Челпанова

План выполнен

(полностью, не полностью)

Руководитель работы «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

\_\_\_\_\_  
А.Г. Левашев

(подпись)

## Содержание

Введение.....	6
1 Характеристика объекта исследования.....	8
1.1 Понятие и определение маршрутной сети .....	8
1.2 Показатели маршрутной сети .....	15
1.3 Остановочные пункты, их виды и расчет пропускной способности.....	19
1.4 Характеристика маршрутной сети Иркутска .....	27
1.5 Цели и задачи исследования .....	31
2 Проектная часть.....	33
2.1 Описание объекта исследования, его основные характеристики и процедура проведения наблюдения .....	33
2.2 Расчет пропускной способности ОП.....	38
2.2.1 Расчет среднего времени обслуживания .....	38
2.2.2 Расчет доли зеленого сигнала светофора .....	41
2.2.3 Расчет времени освобождения ОП.....	44
2.2.4 Расчет коэффициента вероятности образования очереди .....	46
2.2.5 Расчет количества остановочных мест .....	47
2.3 Расчет загрузки ОП.....	51
2.5 Регрессионный анализ.....	59
2.6 Изменение маршрутной сети.....	64
3 Экономика.....	69
3.1 Экономические издержки существующей маршрутной сети .....	69
3.2 Экономические издержки проектной маршрутной сети .....	73
3.3 Экономический эффект от предлагаемых мероприятий .....	74
4 Безопасность жизнедеятельности.....	76
4.1 Системный анализ вредных и опасных производственных факторов ...	76
4.2 Производственная санитария.....	79



4.2.1. Эргономические нормы.....	79
4.2.2 Микроклимат рабочей зоны.....	82
4.2.3 Освещенность рабочей зоны.....	84
4.2.4 Электромагнитное излучение .....	89
4.2.5 Шум .....	90
4.2.6 Электрический ток.....	91
4.3 Техника безопасности.....	91
4.4 Чрезвычайные ситуации.....	92
5 Экология.....	97
5.1 Влияние загрязняющих веществ на окружающую среду .....	97
5.2 Расчет количества загрязняющих веществ в отработавших газах автомобилей в транспортном потоке .....	97
5.3 Расчёт вредных выбросов в зоне регулируемого перекрестка.....	101
Заключение .....	109
Список использованных источников .....	110
Приложение А .....	113

## Введение

Общественный транспорт является важнейшей составляющей нормального функционирования городской жизни. Ежедневно горожане совершают поездки различного характера – культурно-бытовые, личные, деловые, но чаще всего рабочие и учебные. В том числе в Иркутске – утренние и вечернее время является самым напряженным для транспортной сети города.

Остановочные пункт является местом скопления людей для совершения поездки на общественном транспорте. От того, как он устроен, какие маршруты через него проходят, с какой скоростью происходит обслуживание зависит качество и уровень предоставляемых услуг. Пассажирский транспорт является наиболее доступным видом передвижения, поэтому проблемы, связанные с его работой, актуальны в настоящее время и будут актуальны в будущем.

Для разрешения данной проблемы необходимо совершенствовать методы оценки работы пассажирского транспорта. В данной работе выполняется исследование функционирования остановочных пунктов с помощью натуральных методов сбора данных, проводится формирование методики обработки данных и получения результатов.

Целью данной работы является оценка качества обслуживания населения общественным транспортом за счет определения пропускной способности остановочных пунктов в центральной части г. Иркутска.

Объектом исследования являются остановочные пункты. Предметом исследования – пропускная способность и уровень обслуживания.

Основные задачи исследования:

- 1) исследовать параметры функционирования остановочных пунктов и инфраструктуры общественного транспорта;

- 2) разработать методику оценки показателей эффективности маршрутной сети;
- 3) определить уровень обслуживания населения;
- 4) предложить мероприятия по повышению качества и уровня обслуживания.

Результатами выполнения работы стали расчеты пропускной способности, оценка уровня обслуживания. Также проведен анализ изменения маршрутной сети города, оценена его эффективность и экономический эффект.

## 1 Характеристика объекта исследования

### 1.1 Понятие и определение маршрутной сети

Маршрутная сеть - совокупность маршрутов регулярных перевозок, предназначенных для осуществления перевозок пассажиров и багажа по расписаниям путей следования транспортных средств от начального остановочного пункта через промежуточные остановочные пункты до конечного остановочного пункта, которые определены в установленном порядке для конкретного транспортного предприятия, группы предприятий, или зоны транспортного обслуживания. [1]

Городская транспортная сеть состоит из маршрутных сетей отдельных видов пассажирского транспорта общего пользования. Из существующих основных видов городского пассажирского транспорта (метро, трамвай, троллейбус, автобус) автобус является наиболее распространенным, а во многих городах и единственным видом транспорта. Использование того или другого вида городского пассажирского транспорта зависит прежде всего от его провозной способности и себестоимости перевозок. В крупных городах целесообразно применять все виды городского транспорта, координируя и распределяя работу между ними в соответствии с его наиболее рациональным применением. [2]

Автобус осуществляет короткие поездки в центре города по многим направлениям, совпадающим с линиями метро, трамвая, троллейбуса, для увеличения полноты маршрутных связей. Автобусная линия может обслужить до 7 тыс. пас./ч при одной ленте движения и до 10 тыс. пас./ч при параллельном движении и многоместных автобусах. В крупных городах сети отдельных видов пассажирского транспорта связаны между собой и обеспечивают прямую связь всех крупных пунктов скопления

пассажирам, увязывая внутригородскую сеть с линиями пригородного сообщения. Транспортная сеть организуется с расчетом возможности замены отдельных направлений в часы пик и при непредвиденных образованиях крупных пассажиропотоков. [2]

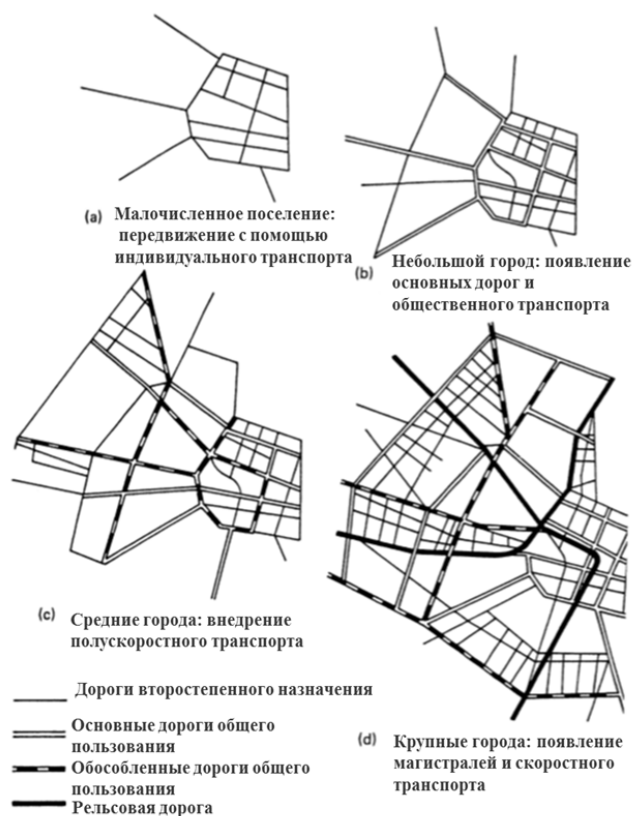


Рисунок 1.1 – Развитие транспортной системы с ростом населения города

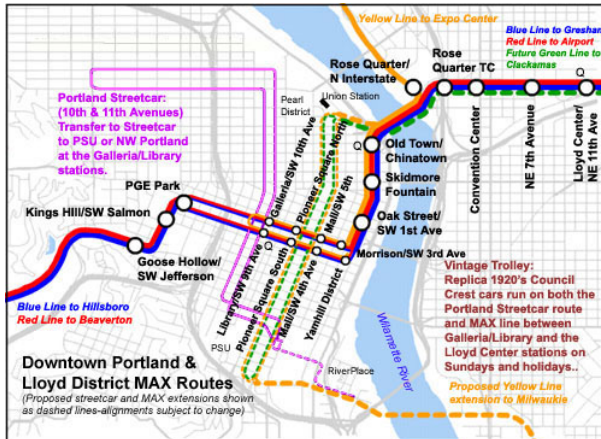
Большинство городов исторически образуется из небольших поселений, с каждым годом прирастая новыми жителями. Если в небольшом городе для передвижений чаще используют ходьбу пешком, езду на велосипеде и личные автомобили, то с ростом площади города и населения появляется общественный транспорт, остановочные пункты и пересадочные узлы. Дороги, которые раньше были местными проездами, становятся

центральными улицами, или даже магистралями. Происходит не только расширение ширины дорожного полотна, но и изменение функций отдельно взятой улицы, её наполнения и скоростных показателей. Таким образом, центральная часть города берет на себя большую роль по организации передвижений горожан. Центральная часть города становится не только местом притяжения по культурно-бытовым целям, но и деловым центром, сосредотачивая большое количество мест приложения труда, а также пропуская транзитные потоки. На рисунке 1.1 представлена схема роста города от малого поселения до мегаполиса, сопровождаемая появлением новых дорог и ростом транспортной системы. [3]

В данной дипломной работе будет рассмотрена маршрутная сеть Иркутска именно в центральной части города, так как в этом месте она является наиболее загруженной и требующей изменений в ближайшее время, так как уровень загрузки достигает пиковых значений. Для рассмотрения предлагаются маршрутные схемы центральных частей городов, схожих по количеству населения с Иркутском, расположенных в разных частях мира (рисунок 1.2).

На пути к формированию сбалансированной транспортной системы, где доминирует общественный транспорт и пешеходные сообщения, а заторы становятся не нормой, а исключением из правил, города должны применять два набора политических мер:

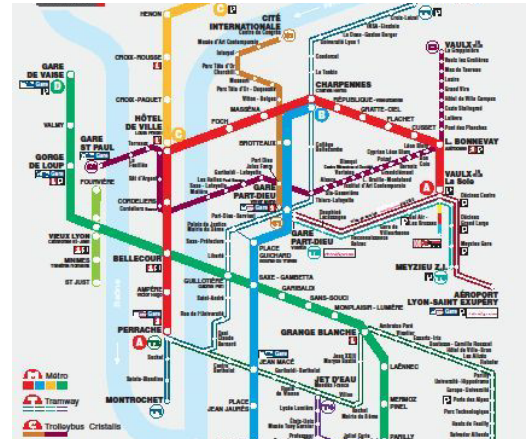
- содействие (стимулирование, поощрение) использования общественного транспорта за счет улучшения качества массовых перевозок, в частности – обеспечения независимости работы маршрутов и линий общественного транспорта от уровня загрузки улично-дорожной сети;
- противодействие (уменьшение привлекательности, антистимулирование) автомобильным поездкам посредством регулятивных, ценовых и планировочных мер. [4]



Портленд, штат Орегон, США

Население: 653 115 чел

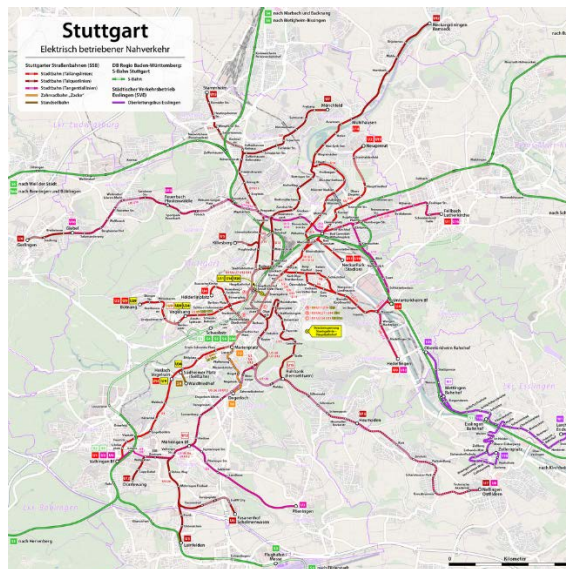
Площадь: 376,5 км<sup>2</sup>



Лион, Франция

Население: 506 615 чел.

Площадь: 47,87 км<sup>2</sup>



Штутгарт, Германия

Население: 634 830 чел.

Площадь: 207,33 км<sup>2</sup>



Хельсинки, Финляндия

Население: 643 272 чел.

Площадь: 415,48 км<sup>2</sup>

Рисунок 1.2 – Сравнительная характеристика маршрутных сетей городов, схожих по численности населения с Иркутском [5]

Меры, стимулирующие использование общественного транспорта, – это не только улучшение качества его услуг, но и создание условий для максимального удобства и привлекательности пешеходных передвижений, активизация которых – неременный спутник уменьшения доли автомобильных поездок в структуре городских сообщений. Этот структурный сдвиг будет особенно ощутимым, если меры содействия использованию общественного транспорта реализуются в комплексе с мерами антистимулирования автомобильных поездок. [4]

В последние десятилетия стало очевидным, что для большинства крупных городов необходим тот или иной вид общественного транспорта, занимающий промежуточное место между метрополитенами и «уличными» автобусными маршрутами. Такой «промежуточный» вид транспорта обязан располагать правом преимущественного проезда с приоритетной фазой светофорного регулирования на перекрестках. Для его сооружения требуется в 3–5 раз меньшие инвестиции, чем для метрополитенов, а обеспечивает он значительно более высокий уровень обслуживания, чем «уличные» автобусные маршруты. [4]

Роль таких «промежуточных» видов общественного транспорта наиболее успешно играют системы LRT (здесь и далее – light rail transit – легкорельсовый транспорт), известные также под названиями «легкое метро» или Stadtbahn в Германии (рисунок 1.3). В последние десятилетия системы LRT были построены примерно в 100 городах мира. В большинстве случаев LRT представляли собой продвинутые варианты традиционных трамвайных линий. В них предусматривалось обособленные низкошумные путевые конструкции, трассированные по осевой линии городских улиц, и сочлененные комфортные вагоны большой вместимости. В центральной части города линии LRT могли иметь небольшие тоннельные участки, а также участки, проходящие через пешеходные зоны. [4]





Рисунок 1.3 – Система городской скоростной рельсовой дороги  
Stadtbahn в Германии [6]

В последние годы во многих городах мира, особенно в развивающихся странах (Бразилия, Мексика, Китай), были введены в эксплуатацию системы автобусных и троллейбусных маршрутов, трассированные на всем своем протяжении исключительно по обособленным полосам. Эти системы скоростных автобусных перевозок (их сокращенное название BRT (здесь и далее – bus rapid transit – скоростной автобус) стало теперь общепринятым) отличаются от LRT меньшей капиталоемкостью, но более высокими эксплуатационными затратами, обусловленными большей трудоемкостью: водитель в системе BRT управляет автобусом с номинальной вместимостью 80 -140 пассажиро-мест, в то время как в LRT—поездом, рассчитанным на 250– 750 пассажиро-мест. С другой стороны, сооружение BRT требует меньше времени, чем строительство LRT: примеры Боготы (Колумбия) (рисунок 1.4), Пекина (Китай) и Ахмадабада (Индия) показывают, что время, необходимое для появления систем BRT, в самом деле весьма невелико. Эксплуатационные показатели BRT (скорость сообщения и регулярность движения) во многом

зависят от работы местной полиции по обеспечению условий приоритетного проезда. К сожалению, во многих городах полиция работает чрезвычайно неэффективно. [4]

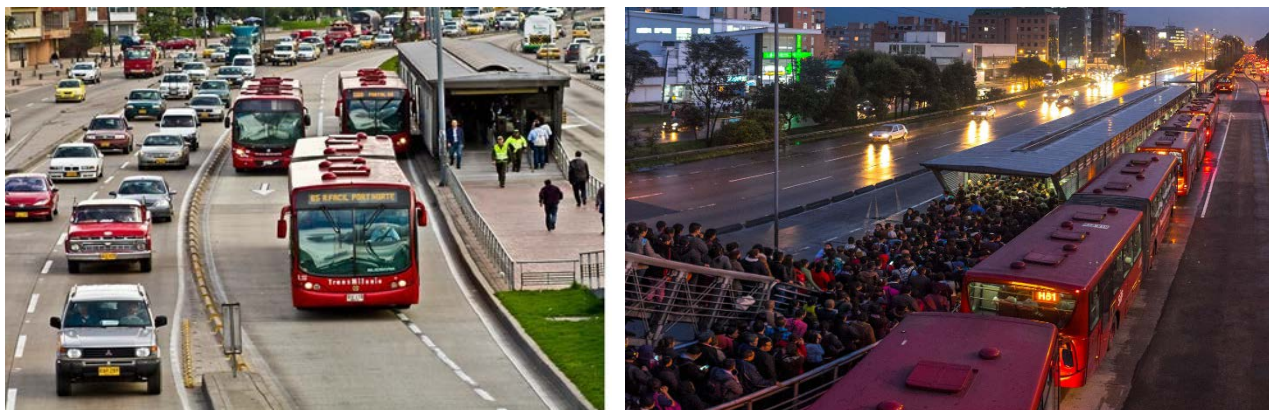


Рисунок 1.4 – Система скоростного автобуса (BRT) в Боготе, Колумбия

Перечень мер транспортной политики, направленных на улучшение условий движения и предотвращение хронических заторов на улично-дорожной сети, всегда связан с неизбежными ограничениями спроса и должен включать следующие пункты:

- применение современных методов организации движения в целях наиболее эффективного использования наличных ресурсов улично-дорожной сети;
- реконструкцию пересечений в одном уровне, являющихся узкими местами с позиций системной пропускной способности улично-дорожной сети в целом;
- организацию одностороннего движения на всех участках сети, где эта мера будет способствовать повышению системной пропускной способности;
- введение жестко регулируемого парковочного режима, в первую очередь на улицах, где припаркованные автомобили снижают их пропускную способность;

- предоставление преимуществ в движении вагонам общественного транспорта (в частности, трамваям и троллейбусам), в том числе: обособление путевых конструкций, выделение обособленных полос, предоставление приоритетной зеленой фазы на пересечениях в одном уровне;
- введение парковочных тарифов с прогрессивной почасовой ставкой, направленных на значительное увеличение платы за долгосрочную стоянку. Данная мера избавляет город от необходимости активного сооружения многоэтажных паркингов, особенно в городском центре;
- введение норм, обязывающих каждого автовладельца обзавестись узаконенным парковочным лотом по месту жительства;
- введение на улицах в жилой застройке ограничений по скорости движения и сквозному проезду;
- преобразование в пешеходные зоны улиц со значительным пешеходным движением и хроническими заторами;
- введение платы за пользование отдельными участками улично-дорожной сети. Эту меру следует считать весьма эффективным и, возможно, единственным реальным способом предотвращения заторов в Москве и других крупных городах России. [7]

## 1.2 Показатели маршрутной сети

Протяженность маршрутной сети ( $L_m$ ) определяется суммой длин всех маршрутов. Этот абсолютный показатель также не свидетельствует о достаточности маршрутов и степени удобства пользования ими. [7]

Одним из сложных вопросов проектирования является определение необходимого числа маршрутов. Число маршрутов зависит от протяженности, плотности и конфигурации транспортной сети, так как для более развитой транспортной сети требуется большее число маршрутов. [7]

В городах с рассредоточенными местами жительства и местами постоянной работы и отдыха маршрутов требуется больше, чем в городах такого же размера с концентрированным размещением жилых районов и мест приложения труда. [7]

Общее число маршрутов в системе должно находиться в соответствии с количеством подвижного состава, работающего на ней. при увеличении числа маршрутов интервалы движения, а следовательно, и время ожидания транспортных средств будут увеличиваться. [7]

Разветвленность маршрутной сети. оценкой степени разветвленности и достаточности числа маршрутов является маршрутный коэффициент, который определяется отношением протяженности маршрутной сети к протяженности транспортной сети:

$$\mu = \frac{L_M}{L_C}, \quad (1.1)$$

где  $\mu$  — маршрутный коэффициент. [7]

Ориентировочное количество маршрутов может быть определено по формуле:

$$n_M = \frac{L_C \mu}{l_{cp}}, \quad (1.2)$$

где  $L_C$  — протяженность транспортной сети, км;

$l_{cp}$  — средняя протяженность маршрута, км. [7]

Средняя протяженность маршрута определяется размерами города и средней дальностью поездки пассажиров. анализ существующих маршрутных систем показал, что средняя длина маршрута составляет:

$$l_{cp} = (3 \div 4)L_{cp}, \quad (1.3)$$

где  $L_{cp}$  — средняя дальность поездки пассажира, км. Величина определяется ориентировочно по таблице 1.1. [7]

Таблица 1.1. – Средняя протяженность маршрута

Население, тыс.чел.	Площадь города, км <sup>2</sup>	Средняя дальность поездки пассажира, км	Средняя протяженность маршрута, км
1000-3000	100-300	3,0-4,5	9,0-18,0
3000-1000	30-100	2,15-3,0	6,0-12,0
100-300	10-30	1,75-2,15	5,0-8,0

Рациональность начертания и трассировки маршрутов оценивается коэффициентом непрямолинейности по формуле:

$$\rho = \frac{l_m}{l_o}, \quad (1.4)$$

где  $l_m$  — расстояние между конечными пунктами маршрута по транспортной сети, км;

$l_o$  — расстояние между конечными пунктами маршрута по воздушной линии, км. [7]

Средний коэффициент непрямолинейности для всей маршрутной системы определяется по формуле: [7]

$$\rho_{cp} = \frac{\sum \rho_i l_{mi}}{\sum l_{mi}}, \quad (1.5)$$

Каждый отдельный маршрут может иметь более высокие коэффициенты непрямолинейности, чем в среднем по городу, в зависимости от планировки улично-дорожной сети. Например, в условиях прямоугольной системы улично-дорожной сети наибольшее значение этого коэффициента составит 1,42, большее значение может быть вызвано либо нарушением принципа прокладки по кратчайшему направлению, либо расчлененностью плана города реками, железной дорогой, оврагами и необходимостью объезда препятствий. [7]

Максимальная длина маршрута определяется размерами территории города, степенью его компактности, размещением объектов тяготения. Минимальная длина маршрута определяется дальностью пешеходного пути за время, равное 30 мин., т. е. 2,0–2,5 км. Маршруты меньшей протяженности проектировать не рекомендуется. [7]

Для различных видов транспорта рекомендуется различная плотность. Чем выше капиталовложения и провозная способность, тем ниже рекомендуемая плотность транспортной сети:

автобус — 1,5–2,5 км/км<sup>2</sup>;

троллейбус — 1,0–2,0 км/км<sup>2</sup>;

трамвай — 0,5–1,5 км/км<sup>2</sup>. [7]

Также рекомендуемые значения плотности транспортной сети разнятся в зависимости от количества населения города (таблица 1.2). [4]

Таблица 1.2 – Рекомендуемые значения плотности транспортной сети

Население, тыс.чел.	500-1000	250-500	100-250	50-100
Оптимальная плотность транспортной сети, км/км <sup>2</sup>	2,3-2,6	2,0-2,3	1,7-2,0	1,4-1,6

Также транспортную и маршрутные сети можно охарактеризовать по плотности (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Классификация транспортных сетей по плотности

Группа городов	Степень плотности транспортных сетей	Значение плотности, $\delta$
I	Очень малая	До 1,05
II	Малая	1,05-1,50
III	Умеренная	1,50-1,90
IV	Плотные	1,90-2,25
V	Очень плотные	2,25-2,50
VI	Исключительно плотные	Более 2,50

### 1.3 Остановочные пункты, их виды и расчет пропускной способности

Под остановочным пунктом понимается специально отведенное место, где автобус (общественный транспорт - ОТ) останавливается с целью посадки и высадки пассажиров. Наиболее распространенным типом остановочного пункта является остановочный пункт, размещенный вдоль обочины проезжей части. В этом случае остановочный пункт может быть размещен на правой крайней полосе движения, так что следующий за уже остановившимся автобус не сможет обогнать последнего (on-line). С другой стороны, остановочный пункт может быть размещен в специальном «кармане», так что другие автобусы смогут обогнать остановившийся автобус беспрепятственно (of-line). Такие типы остановочных пунктов представлены на рисунке 1.5. [8]

Положение ряда остановочных пунктов определяется размещением главных фокусов тяготения населения (промпредприятия, центр города,

административные, хозяйственные, культурно- просветительные и прочие объекты). [7]

Расстояние между остановочными пунктами пассажирского общественного транспорта в пределах города и других населенных пунктов следует принимать для автобуса, троллейбуса и трамвая 400–600 м, для экспресс-автобуса, экспресс-троллейбуса и экспресс-трамвая — 800–1200 м, для метрополитена — 1000– 2000 м, для городской электрички — 1500–2000 м. [7]

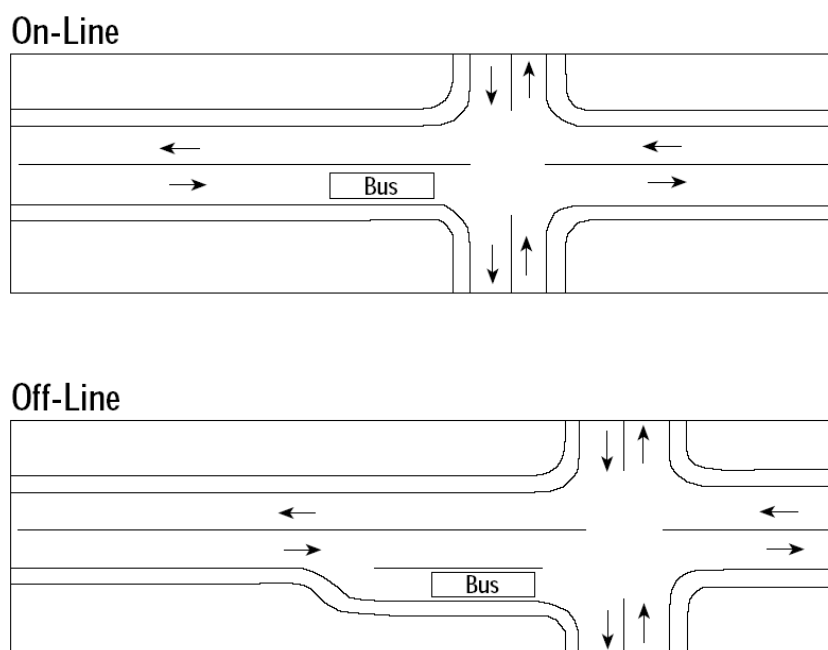


Рисунок 1.5 – Типы остановочных пунктов

Протяженность (дальность) пешеходных подходов до ближайших остановок общественного транспорта от входов в жилые дома или на объекты приложения труда следует принимать не более 500 м. в районах застройки индивидуальными жилыми домами дальность пешеходных подходов до ближайшей остановки общественного транспорта может быть увеличена: в



городах с населением свыше 250 тыс. чел. — до 600 м, в остальных населенных пунктах — до 800 м. [7]

В общегородском центре дальность пешеходных подходов от объектов массового посещения до ближайшей остановки общественного транспорта должна быть не более 250 м, в производственных и коммунальных зонах — не более 400 м от проходных предприятий, в зонах массового отдыха и спорта (кроме стадионов и дворцов спорта) — не более 800 м от главного входа. [7]

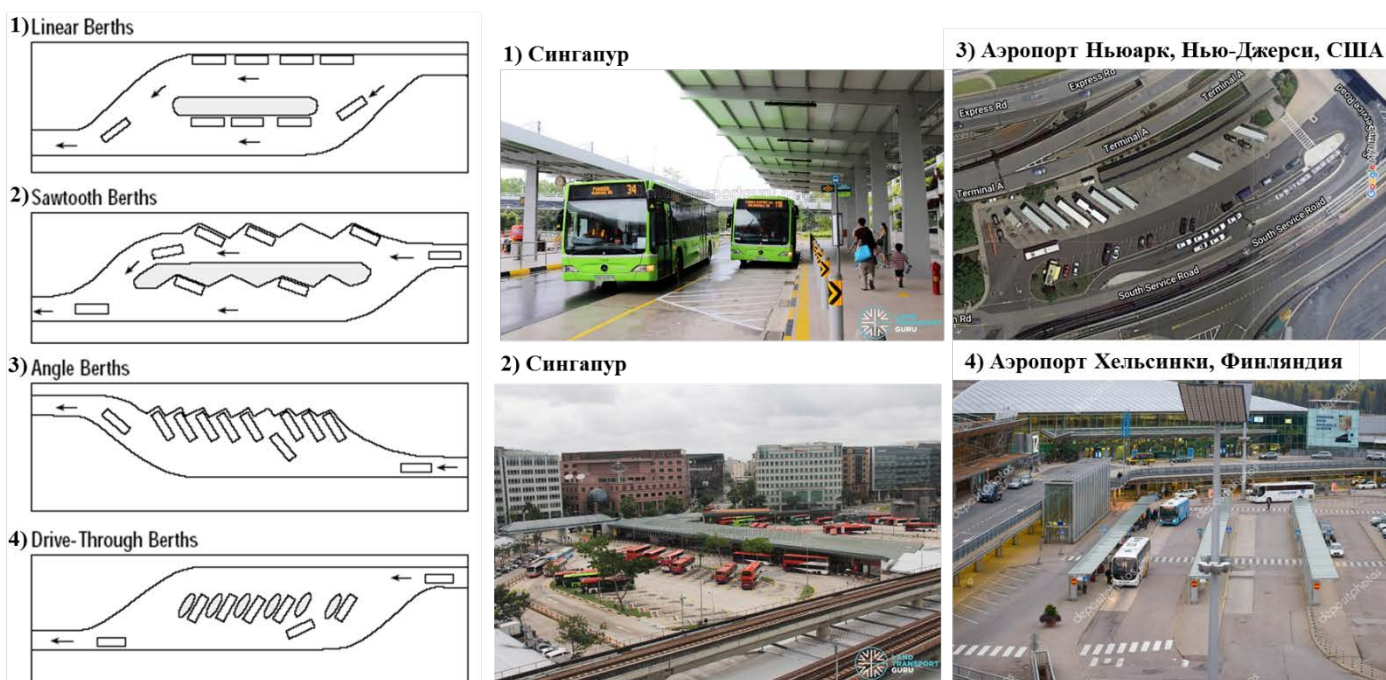


Рисунок 1.6 – Варианты геометрических форм остановочных пунктов

Форма остановочного пункта в местах большого скопления автобусов (чаще на конечных пунктах движения автобусов) может иметь не только линейную форму построения остановочных мест, но и другие формы. Например, остановочные места могут быть выстроены под углом, в виде зубьев пилы, со сквозным проездом. При построении остановочных мест под углом каждое остановочное место предназначено лишь для одного

транспортного средства. Для того чтобы выехать из остановочного места такой формы автобус вынужден сначала выехать назад. При построении остановочных мест со сквозным проездом остановочный пункт может обслуживать большое количество автобусов. Наиболее удобным является размещение остановочных мест в виде зубьев пилы, когда автобусы въезжать и выезжать могут независимо друг от друга (рисунок 1.6). [8]

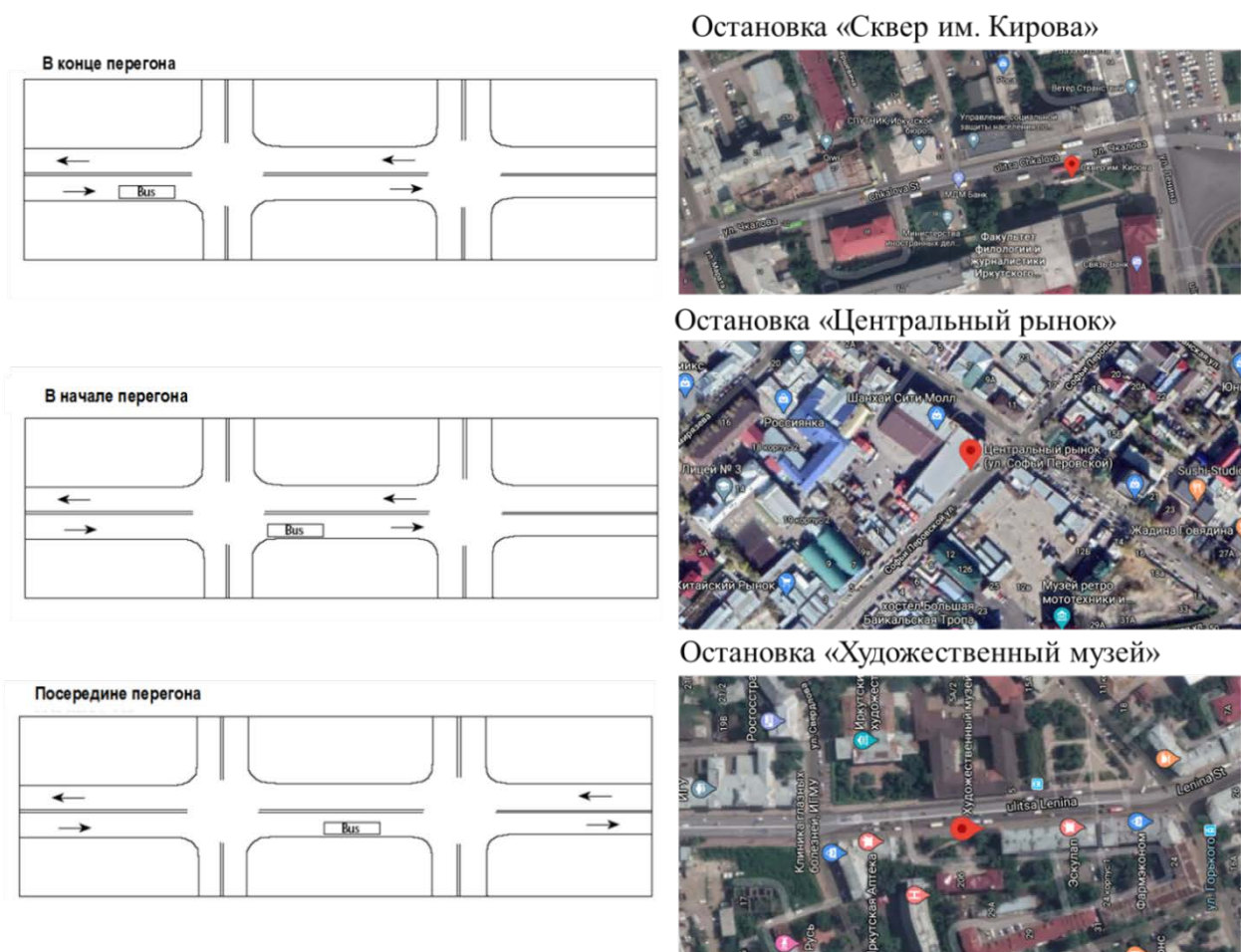


Рисунок 1.7 – Расположение остановочных пунктов на участке УДС

Еще одной характеристикой уличных остановочных пунктов является их место расположение на улично-дорожной сети. Существует три типа такого расположения: в конце перегона (возле пересечения), в начале перегона (сразу

после пересечения, т.е. когда автобус находится максимально далеко от следующего по направлению движения пересечения), и посередине перегона (рисунок 1.7). Каждый их перечисленных типов имеет свои преимущества и свои недостатки. Так, например, расположение остановочного пункта в конце перегона позволяет минимизировать отрицательное влияние правоповоротных потоков на движение общественного транспорта. [8]

Одним из наиболее важных параметров, влияющих на пропускную способность остановочного места, является время пребывания транспортного средства (автобуса) на остановочном пункте, в течение которого осуществляется погрузка и разгрузка пассажиров. Такое время называется временем обслуживания на остановочном пункте и определяется по формуле:

$$t_d = P_a t_a + P_b t_b + t_{oc} \quad (1.6)$$

где  $P_a, b$  – количество пассажиров, соответственно входящих и выходящих через наиболее загруженную дверь в автобусе в пиковый период;  
 $t_a, b$  – время, затрачиваемое соответственно одним выходящим и одним входящим пассажиром, с/пасс.;

$t_{oc}$  – суммарное время открытия и закрытия дверей, с. [8]

Время обслуживания на остановочном пункте может быть определено в результате измерений параметров, входящих в формулу (1.6) или в результате измерения среднего значения непосредственно самого времени обслуживания на рассматриваемом остановочном пункте. [8]

Еще один параметр, который влияет на пропускную способность остановочного места, является время освобождения остановочного пункта автобусом после обслуживания. Этот параметр состоит из времени, требуемого транспортному средству для начала движения и проезда собственной длины (7 – 10 с), а также из времени, которое необходимо

транспортному средству (автобусу) для въезда в поток (только для случая размещения остановочного пункта в кармане). Время для начала движения и проезда собственной длины обычно составляет 7 – 10 с. Время для въезда в поток определяется в зависимости от величины интенсивности движения транспортных средств по правой крайней полосе движения (таблица 1.4). [8]

Таблица 1.4- Время вхождения автобуса в поток в зависимости от интенсивности движения на крайней правой полосе движения

Интенсивность движения по полосе, авт./час	Время вхождения автобуса в транспортный поток, с
100	0
200	1
300	2
400	3
500	4
600	5
700	7
800	9
900	11
1000	14

Важнейший показатель работы остановочного пункта – его пропускная способность. Первым шагом определения пропускной способности остановочного пункта является определение пропускной способности одного остановочного места по формуле:

$$B_{bb} = \frac{3600 \cdot \left(\frac{g}{C}\right)}{t_c + \left(\frac{g}{C}\right) \cdot t_d + z_a \cdot c_v \cdot t_d} \quad (1.7)$$

где  $B_{bb}$  – пропускная способность одного остановочного места, ед./ч;

$g$  – длительность зеленого сигнала, с;

$C$  – длительность цикла регулирования, с;

$t_c$  – время освобождения остановочного пункта, с;

$t_d$  – время обслуживания на остановочном пункте, с;

$z_a$  – коэффициент, показывающий вероятность роста очереди перед остановочным пунктом;

$c_v$  – коэффициент вариации для величины времени обслуживания на остановочном пункте. [8]

Следующим шагом является определение пропускной способности самого остановочного пункта по формуле:

$$B_s = N_{eb} \cdot B_{bb} = N_{eb} \cdot \frac{3600 \cdot \left(\frac{g}{C}\right)}{t_c + \left(\frac{g}{C}\right) \cdot t_d + z_a \cdot c_v \cdot t_d} \quad (1.8)$$

где  $B_s$  – пропускная способность остановочного пункта, ед./ч;

$N_{eb}$  – эффективное количество остановочных мест на остановочном пункте. [8]

Следует отметить, что при увеличении количества остановочных мест на остановочном пункте (при линейной форме расположения остановочных мест) значение пропускной способности не увеличивается пропорционально. Помехи из-за маневров автобусов при их въезде и выезде с остановочных мест, расположенных рядом, снижают эффективную пропускную способность

последних. Для этого вводится дополнительный параметр  $N_{об}$  (таблица 1.5).  
[8]

Таблица 1.5 - Эффективное количество остановочных мест при линейно форме расположения

Фактическое количество мест	На полосе движения		В остановочном кармане	
	Эффективность, %	Эффективное количество мест	Эффективность, %	Эффективное количество мест
1	100	1,00	100	1,00
2	85	1,85	85	1,85
3	60	2,45	75	2,60
4	20	2,65	65	3,25
5	5	2,70	50	3,75

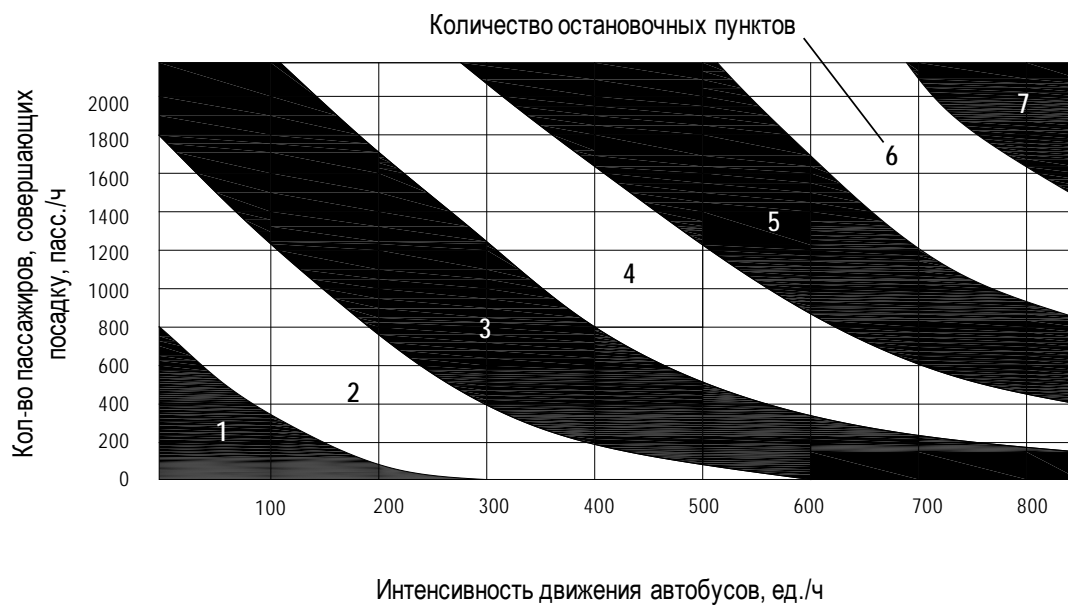


Рисунок 1.8 – Диаграмма определения необходимого количества остановочных пунктов

В случае, когда количество необходимых остановочных мест превышает 3, рекомендуется использовать нелинейную форму расположения остановочных мест на остановочном пункте. Также рекомендуется разносить остановочный пункт на несколько пунктов меньшего размера. Основным принципом такого разделения представлен на рисунке 1.8. [8]

Кроме того, остановочный пункт может быть разделен на несколько, если потоки общественного транспорта можно разделить на группы (например, по направлению или по типу транспортного средства). [8]

#### 1.4 Характеристика маршрутной сети Иркутска

Основой для проектирования транспортной системы является план города. На потребность в транспорте оказывают влияние планировочные факторы. Анализ плана города начинается с изучения и описания его величины, численности населения и площади освоенной территории. [7]

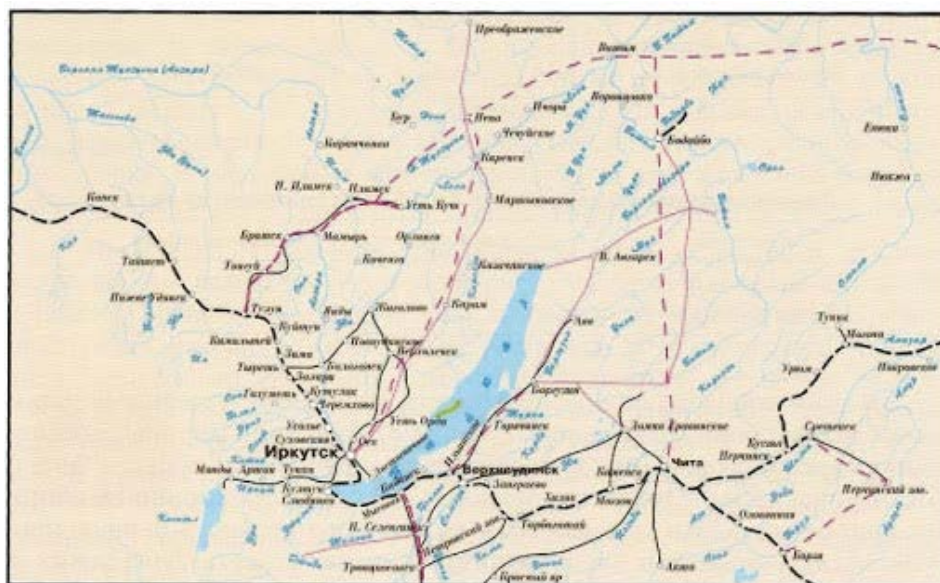


Рисунок 1.9 – Транспортный пути, проходящие через Иркутск



Город Иркутск находится на расстоянии 5042 километра от Москвы и расположен на берегах реки Ангары. Расстояние до ближайшего расположения озера Байкал – 63 километра. Территория города занимает 277 км<sup>2</sup>. [9]

Иркутск основан как острог в 1661 году на правом берегу Ангары, в 1686 году ему присвоен статус города, с 1764 года – центр Иркутской губернии. Иркутск находится на пересечении транспортных путей, связывающих запад и восток России, а также Россию с Китаем и Монголией. Через Иркутск проходит Транссибирская железнодорожная магистраль и федеральная автострада М-55 Москва-Владивосток. Международный аэропорт Иркутска является важным пунктом промежуточной посадки на авиалиниях, соединяющих аэропорты Юго-Восточной Азии и Дальнего Востока с европейской частью России и со странами СНГ (рисунок 1.9). [9]

В городе насчитывается четыре административных округа – Правобережный, Октябрьский, Свердловский и Ленинский (рисунок 1.10). [9]



Рисунок 1.10 – Деление Иркутска на административные округа



Иркутск сегодня – это крупный административный, промышленный, торговый, культурный и научный центр Восточной Сибири. Национальный состав населения города разнообразен и составляет свыше 120 национальностей. По состоянию на 2010 год, 92% этнического состава территории – русские. [9]

По состоянию на 2019 год, население города насчитывает 623 тыс. человек, а население агломерации – около 1,1 млн человек. Основной естественной преградой является река Ангара, разделяющая город на правобережную и левобережную части. Также при строительстве Иркутской ГЭС, с 1960-х в городе образовано Иркутское водохранилище, которое также затрудняет передвижение между различными частями города. Основные искусственные преграды – железнодорожная и автомобильные дороги.

Таблица 1.6 - Распределение автомобильного парка муниципального образования по годам выпуска

Показатели	Годы выпуска			Итого
	2008-2017	1998-2007	1997 и раньше	
Легковые автомобили	35,7	36,2	28,1	100,0
Легкие грузовики	28,5	33,4	38,1	100,0
Тяжелые грузовики	33,4	15,9	50,8	100,0
Автобусы	20,1	37,2	42,7	100,0

Преграды образуют сложности в передвижении. В первую очередь это связано с пешеходным и велосипедным движением. Для связи между берегами построены мосты – Глазковский, Академический и плотина ГЭС, а также Иркутский и Иннокентьевский. Нагрузка на все эти сооружения довольно высока, а в пиковые часы передвижения населения максимальна, образуя заторы на дорогах и аварийные ситуации.

На территории городского округа Иркутск зарегистрировано 188,9 тыс. автотранспортных средств. Наибольшую долю автотранспортных средств составляют легковые автомобили (77,9%). Порядка 92,9 % легковых автомобилей принадлежат физическим лицам. Уровень автомобилизации населения составляет 288,8 автомобиля на 1000 чел. [9]

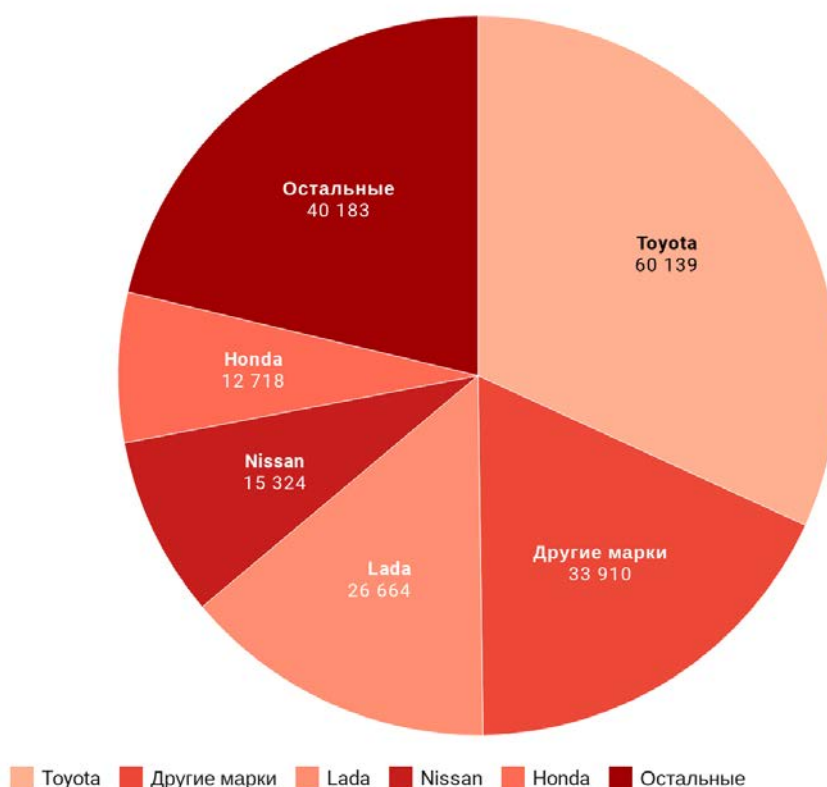


Рисунок 1.7 - Структура парка легковых автомобилей по маркам

Парк грузовых автомобилей городского округа составляет 51,9 тыс. автомобилей, из них 27,8 тыс. – легкие грузовики, 24,0 тыс. – тяжелые грузовики. В собственности физических лиц сосредоточено 73% легких грузовиков и 37% тяжелых. [9]

Парк автобусов составляет 3,3 тыс. В собственности физических лиц сосредоточено 37,2% автобусов. Распределение автомобильного парка муниципального образования по годам выпуска представлено в таблице 1.6.

В структуре легкового парка (рисунок 1.7) преобладают автомобили марки Toyota (32%). В структуре парка легких грузовиков наибольший удельный вес занимают автомобили следующих марок: Тойота (22%), Уаз (19%), Газ (17%). Среди тяжелых грузовиков преобладают марки Камаз (25%), Газ (16%), Зил (15%). В структуре парка автобусов. наибольшую долю занимают автобусы следующих марок: Паз (33%) и Кавз (19%).

### 1.5 Цели и задачи исследования

Основной функцией маршрутной сети общественного транспорта является обслуживание населения для поддержания функционирования жизни населенного пункта. При этом общественный транспорт должен быть доступным и комфортным, соблюдать регулярность следования и иметь необходимую скорость сообщения. В связи с этим сформулирована цель исследования: оценка качества обслуживания населения общественным транспортом на основе определения пропускной способности остановочных пунктов в центральной части г. Иркутска

Также для достижения поставленной цели определены основные задачи работы:

- 1) исследовать параметры функционирования остановочных пунктов и инфраструктуры общественного транспорта;

- 2) разработать методику оценки показателей эффективности маршрутной сети;
- 3) определить уровень обслуживания населения;
- 4) предложить мероприятия по повышению качества и уровня обслуживания общественным транспортом.

## 2 Проектная часть

### 2.1 Описание объекта исследования, его основные характеристики и процедура проведения наблюдения

В качестве объекта исследования рассматриваются 69 остановочных пунктов (ОП), расположенных в центральной части г. Иркутск (рисунок 2.1).

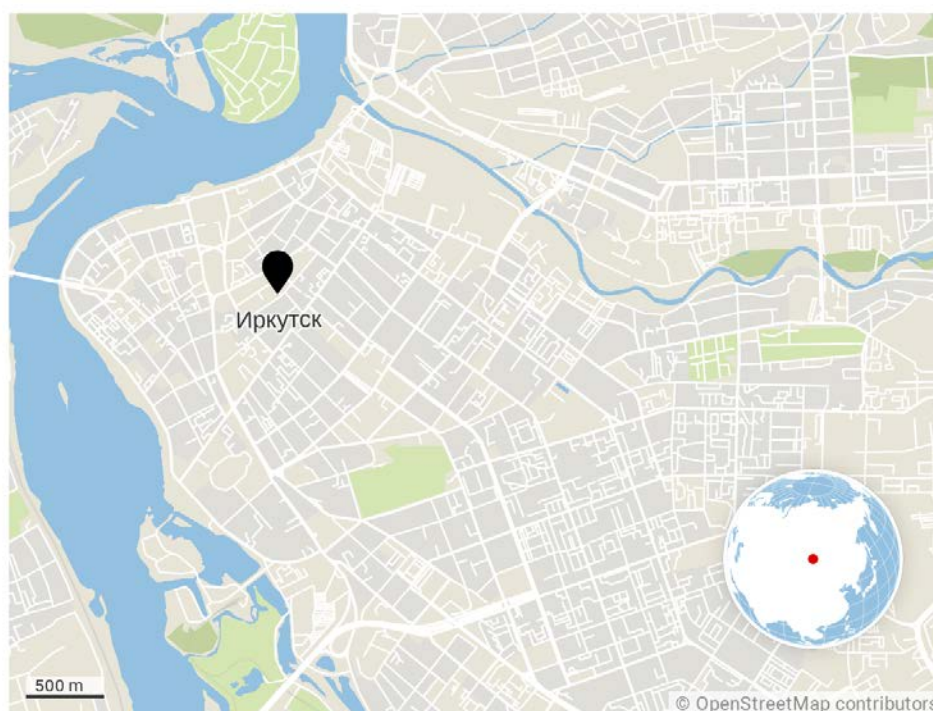


Рисунок 2.1 – Территория проводимого исследования

Проведение обследования предполагает учёт приезжающих единиц общественного транспорта (ОТ), их номера маршрута и типа подвижного состава, подсчет вышедших и вошедших пассажиров, фиксацию времени приезда и времени отъезда. Все данные записываются на видео- или аудио-формат. Замеры производятся дважды в день для каждой остановки – в



Тип транспортного средства выбирается с учетом наиболее распространенных вариантов подвижного состава в городе. Учитывается длина ТС, а также его вместимость. Данные для определения типа ТС представлены в таблице 2.1, а также на рисунке 2.3

Таблица 2.1 – Типы ТС, их вместимость и длина кузова

Тип ТС	Название	Вместимость, пасс	Длина, м
1	Особо малый	10-15	5,5
2	Малый	16-25	7,5
3	Средний	26-35	9
4	Большой	36-45	12

Также, при наблюдении фиксируется интенсивность транспортных средств, проезжающий по полосе, на которой расположена остановка и/или на которую общественный транспорт выезжает из остановочного кармана. Данное наблюдение производится до времени основного наблюдения – утром с 7:45 до 8:00, вечером с 17:15 до 17:30. Данные фиксируются на видео. Далее видеоматериал обрабатывается при помощи таблиц excel, где ведется подсчет каждого проехавшего транспортного средства в зависимости от его назначения (всего предполагается использование 9 типов ТС). В результате обработки подсчитывается часовая интенсивность ТС в физических и приведенных единицах (рисунок 2.4).

Главное меню	Направление	Коэффициенты приведения ТС									Результаты анализа			Направление							
		№	Наименование	Типы ТС									Интервал времени, с	Интенсивность, авт./ч		1		2		3	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9		физ.ед.	прив.ед.	Тип ТС	Время, с	Тип ТС	Время, с	Тип ТС	Время, с
Анализ видео		1	118	36	1	17	4	24	0	7	0	901,64	826	994	1	2,1					
Статистика		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5,95					
Интенсивность		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7,58					
Сброс		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12,6					
		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	19					
		6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	25,5					
		7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	32,8					
		8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	41,2					
		9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	57,8					
		10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	69,1					
		11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	76,3					
		12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	78,2					
		13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	80,4					
		14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	84,3					
		15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	86,8					
		16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	87,5					
		17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	90,3					
		18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	92,5					
		19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	96					
		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	99					
		21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100					
		22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	103					
		23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	104					
		24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	107					
		25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	111					

Рисунок 2.4 – Таблица для подсчета интенсивности ТС на дорожной полосе, прилегающей к ОП

Таким образом, каждый ОП имеет два набора данных – для утреннего и вечернего времени. Далее данные со всех остановок сводятся в единую таблицу (рисунок 2.5).

1	Название остановки	Номер маршрута	Маршрут	Время прибытия	Время отправления	Время стоянки (среднее) (td)	Вошедшие	Вышедшие	Тип ТС	утро/веч	конечная/не конечная	ID
233	Экономическая академия	20	Аэропорт - Ж.Д вокзал - аэропорт	17:36:17	17:36:30	0:00:13	0	1	2	вечер	не конечная	228
234	Экономическая академия	371	Ангарск-Иркутск-Ангарск	17:42:10	17:42:28	0:00:18	0	1	3	вечер	не конечная	228
235	Экономическая академия	20	Аэропорт - Ж.Д вокзал - аэропорт	17:45:20	17:45:42	0:00:22	0	1	2	вечер	не конечная	228
236	Экономическая академия	20	Аэропорт - Ж.Д вокзал - аэропорт	17:46:25	17:46:30	0:00:05	1	0	2	вечер	не конечная	228
237	Экономическая академия	426	современии-гостиница ангара-современии	17:53:05	17:53:29	0:00:24	3	1	2	вечер	не конечная	228
238	Экономическая академия	20	Аэропорт - Ж.Д вокзал - аэропорт	17:56:10	17:56:27	0:00:17	1	0	2	вечер	не конечная	228
239	Экономическая академия	372	Ангарск-Иркутск-Ангарск	17:57:40	17:58:03	0:00:23	2	0	3	вечер	не конечная	228
240	Экономическая академия	371	Ангарск-Иркутск-Ангарск	17:58:11	17:58:37	0:00:26	5	1	3	вечер	не конечная	228
241	Экономическая академия	20	Аэропорт - Ж.Д вокзал - аэропорт	17:59:42	18:00:06	0:00:24	0	1	2	вечер	не конечная	228
242	<b>Экономическая академия</b>	<b>ИТОГО</b>		<b>0:02:52</b>	<b>0:02:52</b>	<b>0:00:20</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>вечер</b>	<b>не конечная</b>	<b>228</b>
243	Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	6	Центральный рынок → Нефтебаза	7:46:12	8:05:54	0:19:42	8	6	4	утро	конечная	317
244	Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	333	г. Иркутск (Ц.Рынок) → г. Шелехов (Бонус)	8:00:26	8:08:49	0:08:23	0	12	2	утро	конечная	317
245	Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	33	Ц.Рынок → ст. Батарейная	8:03:23	8:20:14	0:16:51	2	5	3	утро	конечная	317
246	Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	6	Центральный рынок → Нефтебаза	8:06:34	8:22:02	0:15:28	4	7	4	утро	конечная	317
247	Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	333	г. Иркутск (Ц.Рынок) → г. Шелехов (Бонус)	8:08:35	8:20:05	0:11:30	1	10	2	утро	конечная	317
248	Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	333	г. Иркутск (Ц.Рынок) → г. Шелехов (Бонус)	8:15:56	8:28:38	0:12:42	2	9	2	утро	конечная	317
249	Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	33	Ц.Рынок → ст. Батарейная	8:23:31	8:37:56	0:14:25	4	2	3	утро	конечная	317
250	<b>Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)</b>	<b>ИТОГО</b>		<b>0:06:13</b>	<b>0:05:20</b>	<b>0:14:09</b>	<b>21</b>	<b>51</b>	<b>7</b>	<b>утро</b>	<b>конечная</b>	<b>317</b>
251	Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	29	Ц.Рынок → пос. Горького	17:26:15	17:44:36	0:18:21	7	3	3	вечер	конечная	317
252	Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	39	Ц.Рынок → пос. Горка	17:26:15	17:36:58	0:10:43	4	5	3	вечер	конечная	317
253	Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	6	Центральный рынок → Нефтебаза	17:30:43	17:44:52	0:14:09	6	4	4	вечер	конечная	317
254	Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	333	г. Иркутск (Ц.Рынок) → г. Шелехов (Бонус)	17:37:18	17:46:03	0:08:45	8	2	2	вечер	конечная	317
255	Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	333	г. Иркутск (Ц.Рынок) → г. Шелехов (Бонус)	17:44:45	17:57:21	0:12:36	9	4	2	вечер	конечная	317

Рисунок 2.5 – Сводная таблица по всем ОП



В таблице фиксируются все показатели остановки – название и номер маршрута, утренние и вечерние значения времени приезда и отъезда, количества вошедших вышедших пассажиров, времени приезда и отъезда, тип ТС, является ли ОП конечным или нет. Дополнительно каждой остановке присваивается свой уникальный номер ID, для более удобной дальнейшей работы в других программных продуктах.

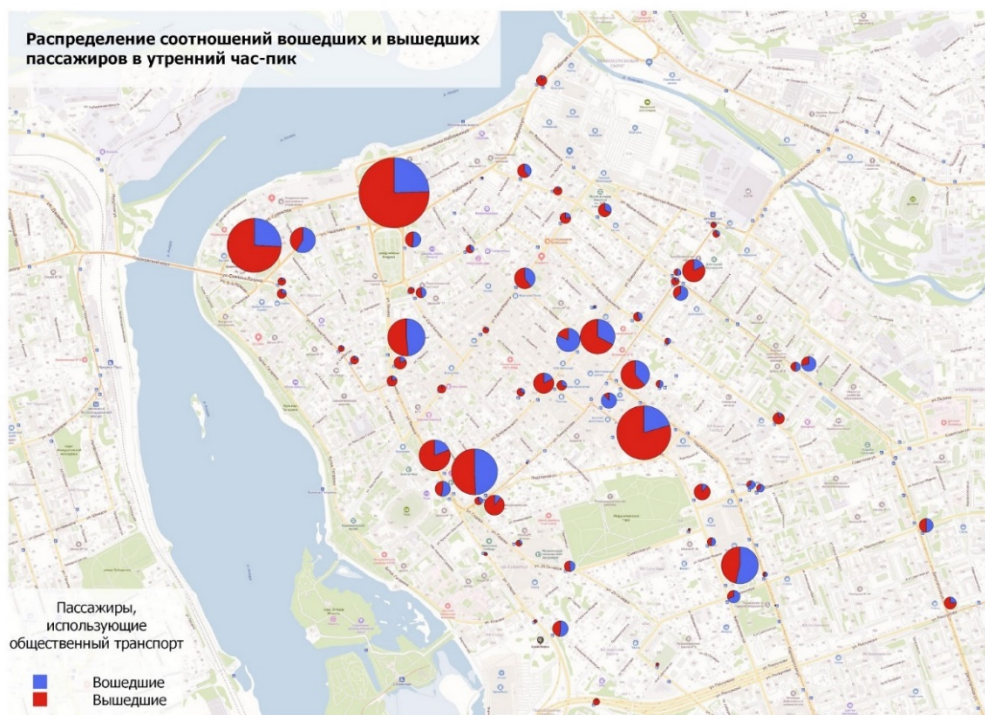


Рисунок 2.6 – Распределение соотношений вошедших и вышедших пассажиров в утренний час-пик

По полученным данным по вошедшим и вышедшим пассажирам строятся первичные диаграммы распределения (рисунок 2.6-2.7). Все представленные диаграммы построены в QGIS, ИЛИ Quantum GIS - настольная ГИС для создания, редактирования, визуализации, анализа и публикации геопространственной информации. [10]

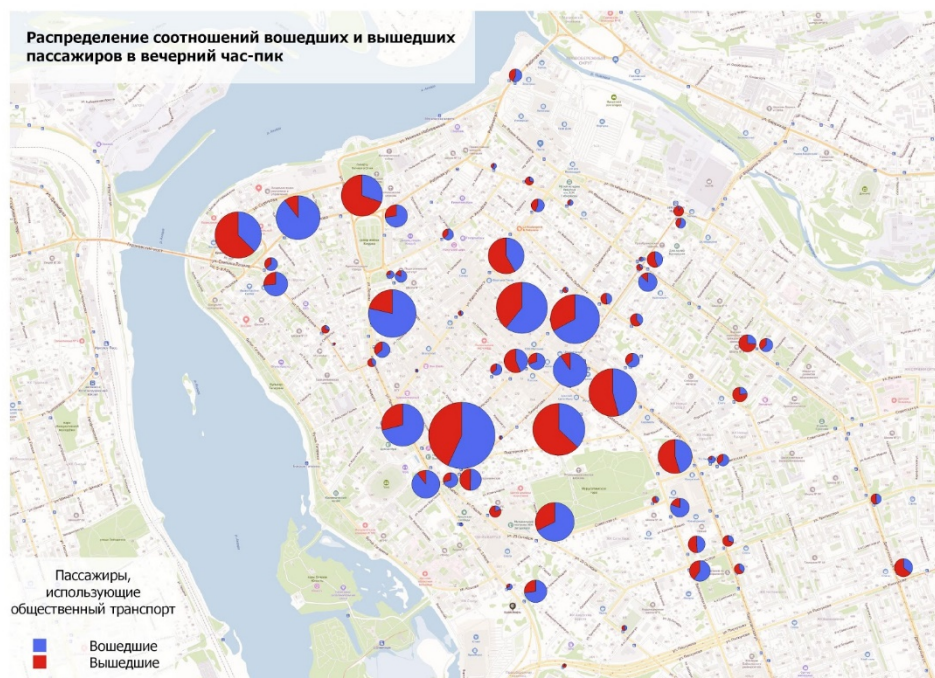


Рисунок 2.5 – Распределение соотношений вошедших и вышедших пассажиров в вечерний час-пик

## 2.2 Расчет пропускной способности ОП

Как было описано выше, пропускная способность является важнейшей характеристикой работы остановочного пункта, его основной оценкой эффективности. Формула пропускной способности (1.8) включает в себя множество показателей, влияющих на работу ОП. Далее описан процесс расчета всех составляющих формулы для различных остановок.

### 2.2.1 Расчет среднего времени обслуживания

Среднее время обслуживания на одного пассажира рассчитывается по формуле:

$$t_{cp}^1 = \frac{\sum t_d}{n_{вх} + n_{выш}} \quad (2.1)$$

где  $t_d$  - время стоянки прибывшего транспорта;

$n_{вх}$  - количество вошедших в транспорт пассажиров;

$n_{выш}$  - количество вышедших из транспорта пассажиров.

Полученные расчетные данные отображены графически на рисунках 2.6–2.7 для утреннего и вечернего времени соответственно.

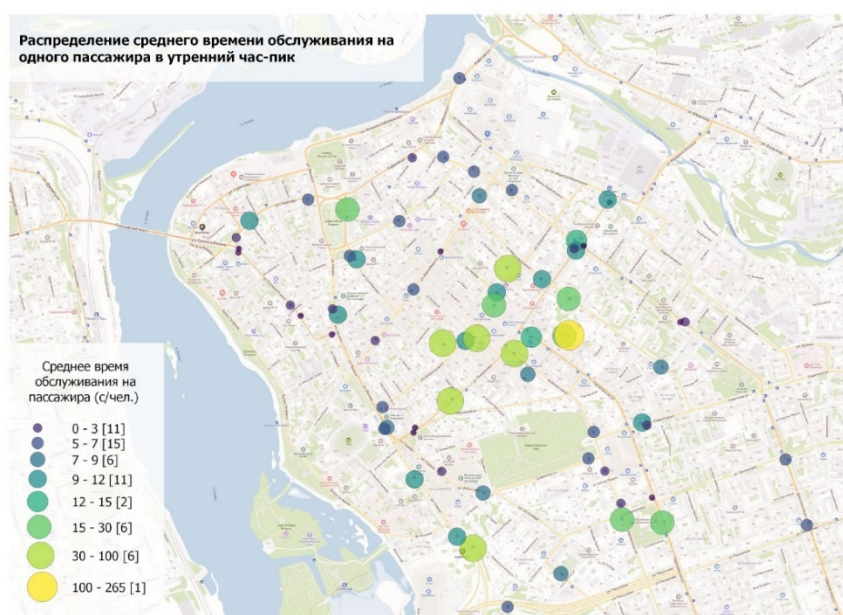


Рисунок 2.6 – Распределение среднего времени обслуживания на одного пассажира в утренний час-пик



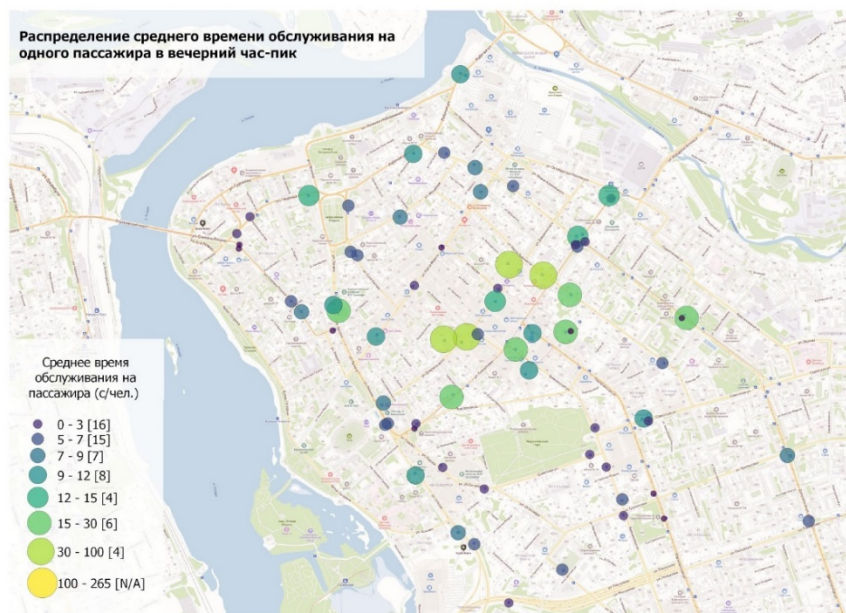


Рисунок 2.7 – Распределение среднего времени обслуживания на одного пассажира в вечерний час-пик

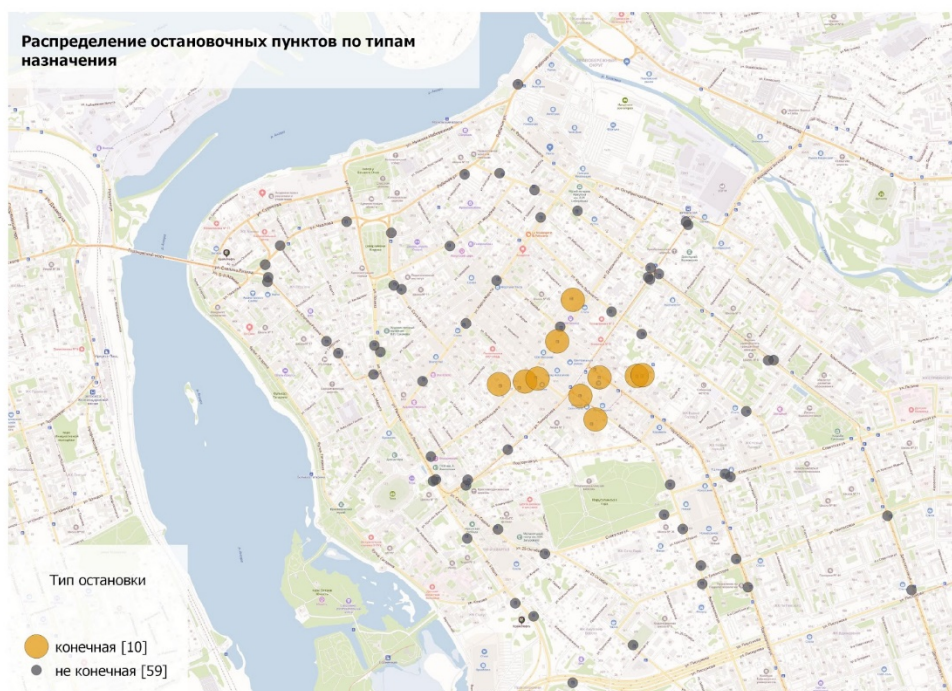


Рисунок 2.8 – Распределение остановочных пунктов по типам назначения

По рассчитанному времени стоянки определяется, является ли остановка конечной или нет. Если время стоянки превышает 2 минуты, то остановка обозначается конечной, если время стоянки меньше 2 минут, то такая остановка считается не конечной и также обозначается соответствующим образом. Данное распределение остановок представлено на рисунке 2.8.

### 2.2.2 Расчет доли зеленого сигнала светофора

Величина  $\left(\frac{g}{C}\right)$  рассчитывается как отношение зеленого сигнала цикла светофора, на которые проезжает общественный транспорт, к общей длительности цикла. Для расчётов рассматривается ближайший к ОП светофор, работа которого образует дополнительные временные задержки ОТ или неравномерность подъезда. Светофорный объект может располагаться на перекрестке до ОП или после. Для остановок, на работу которых не воздействует ни один светофор, значение показателя принимается равным 1.

Рассмотрим расчет данной величины на примере остановки «Стадион Труд». Задержки ОТ при подъезде к остановке возникают на светофоре на перекрестке улиц Ленина-Дзержинского (рисунок 2.9). Данные для расчета принимаются по паспорту светофорного объекта (рисунок 2.10).

ОТ движется на остановку по направлению, обозначенному на рисунке 2.10 «1Т». Согласно рабочему циклу (рисунок 2.11) длительность зеленого сигнала для направления 1Т равна 44 секундам, общая длительность цикла – 74 секунды. [11]

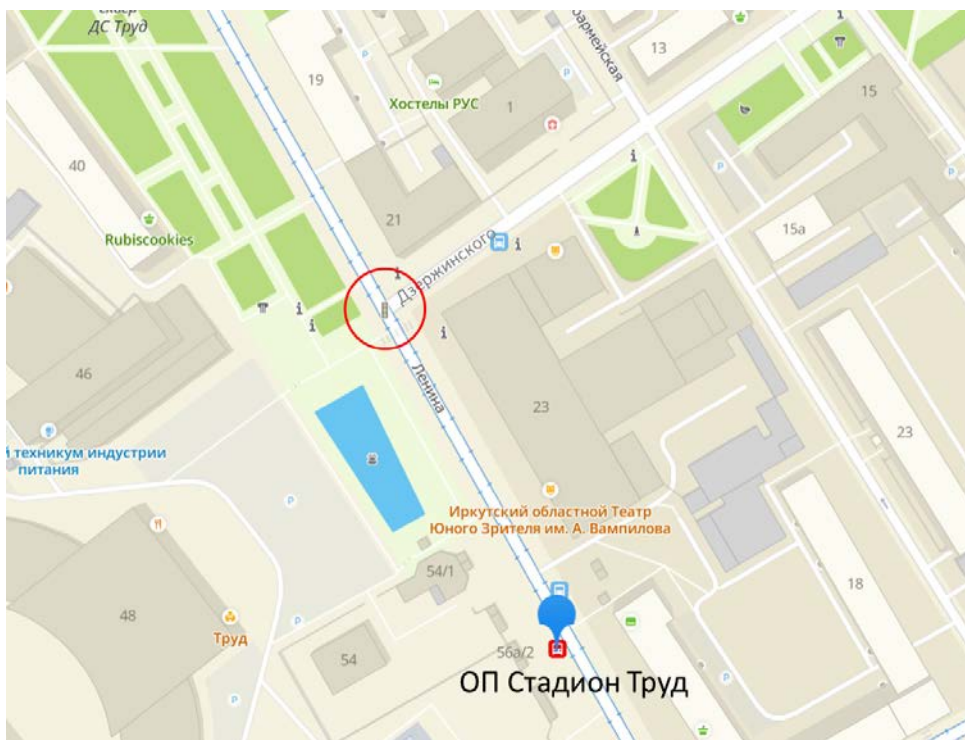


Рисунок 2.9 – Расположение остановки «Стадион Труд» и светофора на пересечении ул. Ленина-ул. Держинского

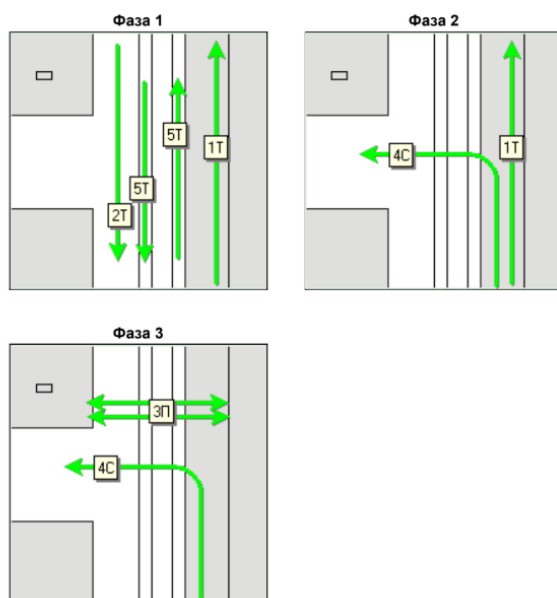


Рисунок 2.10 – Организация движения по фазам светофора

Период: 74 с

Цикл	Рабочий									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Такт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Время, с	0	31	35	38	44	48	51	66	67	70
Длительность, с	31	4	3	6	4	3	15	1	3	1
Фазы	Ф1	>>	>>	Ф2	>>	>>	Ф3	>>	>>	>>
1Т		З	З	З	З	Ж	К	К	К	К
2Т		З	Ж	Ж	К	К	К	К	К	К
3П		К	К	К	К	К	К	З	З	К
4С		К	К	К	З	З	З	З	З	З
5Т		З	Ж	Ж	К	К	К	К	К	К
6С		З	З	З	З	З	З	З	З	З

Рисунок 2.11 – Рабочий цикл светофора

$$\left(\frac{g}{C}\right) = \frac{44}{74} = 0,59$$

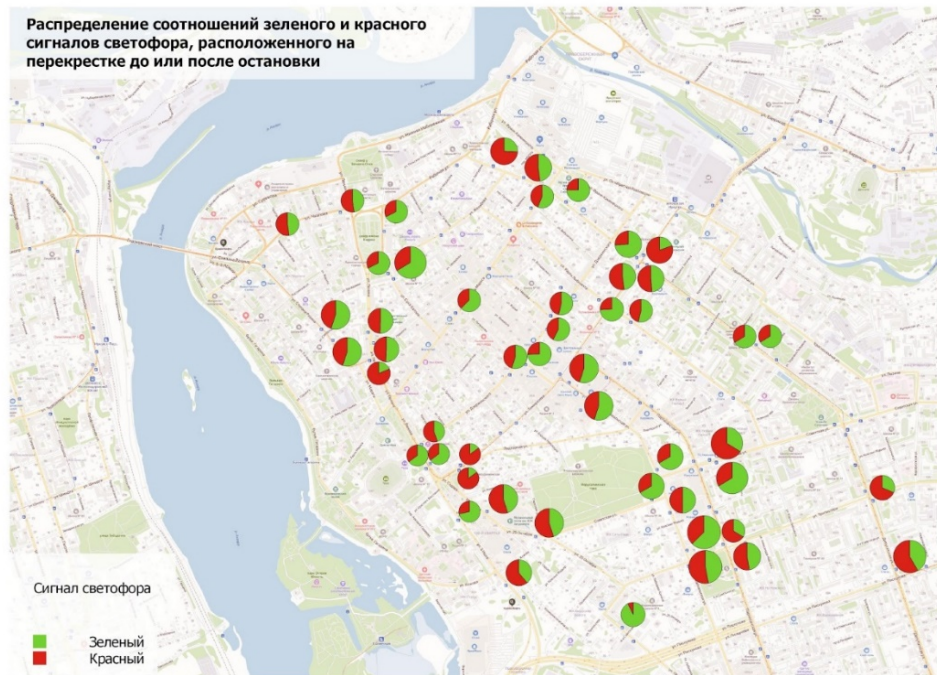


Рисунок 2.12 – Распределение соотношений зеленого и красного сигналов светофора, влияющего на работу ОП

Таким образом, рассчитываются показатели для всех ОП. Графическое отражение рассчитанных показателей для всех остановок представлено на рисунке 2.12.

### 2.2.3 Расчет времени освобождения ОП

Время освобождения остановочного пункта  $t_c$ , или время вхождения автобуса в поток, определяется в зависимости от интенсивности движения на крайней правой полосе движения. Остановочная площадка может либо находиться на крайней правой полосе, либо находиться в кармане, выезд из которого также осуществляется на крайнюю правую полосу. Значения времени вхождения в поток в зависимости от интенсивности движения автомобилей определяются по таблице 1.4.

Одним из основных критериев, характеризующих время освобождения ОП, является коэффициент вариации по времени стоянки ОТ:

$$c_v = \frac{\sigma}{m} \quad (2.2)$$

где  $c_v$  – коэффициент вариации по времени стоянки ОТ;

$\sigma$  – стандартное отклонение времени стоянки ОТ, с;

$m$  – математическое ожидание времени стоянки ОТ, с. [8]



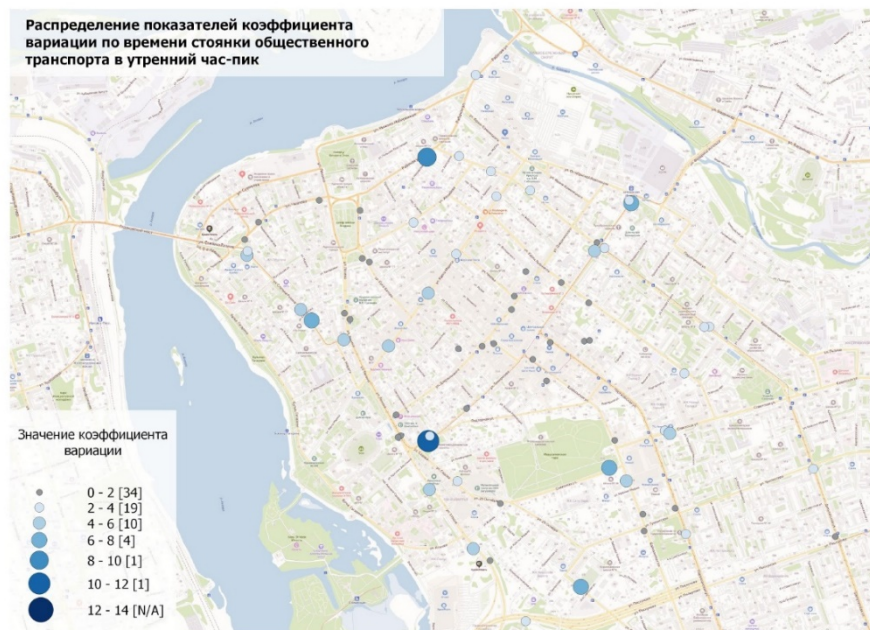


Рисунок 2.13 – Распределение показателей коэффициента вариации по времени стоянки общественного транспорта в утренний час-пик

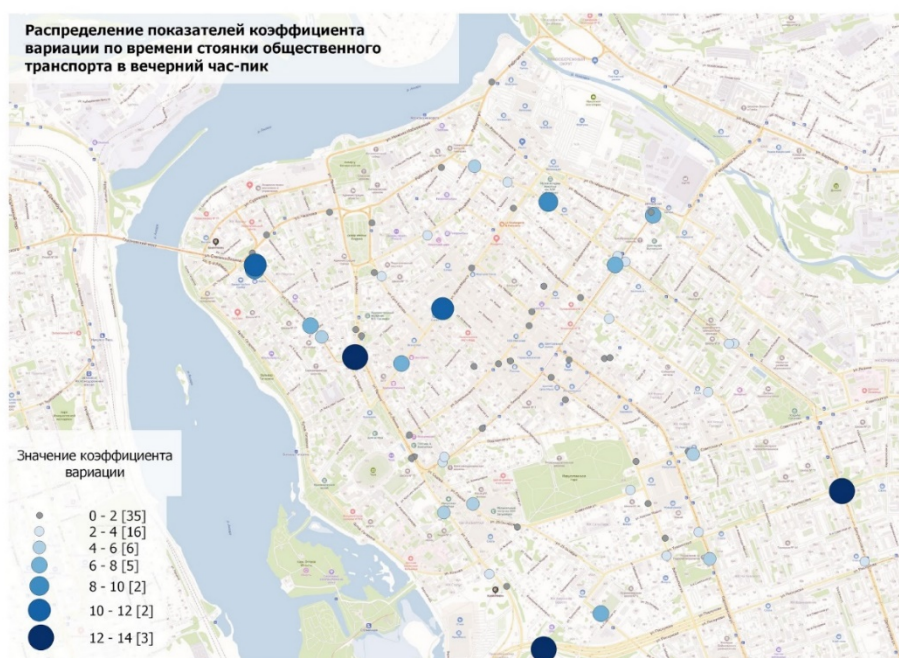


Рисунок 2.14 – Распределение показателей коэффициента вариации по времени стоянки общественного транспорта в вечерний час-пик

Расчет производится в программе excel, где использовалась математическая функция «Стандартное отклонение». В качестве математического ожидания интервала прибытия принималось среднее время стоянки. Расчетные данные графически отображены на рисунках 2.13 и 2.14 для утреннего и вечернего времени соответственно.

#### 2.2.4 Расчет коэффициента вероятности образования очереди

Вероятность образования очереди автобусов перед остановочным пунктом определяется коэффициентом вероятности образования очереди  $z$ . Для его расчета воспользуемся формулой 2.3 и рассчитаем показатель  $z$ :

$$z = \frac{n_{зан}}{n_{общ}} \quad (2.3)$$

где  $z$  - вероятность срыва в обслуживании (вероятность невозможности обслуживания по причине занятости всех мест стоянки);

$n_{зан}$  - количество случаев прибытия ОТ с интервалом больше, чем среднее время обслуживания;

$n_{общ}$  - общее количество случаев прибытия ОТ на ОП.

Коэффициент, показывающий вероятность роста очереди перед остановочным пунктом ( $z$ ) определяется в зависимости от интенсивности отказа, или процента невозможности обслуживания ( $z_1$ ). Для расчета этого показателя воспользуемся формулой:

$$z_1 = |(0,5 - z) \cdot 100| \quad (2.3)$$

где  $z_1$  – интенсивность отказа;

$z$  – вероятность срыва в обслуживании.

После расчета показателя  $z_1$  результаты соотносятся со значениями  $z_a$  по диапазонам. В итоге, для расчета формулы пропускной способности принимаются значения  $z_a$  (таблица 2.2). [8]

Таблица 2.2 – Соответствие значений интенсивности отказа и коэффициента вероятности образования очереди

Вероятность срыва, $z$		Коэффициент вероятности образования очереди, $z_a$
Нижняя граница диапазона значений	Верхняя граница диапазона значений	
0	0,2	0
0,2	0,25	0,525
0,25	0,3	0,675
0,3	0,35	0,84
0,35	0,4	1,04
0,4	0,425	1,28
0,425	0,45	1,44
0,45	0,475	1,645
0,475	0,49	1,96
0,49	0,5	2,33
>0,5		2,5

### 2.2.5 Расчет количества остановочных мест

Расчет количества остановочных мест производится по физической и фактической длине остановочного фронта. Физической длиной остановки является длина, предусмотренная при проектировании и строительстве ОП,

обозначенная дорожной разметкой 1.17, или длина остановочного кармана. Фактической длиной является максимально за все время наблюдения расстояние от крайнего ТС с начала остановки до крайнего ТС в конце остановки, обслуживающих пассажиров одновременно.

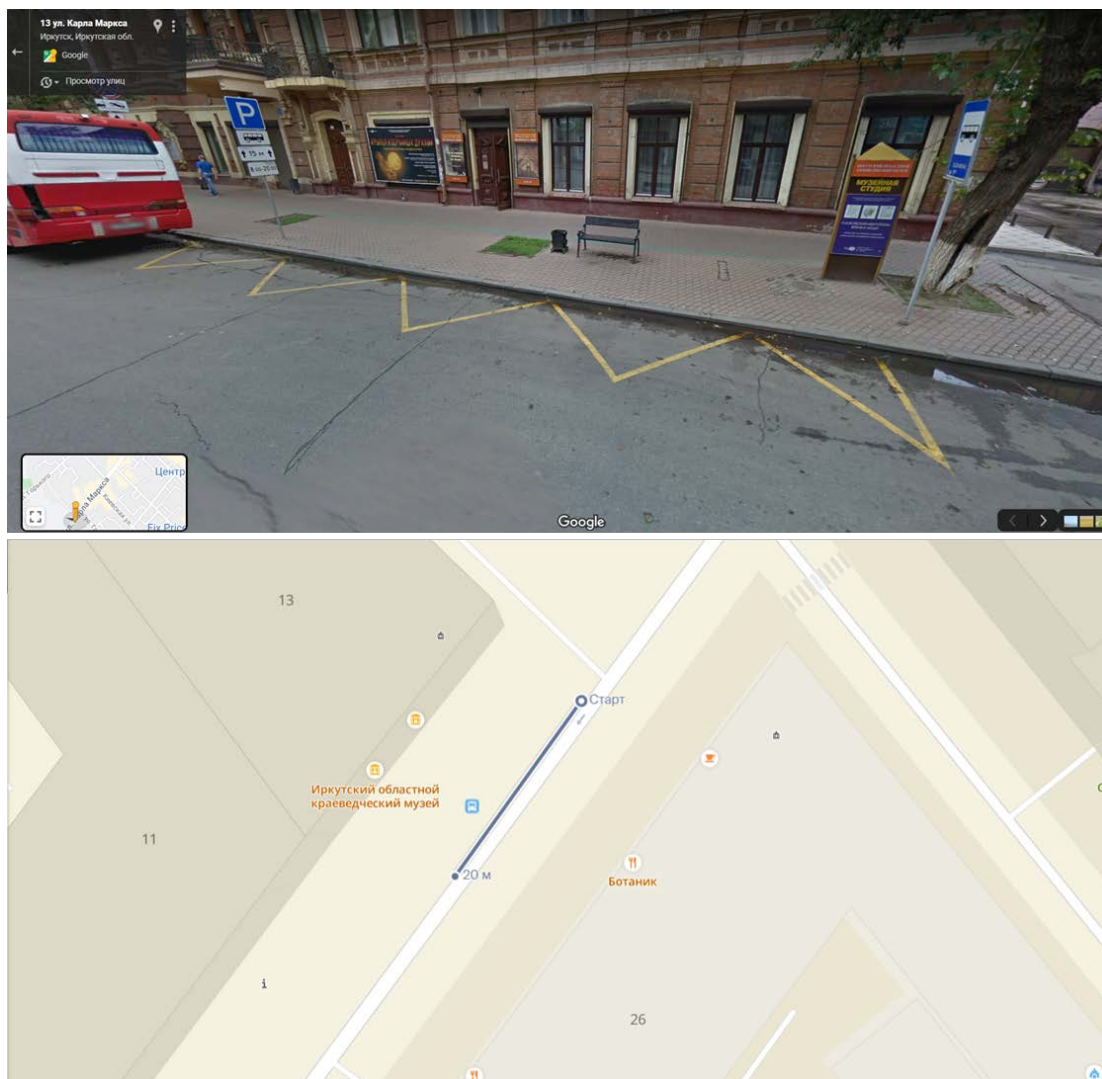


Рисунок 2.15 – Измерение физической длины ОП Экономическая академия

Физическая длина ОП измеряется с помощью открытых картографических сервисов – google maps, яндекс.карты и 2ГИС. Процесс



измерения физической длины ОП на примере ОП «Экономическая академия», расположенном на ул. Карла Маркса, представлен на рисунке 2.15.

Измерение фактической длины ОП производится на основании видеоматериалов, собранных во время наблюдений. Если транспорт останавливается строго в рамках разметки, тогда фактическая длина ОП принимается равной физической. Если количество приезжающего транспорта больше, чем ёмкость остановки, тогда фактическое значение задается на основании видеонаблюдений.

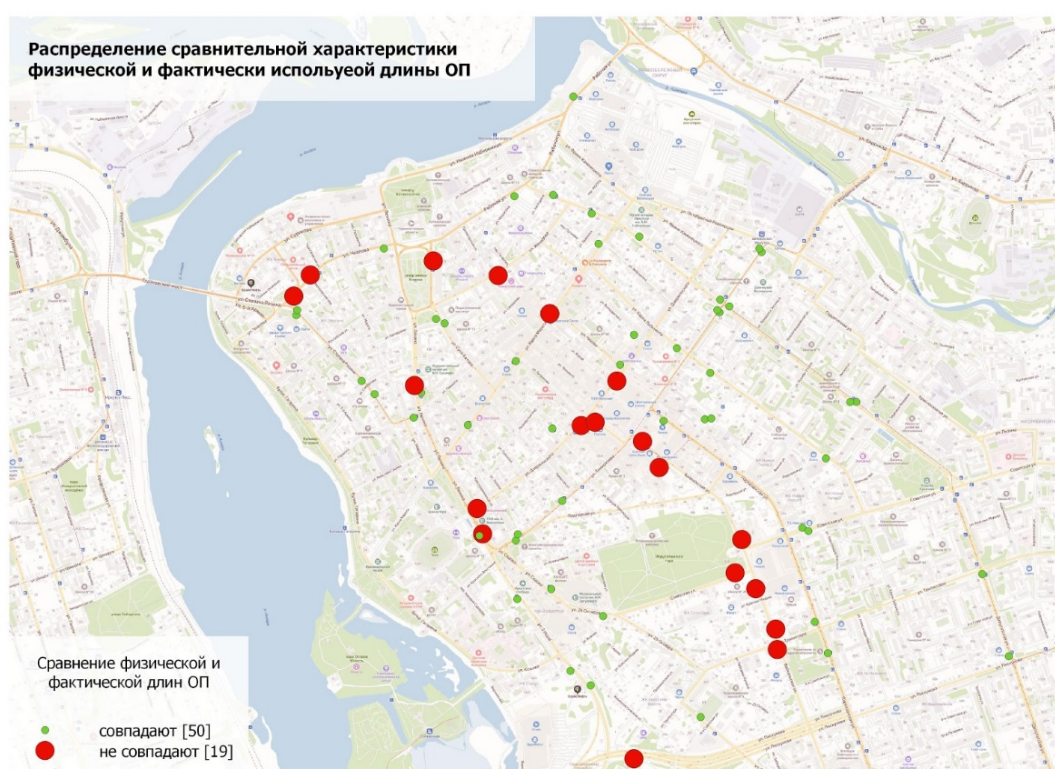


Рисунок 2.16 – Распределение сравнительной характеристики физической и фактически используемой длины ОП

Для ряда ОП обнаружено несовпадение физической проектной длины ОП и фактически используемого пространства. Такие остановки отмечены на

карте (рисунок 2.16). В большинстве случаев фактически используемая длина больше физической. Несовпадение может возникать по нескольким причинам:

1) интенсивность ОТ превышает ёмкость остановки, требуется большее количество остановочных мест, поэтому автобусы используют территории, соседние с остановкой, не предназначенные для обслуживания пассажиров;

2) на части остановочной площадки происходит отстой транспортных средств, как на конечной остановке. Соответственно, это пространство не используется для обслуживания пассажиров;

3) остановочный карман слишком широкий и не используется ОТ в полной мере; автобусы не заезжают в карман, а останавливаются на проезжей части, используя также соседнее пространство, чем увеличивают фактически используемую длину остановочного фронта.

Таблица 2.3 - Эффективное количество остановочных мест при линейной форме расположения ОП

Фактическое количество мест	На полосе движения		В остановочном кармане	
	Эффективность, %	Эффективное количество мест	Эффективность, %	Эффективное количество мест
1	100	1,00	100	1,00
2	85	1,85	85	1,85
3	60	2,45	75	2,60
4	20	2,65	65	3,25
5	5	2,70	50	3,75

Далее на основании преобладающего подвижного состава и его длины определяется количество остановочных мест. Например, если на остановке преобладают автобусы средней длины 12 м, то на остановочной площадке длиной 20 м, с учетом зазора для въезда и выезда автобуса, принимаемого 3 м, то ОП имеет 1 остановочное место. Таким образом рассчитывается количество остановочных мест в физическом и фактическом габарите для каждого ОП. После по таблице 2.3 определяется эффективное количество мест.

Все полученные данные подставляются в формулу 1.8 для расчета пропускной способности каждого остановочного пункта. Для каждого объекта производится 2 расчета – по физической и фактической длине остановки. Таким образом, каждому ОП соответствует 2 показателя пропускной способности – в проектируемых и в реально используемых условиях.

### 2.3 Расчет загрузки ОП

На основании полученных значений пропускной способности рассчитывается загрузка остановочного пункта по формуле 2.4:

$$W = \frac{I}{B_s} \quad (2.4)$$

где  $W$  – загрузка ОП;

$I$  – интенсивность общественного транспорта на ОП, авт./ч;

$B_s$  – пропускная способность ОП, ед./ч.

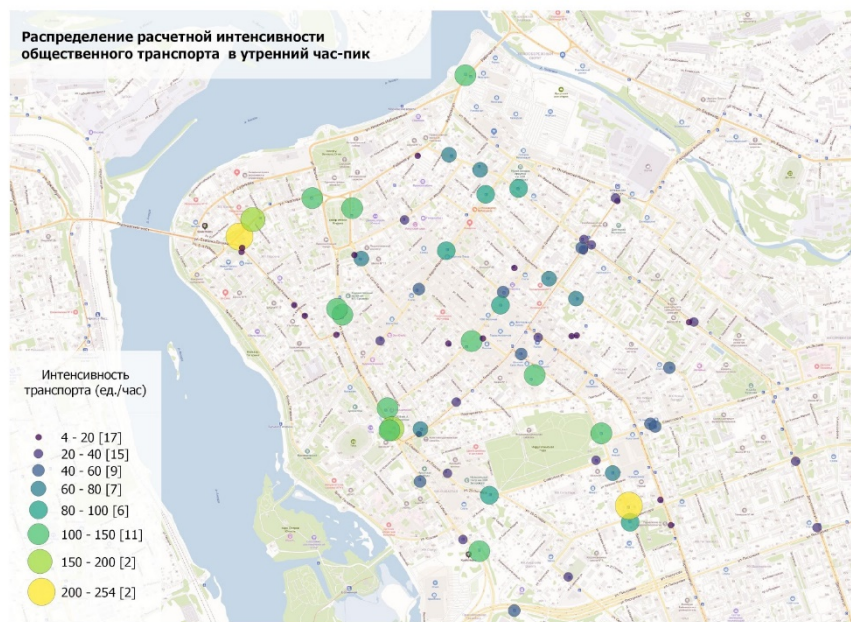


Рисунок 2.17 – Распределение расчетной интенсивности ОТ в утренний час-пик

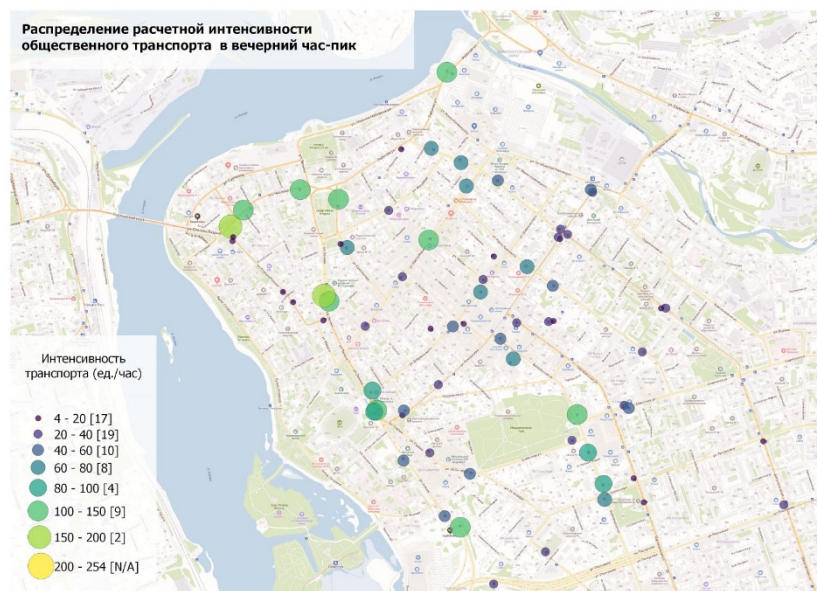


Рисунок 2.18– Распределение расчетной интенсивности ОТ в вечерний час-пик



Интенсивность ОТ рассчитывается по формуле 2.5:

$$I = \frac{3600 \cdot (I_0 - 1)}{T} \quad (2.5)$$

где  $I_0$  – интенсивность ОТ за период наблюдений, авт./ч;

$T$  – время между первым приездом ОТ и последним в расчетном периоде, ч.

Результаты расчетов интенсивности представлены на рисунках 2.17 и 2.18 для утреннего и вечернего времени соответственно.

Далее по формуле 2.4 рассчитывается задержка ОП. Если значение задержки больше 1, значит ОП не справляется с нагрузкой и перегружен ОТ. Если значение показателя загрузки меньше 1, но близко к этому значению, это значит, что с ближайшее время ресурс пропускной способности ОП будет исчерпан (рисунки 2.19-2.22)

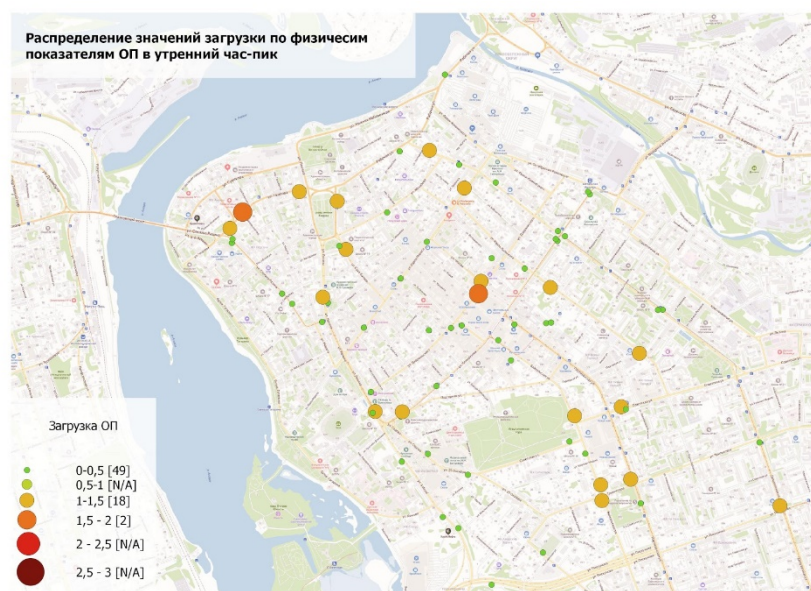


Рисунок 2.19 – Распределение значений загрузки по физическим показателям ОП в утренний час-пик

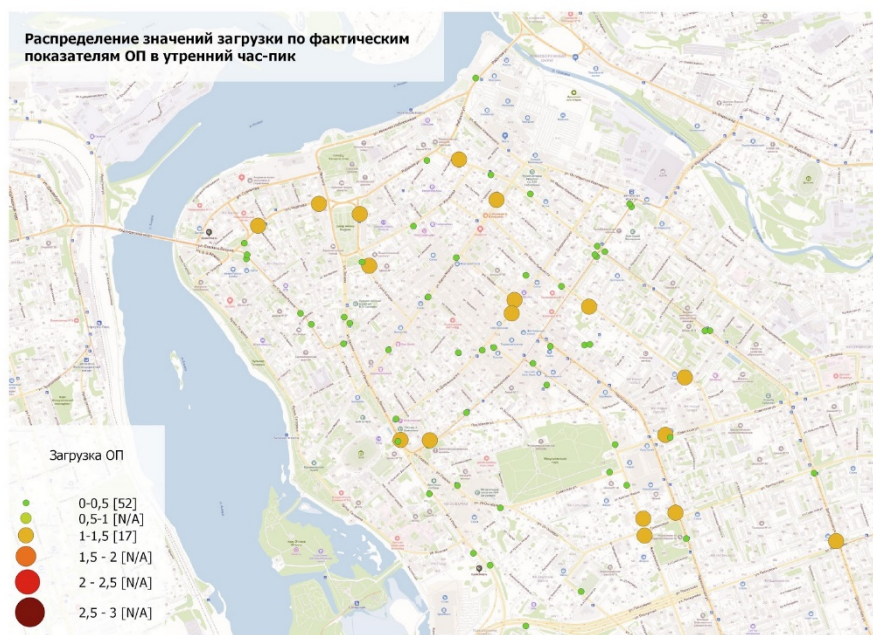


Рисунок 2.20 - Распределение значений загрузки по фактическим показателям ОП в утренний час-пик

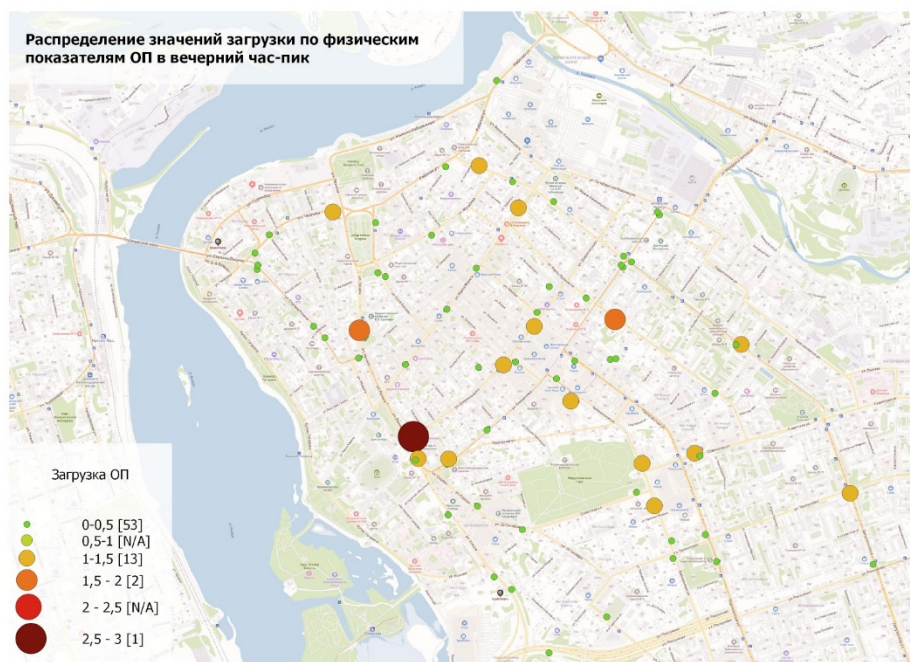


Рисунок 2.21 – Распределение значений загрузки по физическим показателям ОП в вечерний час-пик

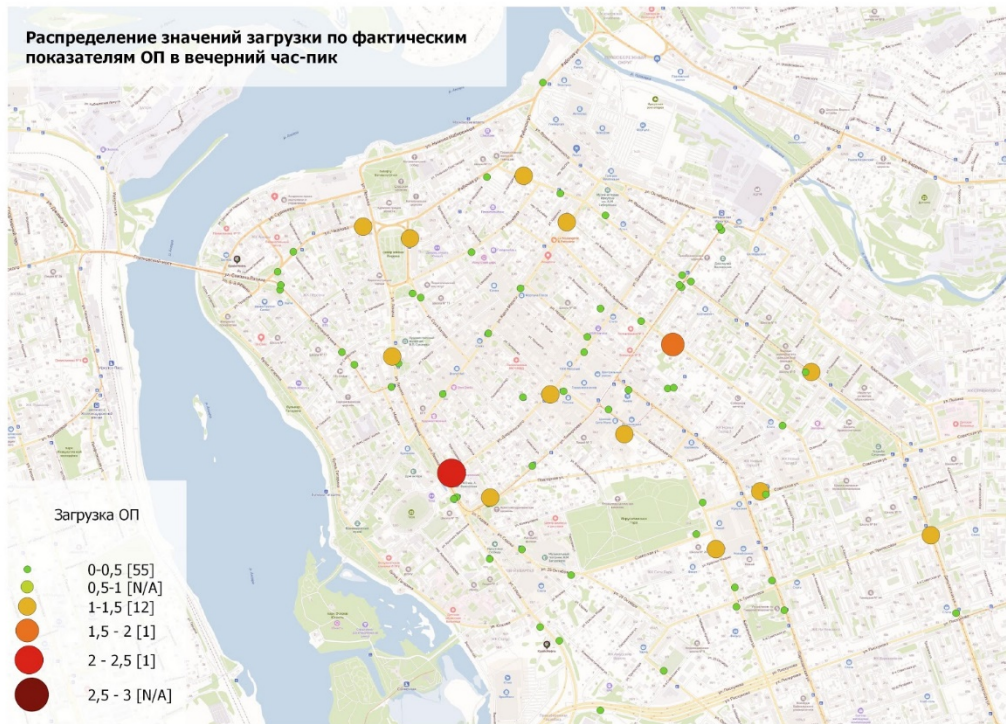


Рисунок 2.22 - Распределение значений загрузки по фактическим показателям ОП в вечерний час-пик

Оранжевым и красным цветами на картах отмечены ОП, загрузка которых превышает возможную, то есть, объект не справляется с нагрузкой. Исходя из значений утренних и вечерних показателей, в этот список вошли следующие остановочные пункты:

- Сквер им. Кирова;
- Ленина (филармония);
- Чкалова (автобусная остановка, в направлении на Глазковский мост);
- Центральный рынок (БТИ);
- Центральный рынок (Дзержинского);
- Карла Либкнехта (Дельта);
- Трилиссера (автобусная остановка, в сторону ост. Волжская);
- Метеостанция (трамвайная остановка, в сторону ост. Волжская);



- Площадь Декабристов (в сторону Центрального рынка);
- Театр кукол (в сторону ост. Трилиссера);
- Ленина (трамвайная остановка, в сторону ост. Сквер им. Кирова);
- Художественный музей (в сторону ост. Ленина/филармония);
- Филармония;
- Центральный рынок (на ул. Софьи Перовской).

Расположение остановок из данного списка представлено на рисунке

2.23.



Рисунок 2.23 – Расположение остановок, на которых интенсивность ОТ превышает пропускную способность

При сопоставлении этого списка со списком остановок, на которых фактическая длина остановочного фронта не совпадает с физическими параметрами (рисунок 2.16), выявлены некоторые, которые присутствуют в

обоих списках, такие как Ленина (филармония), Чкалова, центральный рынок (БТИ, Дзержинского, Софьи Перовской), Трилиссера, театр кукол, художественный музей, филармония.

#### 2.4 Определение уровня обслуживания пассажиров

Для определения уровня обслуживания рассчитаем коэффициент вариации по интервалу прибытия по формуле 2.6:

$$c_v = \frac{\sigma}{m} \quad (2.6)$$

где  $c_v$  – коэффициент вариации по интервалу прибытия ОТ;

$\sigma$  – стандартное отклонение интервала прибытия ОТ, с;

$m$  – математическое ожидание интервала прибытия ОТ, с. [8]

Таблица 2.4 - Уровень обслуживания движения ОТ в зависимости от коэффициента вариации временного интервала между прибытиями ОТ

Уровень обслуживания	Коэффициент вариации временного интервала между прибытиями ОТ к остановочному пункту
A	0,0 – 0,4
B	0,41 – 0,8
C	0,81 – 1,2
D	1,21 – 1,6
E	1,61 – 2

Расчет производится в программе excel, где использовалась математическая функция «Стандартное отклонение». В качестве математического ожидания интервала прибытия принималось среднее значение интервала прибытия. Расчетные данные графически отображены на рисунках 2.24 и 2.25 для утреннего и вечернего времени соответственно.

Для определения уровня обслуживания разделим полученный диапазон значений и соотнесем по уровням A,B,C,D,E,F. В таблице 2.4, а также на рисунках 2.24-2.25, представлены значения уровня обслуживания в соответствии с коэффициентом вариации по интервалу прибытия.

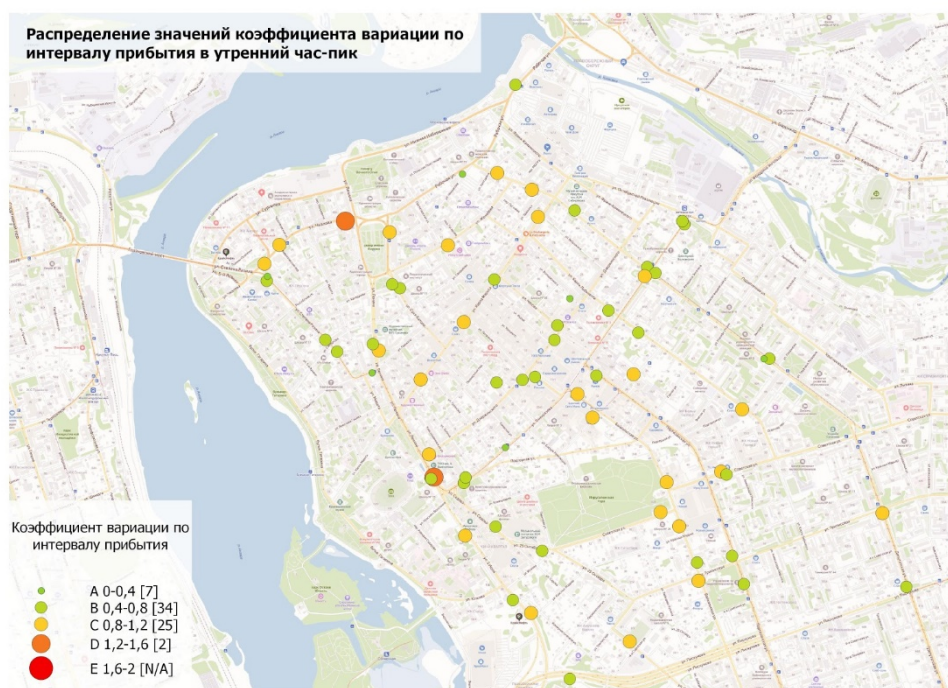


Рисунок 2.24 – Распределение значений коэффициента вариации по интервалу прибытия в утренний час-пик

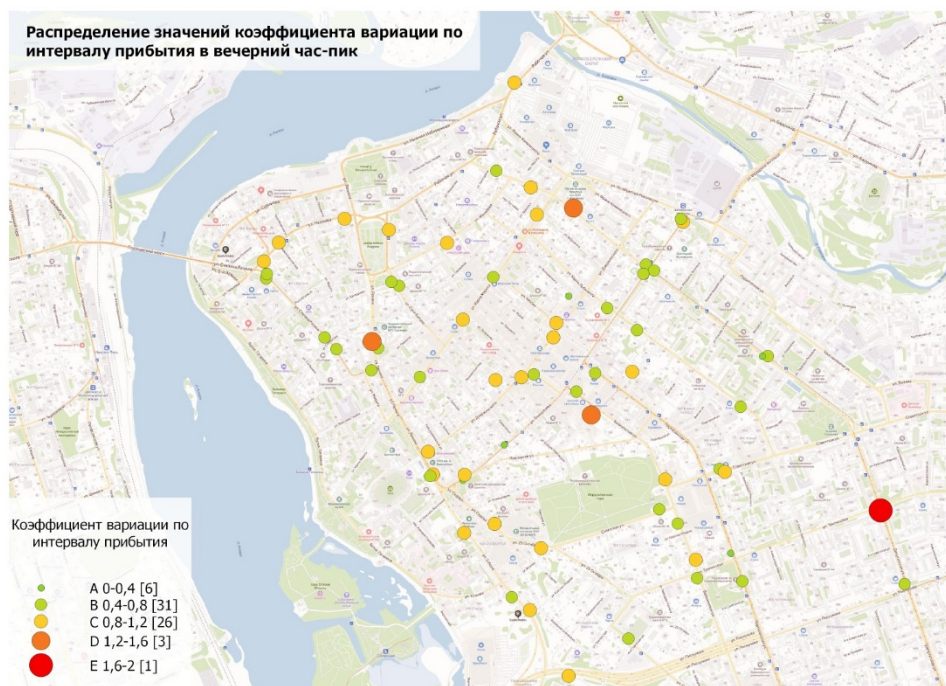


Рисунок 2.25 – Распределение значений коэффициента вариации по интервалу прибытия в вечерний час-пик

На большинстве ОП уровень обслуживания А, то есть регулярность следования общественного транспорта на высоком уровне. В утреннее время более низким уровнем обслуживания обладают такие ОП, как: Сквер им. Кирова, ул. Трилиссера (в сторону Депутатской). В вечернее время более низким уровнем обслуживания обладают остановки Музей Декабристов (в сторону Карла Маркса), Академический мост, ул. Трилиссера (в сторону Депутатской).

## 2.5 Регрессионный анализ

Дополнительно для выявления основных зависимостей был проведен регрессионный анализ, с помощью программы STATISTICA. [12]



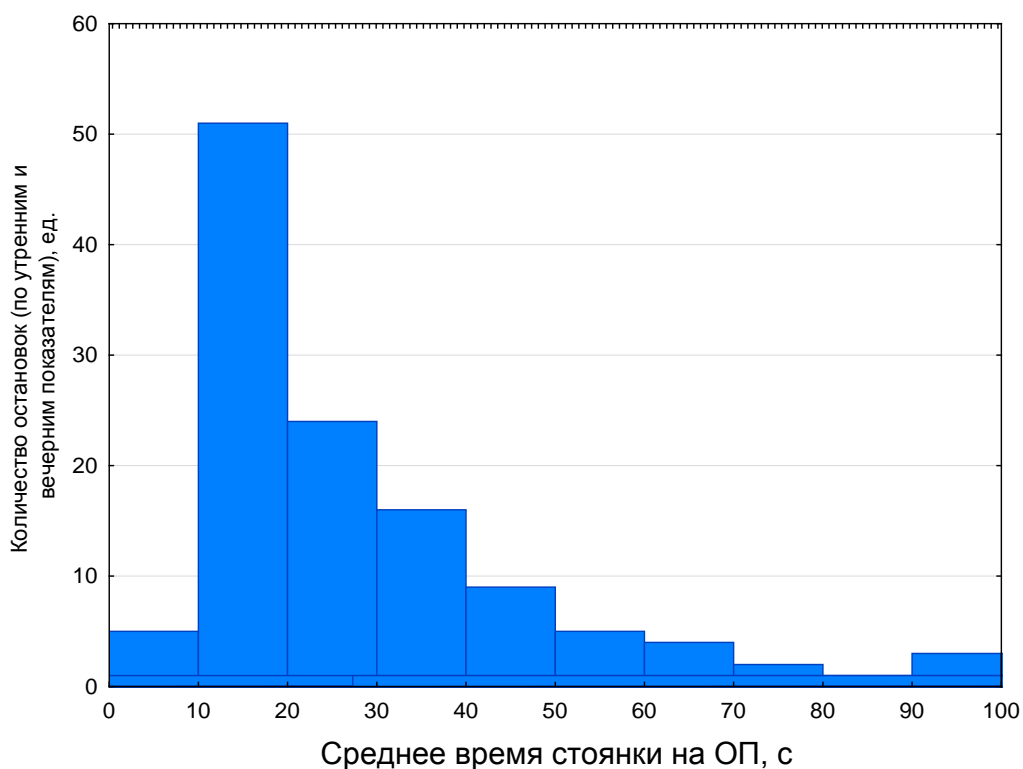


Рисунок 2.26 – Распределение значений среднего времени стоянки на остановках

Согласно расчетным значениям среднего времени стоянки на остановках, большинство показателей находятся в диапазоне до одной минуты. Большинство остановок, на которых данный показатель составляет больше полутора минут, являются конечными и используются для отстоя транспорта, и не отображены на диаграмме 2.26.

В данном исследовании время стоянки определено натурным методом, то есть замерами в реальных условиях. Но также его можно определить по формуле 2.7:

$$t_d = P_a t_a + P_b t_b + t_{oc} \quad (2.7)$$

где  $P_a$ ,  $P_b$  – количество пассажиров, соответственно выходящих и входящих через наиболее загруженную дверь в автобусе в пиковый период;

$t_a$ ,  $t_b$  – время, затрачиваемое соответственно одним выходящим и одним входящим пассажиром, с/пасс.;

$t_{oc}$  – суммарное время открытия и закрытия дверей, с.

При анализе полученных данных, были выявлены средние показатели времени входа/выхода одного пассажира, а также суммарного времени открытия и закрытия дверей. Исходя из данных, получено уравнение 2.8.

$$t_d = 2,38P_a + 2,92P_b + 6,59 \quad (2.8)$$

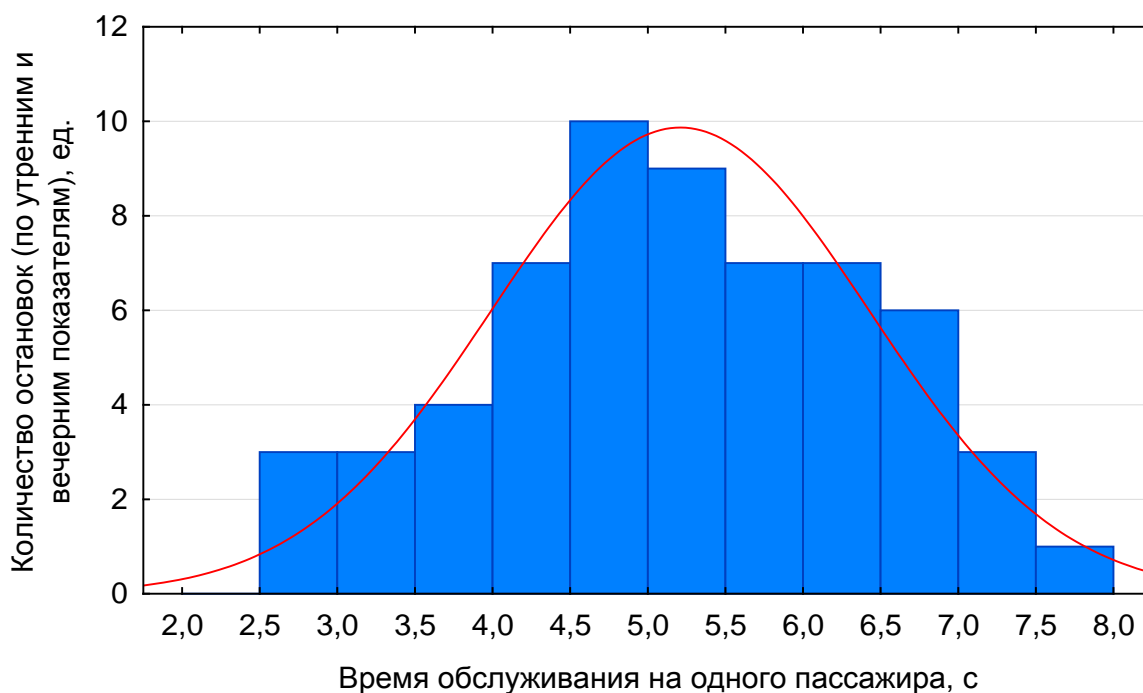


Рисунок 2.27 – Распределение значений времени обслуживания на одного пассажира

Полученное уравнение можно использовать для расчета времени стоянки транспорта, зная только количество вошедших и вышедших пассажиров, и не прибегать к проведению натурных обследований.

Для большинства неконечных остановок выявлены предельные показатели времени обслуживания на одного пассажира – от 2 до 8 секунд (рисунок 2.27). Поэтому можно считать, что обслуживание пассажиров, входящее в данный диапазон, считается оптимальным.

Также получен график зависимости времени, затраченного на обслуживание пассажиров, от их количества (рисунок 2.28). На графике видно, что зависимость имеет прямой характер, при это основная часть значений сосредоточена в начальной части графика – при показателях количества пассажиров до 200 и времени обслуживания до 2000 секунд суммарно.

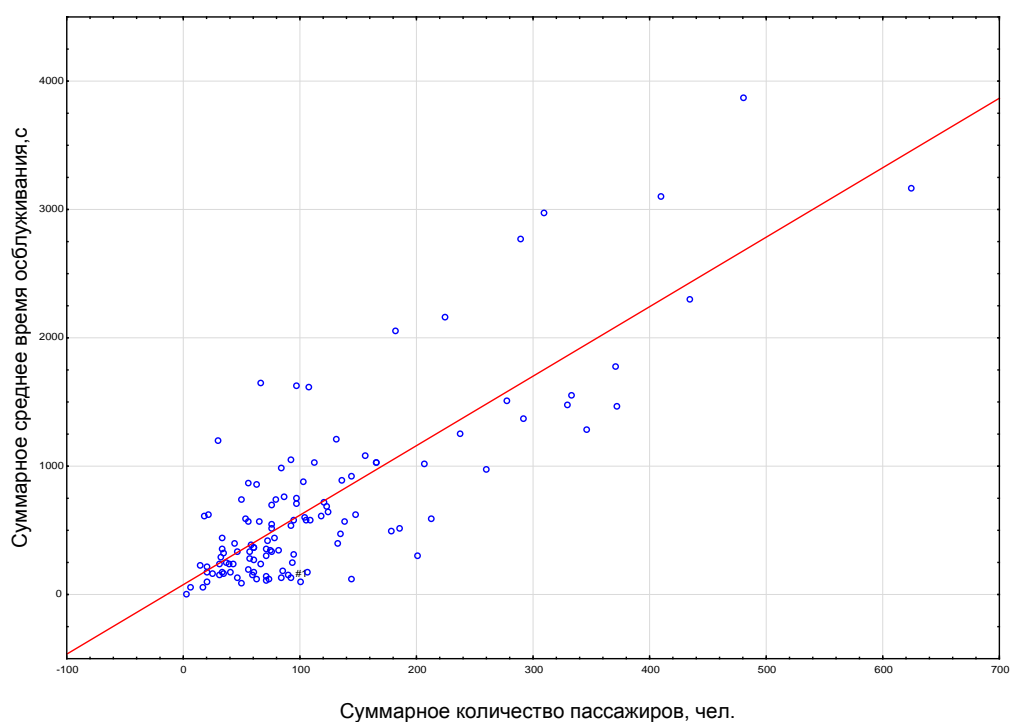


Рисунок 2.28 – Зависимость времени обслуживания пассажиров от их количества

По расчетным данным вероятности возникновения очереди на ОП построен график, представленный на рисунке 2.29. На графике видно, что наименьший показатель – от 0,15 до 0,2 – обнаружен на остановке Центральный рынок (Володарского), где в утреннее и в вечернее время сохраняется низкое значение вероятности срыва. Это гарантирует надежность обслуживания, и обеспечивает, что при приезде на остановку общественного транспорта, парковочное место не будет занято ТС, приехавшим до этого и ещё обслуживающим пассажиров, высадка и посадка пассажиров состоится в предназначенном для этого месте, без дополнительного ожидания освобождения остановочной площадки.

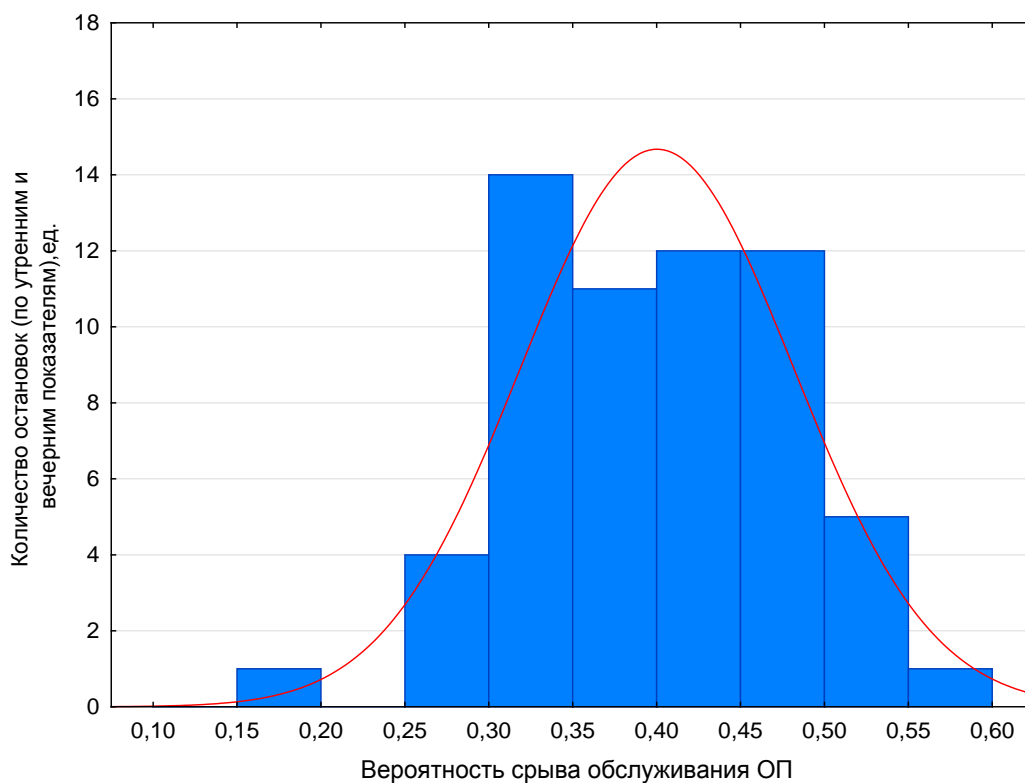


Рисунок 2.29 – Распределение значений вероятности возникновения очереди на ОП

Согласно американским меркам, обычно для центральной части города значение параметра  $z_a$ , используемого в расчете пропускной способности, принимается равным от 1,44 до 1,04. Для других остановочных пунктов чаще принимают значение 1,96, хотя допустимо использовать и другие значения до 1,44. [13]

Значения вероятности возникновения очереди на ОП от 7,5 до 15% соответствуют значения коэффициента  $z_a$  от 1,44 до 1,04. Поэтому, возможно предположить, что соблюдение этого параметра в указанных границах повысит пропускную способность и уровень обслуживания населения общественным транспортом.

## 2.6 Изменение маршрутной сети

Согласно программе комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ) города Иркутска, до 2030 года предполагается внедрение новой маршрутной сети, включающей изменение маршрутов автобусов, трамваев, троллейбусов, а также организация новых участков троллейбусных линий. В данной работе будут рассмотрены изменения, касающиеся только центральной части города, а именно планируемого количества маршрутов непосредственно на исследуемых остановках. [14]

На рисунках 2.30-2.31 представлено существующее количество маршрутов, а также проектное после внесения изменений в маршрутную сеть.

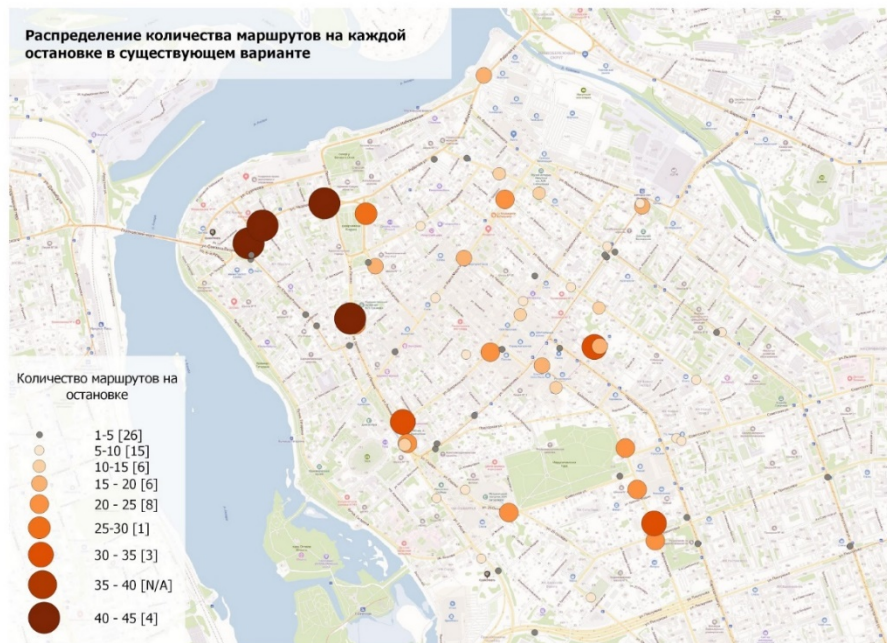


Рисунок 2.30 – Распределение количества маршрутов в существующем варианте

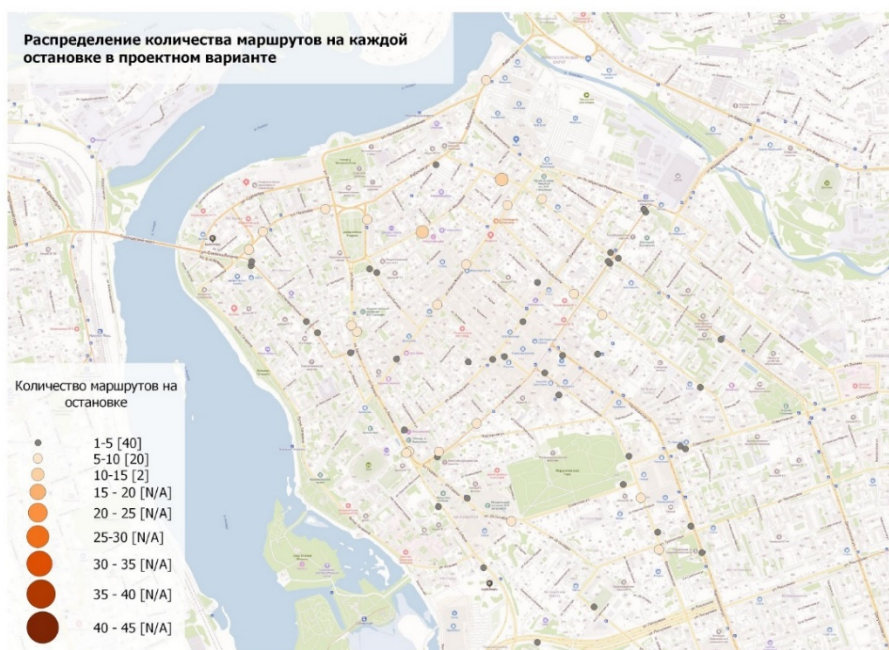


Рисунок 2.31 – Распределение количества маршрутов в проектном варианте



Проектное количество маршрутов позволит существенно сократить задержки при обслуживании, более равномерно сохранять расписание следования, повысит пропускную способность ОП, снизит загрузку и потери от социально-экономического эффекта. Также при переходе на подвижной состав более высокой вместимости сократится нагрузка на транспортную сеть города, сократятся простои на дорогах. Это позволит сократить среднее время поездки и среднее время обслуживания на одного пассажира, что также повысит качество и уровень обслуживания.

Для определения пропускной способности и загрузки сети в проектируемой сети рассчитаем эти показатели, используя для всех остановок вероятность срыва 0,15, значение которого подробно описано в разделе 2.5 и отражено на рисунке 2.29.



Рисунок 2.32 – Распределение значений загрузки ОП после введения новой маршрутной сети в утренний час-пик



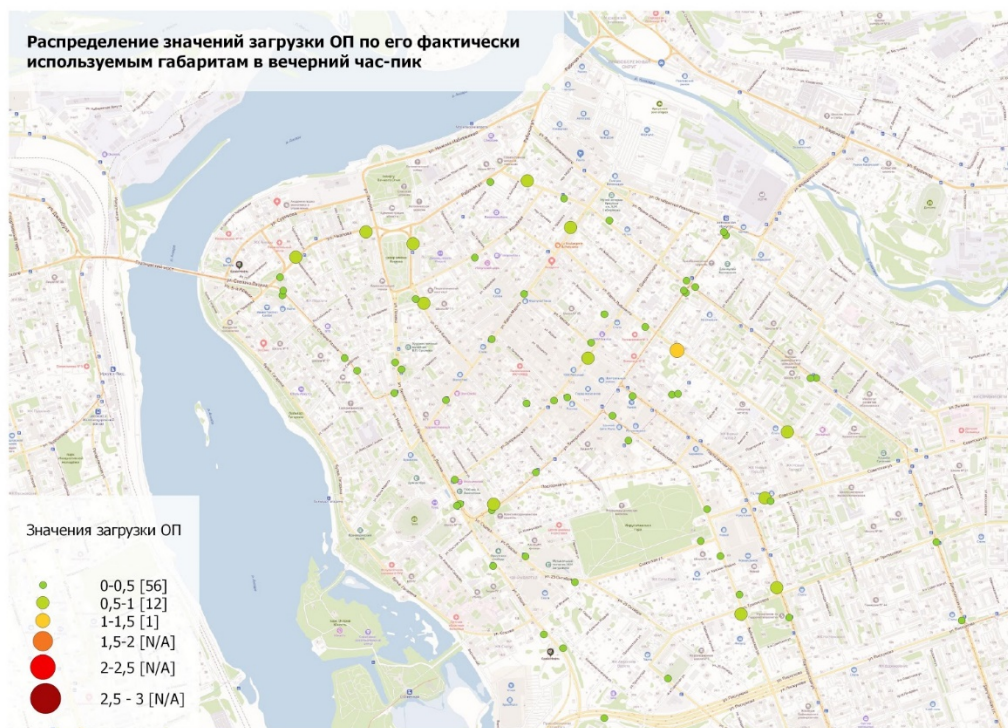


Рисунок 2.33 – Распределение значений загрузки ОП после введения новой маршрутной сети в вечерний час-пик

В результате наблюдается повышение пропускной способности остановочных пунктов, а также снижение загрузки, представленное на рисунках 2.32-2.33. Отметим, что интенсивность следования общественного транспорта не менялась, то есть население обслуживается с такой же частотой, как и в существующем варианте маршрутной сети.

При изменении маршрутной сети можно значительно повысить пропускную способность большинства остановок, при этом не изменяя их геометрические параметры, что требует более значительных экономических вложений.

Но также остаются такие ОП, как Ленина (филармония, а также Центральный рынок (Карла Либкнехта), которые даже при изменении количества маршрутов не показывают снижения загрузки. Для таких объектов

предлагается введение дополнительных мер для повышения уровня обслуживания – изменения геометрических параметров остановки, её перенос/реконструкция, изменение светофорного регулирования на близлежащих перекрестках, ликвидация отстоя.

Детальные расчет основных параметров, представленных в данном разделе, представлены в приложении А.

### 3 Экономика

Экономические расчеты представляют собой подсчет социально-экономического эффекта от предлагаемых мероприятий. Этот показатель представляет собой расчет экономии временных затрат на передвижение населения, на простой автомобилей и общественного транспорта, а также оценка его в денежном эквиваленте (рисунки 2.30 и 2.31).

Для оценки эффекта проводится расчет показателей существующей маршрутной сети, затем рассчитываются значения при введении новой маршрутной сети.

#### 3.1 Экономические издержки существующей маршрутной сети

Для начала произведем расчет средней временной задержки на одно транспортное средство в случае срыва обслуживания (то есть в случае, если по приезду ТС парковочное место на остановке будет занято другим ТС). Для этого используем формулу 3.1:

$$t_3^1 = \frac{t_{cp} \cdot 0,5}{n_{эф}^{физ}} \quad (3.1)$$

где  $t_3^1$  – средняя задержка на одно ТС в случае срыва, с;

$t_{cp}$  – среднее время обслуживания на ОП, с;

0,5 – доля, на которую увеличивается время обслуживания в случае срыва;

$n_{эф}^{физ}$  – количество эффективных мест по физическим (проектным) показателям, ед.

Произведем расчет для ОП Сквер им. Кирова, с учетом показателей утреннего времени обслуживания. Аналогично рассчитает все показатели для других остановок.

$$t_3^1 = \frac{42 \cdot 0,5}{2,65} = 7,9$$

$$t_3^1 = 7,9 \text{ с}$$

Далее рассчитаем суммарную задержку ТС по формуле 3.2:

$$t_3^{OP} = t_3^1 \cdot z \cdot I \quad (3.2)$$

где  $t_3^{OP}$  – суммарная задержка ТС на остановке, с;

$t_3^1$  – средняя задержка на одно Тс в случае срыва, с;

$z$  – вероятность срыва;

$I$  – интенсивность ОТ за расчетный период (количество единиц ОТ, совершивших обслуживание на остановке за период наблюдения), авт. (ед.).

$$t_3^{OP} = 7,9 \cdot 0,443 \cdot 75 = 262,39$$

$$t_3^{OP} = 262,39 \text{ с}$$

После рассчитаем суммарную задержку пассажиров по формуле 3.3:

$$t_3^{nacc} = t_3^{OP} \cdot n_{cp} \quad (3.3)$$

где  $t_3^{nacc}$  – суммарная задержка пассажиров на остановке, с;

$n_{cp}$  – средняя заполняемость ТС, пасс.

Среднюю заполняемость ТС примем равной 25 пассажиров, так как это среднее количество человек, находящихся в транспорте во время часа-пик, в утреннее или вечернее время.

$$t_3^{nacc} = 262,39 \cdot 25 = 6559,82$$

$$t_3^{nacc} = 6559,82 \text{ с}$$

Годовые экономические издержки от простоя транспорта определяются по формуле 3.4:

$$MC_{TC} = \frac{\left(\frac{t_3^{OP}}{3600}\right) \cdot 650 \cdot 365}{1000000 \cdot 0,1} \quad (3.4)$$

где  $MC_{TC}$  – экономические издержки о простоя транспорта, млн.руб.;

$t_3^{OP}$  – суммарная задержка ТС на остановке, с;

650 – средняя стоимость автомобиле-часа автобуса, руб.;

365 – количество дней в году;

0,1 – коэффициент суточной неравномерности.

$$MC_{TC} = \frac{\left(\frac{262,39}{3600}\right) \cdot 650 \cdot 365}{1000000 \cdot 0,1} = 0,1729$$

$$MC_{TC} = 0,1729 \text{ млн. руб.}$$

Годовые экономические издержки от дополнительных временных затрат пассажирами рассчитаем по формуле 3.5:

$$MC_{nacc} = \frac{\left(\frac{t_3^{nacc}}{3600}\right) \cdot 390 \cdot 365}{1000000 \cdot 0,1} \quad (3.5)$$

где  $MC_{nacc}$  – экономические издержки от временных затрат пассажиров,  
млн.руб.;

$t_3^{nacc}$  – суммарная задержка пассажиров на остановке, с;

390 – средняя стоимость одного человеко-часа, руб.;

365 – количество дней в году.

0,1 – коэффициент суточной неравномерности.

$$MC_{nacc} = \frac{\left(\frac{6559,82}{3600}\right) \cdot 390 \cdot 365}{1000000 \cdot 0,1} = 2,5938$$

$$MC_{nacc} = 2,5938 \text{ млн.руб.}$$

Суммарные экономические издержки определяются по формуле 3.6:

$$MC_{общ} = MC_{TC} + MC_{nacc} \quad (3.6)$$

где  $MC_{TC}$  – экономические издержки о простоя транспорта, млн.руб.;

$MC_{nacc}$  – экономические издержки от временных затрат пассажиров,  
млн.руб.

$$MC_{общ} = 0,1729 + 2,5938 = 2,7667$$

$$MC_{общ} = 2,7667 \text{ млн.руб.}$$



Суммарные издержки по всем остановкам рассчитаем по формуле:

$$\sum MC_{\text{общ}} = MC_{\text{общ}}^1 + MC_{\text{общ}}^2 + \dots + MC_{\text{общ}}^n \quad (3.7)$$

где  $\sum MC_{\text{общ}}$  – суммарные задержки по всем остановкам, на которых проводились наблюдения, млн. руб.;

$n$  – количество остановок, в данном исследовании – 69 ОП.

$$\sum MC_{\text{общ}} = 164,847 \text{ млн. руб.}$$

### 3.2 Экономические издержки проектной маршрутной сети

При изменении маршрутной сети принимаем, что вероятность срыва  $z$  для каждой остановки не превышает 0,15. Далее, рассчитаем все показатели по формулам 3.1-3.7 после введения новых данных.

Расчеты произведены также для ОП Сквер им. Кирова, из всех данных и расчетных показателей изменена только вероятность срыва, и принята в значении 0,15.

$$t_3^1 = \frac{42 \cdot 0,5}{2,65} = 7,9$$

$$t_3^1 = 7,9 \text{ с}$$

$$t_3^{ОП} = 7,9 \cdot 0,15 \cdot 75 = 88,875$$

$$t_3^{ОП} = 88,875 \text{ с}$$

$$t_3^{nacc} = 88,875 \cdot 25 = 2221,875$$

$$t_3^{nacc} = 2221,875 \text{ с}$$

$$MC_{ТС}^{нов} = \frac{\left(\frac{88,875}{3600}\right) \cdot 650 \cdot 365}{1000000 \cdot 0,1} = 0,05857$$

$$MC_{ТС}^{нов} = 0,05857 \text{ млн. руб.}$$

$$MC_{насс}^{нов} = \frac{\left(\frac{2221,875}{3600}\right) \cdot 390 \cdot 365}{1000000 \cdot 0,1} = 0,87856$$

$$MC_{насс}^{нов} = 0,87856 \text{ млн.руб.}$$

$$MC_{общ}^{нов} = 0,05857 + 0,87856 = 0,9371$$

$$MC_{общ}^{нов} = 0,9371 \text{ млн.руб.}$$

$$\sum MC_{общ}^{нов} = 63,7894 \text{ млн. руб.}$$

Суммарные экономические издержки при введении новой маршрутной сети по всем ОП составят 63,7894 млн. руб.

### 3.3 Экономический эффект от предлагаемых мероприятий

Для расчета экономического эффекта от ввода новой маршрутной сети сравним расчетные показатели до её введения и после, используя формулу 3.8:

$$\text{ЭЭ} = \sum MC_{общ} - \sum MC_{общ}^{нов} \quad (3.8)$$

где ЭЭ – экономический эффект от предлагаемых мероприятий, млн. руб.;

$\sum MC_{общ}$  – суммарные задержки по всем остановкам, на которых проводились наблюдения в существующей маршрутной сети, млн. руб.;

$\sum MC_{\text{общ}}^{\text{нов}}$  – суммарные задержки по всем остановкам, на которых проводились наблюдения в проектной маршрутной сети, млн. руб.

$$\text{ЭЭ} = 164,847 - 63,789 = 101,058$$

$$\text{ЭЭ} = 101,058 \text{ млн.руб.}$$

Экономический эффект от предлагаемых мероприятий составит 101,058 млн. руб. в год.

Детальные расчеты по формулам 3.1-3.8 представлены в приложении Б.

## 4 Безопасность жизнедеятельности

### 4.1 Системный анализ вредных и опасных производственных факторов

Дипломный проект посвящен изучению функционирования остановочных пунктов в центральной части г. Иркутска, выявлению зависимости качества обслуживания на остановке от величины пассажирского и транспортного потоков, анализу физических и фактических габаритов остановки, а также времени обслуживания пассажиров. Также производится анализ зависимости качества обслуживания от количества маршрутов, проходящих через остановку.

Задачи раздела «Безопасность жизнедеятельности» включают в себя:

- системный анализ вредных и опасных факторов
- методы защиты от возможных опасностей и способы снижения отрицательных последствий
- описание пожарной безопасности

Основная работа по ВКР выполняется на компьютере в программах QGIS, PTV VISUM, Word, Excel.

Вредный производственный фактор — производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию (неблагоприятный микроклимат, повышенный уровень шума, вибрации, плохое освещение, неблагоприятный аэроионный состав воздуха).

Опасные производственные факторы – механические, электрические, падение с высоты, падение предметов, термические ожоги, химические ожоги, воздействие повышенных или пониженных температур, ДТП, падение, обрушение обвалы предметов и деталей, воздействие вредных веществ, и т.д. – то есть то, что угрожает жизни человека напрямую.

При работе за компьютером необходимо соблюдать требования, установленные нормативными документами (СанПин, ГОСТ). Вредные и опасные производственные факторы при работе за компьютером представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристика вредных и опасных производственных факторов

Вредные факторы	Опасные факторы	Источник опасности	Нормируемые параметры	Основные средства защиты от воздействия факторов
1	2	3	4	5
Повышенная температура. Превышение нормируемого параметра на 3-4 °С	Повышенная температура. Превышение нормируемого параметра на 5 °С и более	Системный блок, корпус компьютера	Температура воздуха 19-21°С; температура поверхностей – 18-22 °С;	Системы приточно-вытяжной или естественной вентиляции. Систематическое проветривание после каждого часа работы.
Движение воздуха более 0,1м/с		Окна	скорость движения воздуха – не более 0,1м/с	Жалюзи, занавес

Недостаточное освещение		Система общего освещения	естественное: КЕО – 1.5%, искусственное – 300Лк	Лампы, светильники, фонари
Электромагнитное излучение. Превышение нормируемого параметра в пределах ПДУ	Электромагнитное излучение. Превышение предельно допустимого уровня Епду = 25 В/м Впду = 250 нТл	Системный блок, монитор, роутер Wi-Fi	напряженность электрического поля (Е)– от 5 Гц до 2 кГц – 25 В/м; плотность магнитного потока (В) – от 5 Гц до 2 кГц – 250 нТл;	Режим проветривания. Перерывы в работе.
Шум. Превышение нормируемого уровня шума в пределах до максимально допустимых уровней звука (больше нормируемы	Превышение предельно допустимого уровня шума	Системный блок, акустическая система, принтер, клавиатура, мышь	До 70 дБА	Применение звукопоглощающих материалов



х на 15 децибел.)				
Электрический ток. Превышение нормируемого параметра в пределах ПДУ	Электрический ток. (ПДУ переменного тока частотой 50 Гц (при t свыше 1 с.) U <sub>пду</sub> – 36 В I <sub>пду</sub> – 6 мА, Постоянного тока U <sub>пду</sub> – 40 В I <sub>пду</sub> – 15 мА)	Неисправные электроприборы, поврежденные электропровода	60-280кВ/м	Зануление, защитное заземление
	Пожар	Короткое замыкание, искра	категорированное производственного помещения по пожароопасности – В1-В4	Огнетушители

## 4.2 Производственная санитария

### 4.2.1. Эргономические нормы

Основная работа проводится студентом в учебном кабинете за компьютером или ноутбуком. При выполнении работ за компьютером должны выполняться требования производственной санитарии, которые включают в себя требования к микроклимату рабочей зоны, её освещению, температурному режиму, вентиляции, наличие электромагнитного излучения и наличия электрического тока.

Организация рабочего места пользователя ПК влияет на продуктивность и качество выполняемых им работ, а также на уровень физического и психического состояния.

По СанПин 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» рабочее место со всеми его элементами должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям.

При организации рабочего места за компьютером необходимо соблюсти следующие условия:

1. Возможность удобного расположения пользователя в положении сидя, без напряжения костно-мышечной системы.
2. Беспрепятственное осуществление необходимых движений и перемещений
3. Наличие естественного и искусственного освещения

Иными словами, рабочая поза за компьютерным столом должна обеспечить минимальное напряжение, а планировка рабочей зоны (порядок и размещение предметов, средств труда и документации) - обеспечить максимальную досягаемость рабочего пространства.

Требования, относящиеся к рабочему столу пользователя ПК и ПЭВМ:

1. Рабочий стол должен обеспечивать удобное для пользователя расположение всех необходимых предметов и оборудования

2. Коэффициент отражения материала поверхности стола должен быть равен 0,5-0,7.

3. Высота стола должна регулироваться в зависимости от возраста пользователя, для взрослых пользователей стол должен иметь высоту от 680 до 800 миллиметров.

4. Пространство для ног под рабочей поверхностью стола должно иметь высоту не менее 600 мм, ширину - не менее 500 мм, глубину на уровне колен - не менее 450 мм.

В таблице 4.2 представлены нормативы высоты расположения студента над полом в зависимости от его роста.

Таблица 4.2 - Высота одноместного стола для занятий с ПЭВМ

Рост учащихся или студентов в обуви, см	Высота над полом, мм	
	поверхность стола	пространство для ног, не менее
116-130	520	400
131-145	580	520
146-160	640	580
161-175	700	640
выше 175	760	700

Стул пользователя ПК и ПЭВМ должен поддерживать удобное рабочее положение, без напряжения мышц шеи, плеч и спины. Выбор габаритов стула зависит от роста человека и характера его работы. Кресло должно регулироваться по высоте и углу наклона спинки, регулировочные механизмы должны иметь надежную конструкцию. Материал сидения должен быть выполнен из полумягкого, нескользящего, легко очищающегося материала.

Требования к конструкции рабочего стула указаны в санитарно-эпидемиологических правилах и нормативах.

К дисплею компьютера предъявляются следующие требования:

1. Расстояние до экрана должно составлять 600-700 мм, но не ближе 500 мм;
2. Центр экрана должен быть расположен перпендикулярно взору.

Клавиатуру располагают на поверхности стола на расстоянии 100 - 300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы. [15]

#### 4.2.2 Микроклимат рабочей зоны

Производственный микроклимат – это совокупность метеорологических условий, характерных для данного производственного участка.

Метеорологические условия производственной среды – это физическое состояние воздушной среды, которое характеризуется температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также тепловым излучением от нагретых поверхностей [16].

Требования к микроклимату устанавливают следующие санитарно-эпидемиологические правила и нормативы:

СанПин 2.2.4.548–96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

В помещении где установлен компьютер температура, относительная влажность и скорость движения воздуха должны соответствовать действующим санитарным нормам микроклимата.

В помещениях образовательного учреждения оборудованных ПВЭМ должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата.

Таблица 4.3 – Оптимальные параметры микроклимата во всех типах учебных и дошкольных помещений с использованием ПВЭМ [16]

Температура, С <sup>0</sup>	Относительная влажность, %	Абсолютная влажность, г/м <sup>3</sup>	Скорость движения воздуха, м/с
19	62	10	< 0,1
20	58	10	< 0,1
21	55	10	< 0,1

Таблица 4.4 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат Вт	Температура воздуха, С <sup>0</sup>	Температура поверхностей С <sup>0</sup>	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iа(до 139 Вт)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб(140-174 Вт)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Iа(до 139 Вт)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб(140-174 Вт)	22-24	21-25	60-40	0,1

Согласно СанПин 2.2.4.548–96, нормы микроклимата определены отдельно для теплого и холодного периодов года. Холодным периодом года считается период, во время которого среднесуточная температура наружного

воздуха равна +10 С0 и ниже, если же данный показатель превышает 10 С0, то период считается теплым. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением, к таким местам относится и компьютерный кабинет.

С помощью ртутного термометра 30 апреля 2020 года был произведен замер температуры окружающего воздуха в учебном кабинете,  $t=24\text{ С}^0$ , что соответствует оптимальным нормам.

Поддержание оптимальных величин показателей микроклимата обеспечивается наличием центральной системы отопления, систем приточно-вытяжной и естественной вентиляции. В рабочей аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы.

#### 4.2.3 Освещенность рабочей зоны

Освещение рабочей зоны значительно влияет на интенсивность зрительного утомления. Требования к освещению рабочих мест, оборудованных ПК определяются характером зрительной работы.

На зрительную работоспособность и утомление влияет наличие дополнительной нагрузки на орган зрения в виде мерцания монитора и необходимости постоянной адаптации при перемещении взора с экрана на клавиатуру и бумажный носитель. Поэтому, требования к зрительной работоспособности при работе с персональным компьютером чрезвычайно высоки.

Негативно может сказаться как недостаток освещения, так и его переизбыток. Недостаточное освещение способствует утомлению, напряжению зрительного органа, снижению внимания, слишком яркое освещение вызывает ослепление, раздражение, дискомфорт глаз. Также

неправильно подобранное освещение может создавать тени, блики, свечения, что способно привести к кратковременной потере ориентации в пространстве и получению различных травм.

Таблица 4.5 - Взаимосвязь нормируемых параметров естественного и искусственного освещения с характеристиками зрительных работ в жилых и общественных помещениях [17]

Характеристики зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы	Освещенность на рабочей поверхности от системы общего искусственного освещения, лк	Средний КЕО при верхнем или верхнем и боковом освещении	Минимальный КЕО при боковом освещении
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Различение объектов при фиксированной линии зрения</i>							
Очень высокой точности	0,1 - 0,3	А	1	$\geq 70$	500	4,0	1,5
			2	$< 70$	400	3,5	1,2
Высокой точности	0,3 - 0,5	Б	1	$\geq 70$	300	3,0	1,2
			2	$< 70$	200	2,5	1,0
Средней точности	$> 0,5$	В	1	$\geq 70$	150	2,0	0,5
			2	$< 70$	100	2,0	0,5

По СанПин 2.2.1/2.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и



общественных зданий» работа за компьютером относится к разряду III Б - работы высокой точности.

В соответствии с СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» при выполнении работ высокой зрительной точности, т.е. когда размер объекта различения составляет всего 0,3–0,5 мм, и когда данная работа длится продолжительное время, коэффициент естественного освещения должен быть не менее 1%.

КЕО – это отношение естественной освещенности, в некоторой точке плоскости, внутри помещения, светом неба, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода.

Окна помещения, в котором установлен компьютер, должны иметь устройства для контроля над количеством пропускаемого света, например, жалюзи, занавес, внешние козырьки.

Источниками искусственного освещения обычно выступают люминесцентные лампы, объединенные в светильники, линии которых должны располагаться над рабочим столом, ближе к его переднему краю.

Для помещения, где проводится работа с компьютером, используется система общего освещения. Нормами для данных работ установлена необходимая освещенность рабочего места 300 лк.

Общим освещением считается освещение, при котором осветительные приборы (светильники), размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное) или в непосредственной близости к рабочему месту (общее локализованное освещение).

Коэффициент естественного освещения в рабочем кабинете составил 1,35% (Световые проемы находятся в наружных стенах зданий, ориентированы на северо-восток, Иркутская область относится к 2 группе

административных районов по ресурсам светового климата, следовательно, коэффициент светового климата равен 0,9) при норме 1,5%.

Наблюдается нехватка естественного освещения, поэтому выполним расчёт искусственного освещения.

В кабинете используются светильники ПВЛ (пылевлагозащищенный люминесцентный) с люминесцентными лампами типа ЛБ40.

Площадь учебного кабинета – 21м<sup>2</sup>, его ширина 3,5 метра, длина – 6 метров, высота 2,5 метра. Для расчета используется метод светового потока.

Чтобы установить необходимое количество светильников, определим световой поток, падающий на поверхность по формуле:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}, \quad (4.1)$$

где F – рассчитываемый световой поток, Лм;

E – нормированная минимальная освещенность, Лк. Работу программиста, можно отнести к разряду точных работ, следовательно, минимальная освещенность будет E = 300Лк;

S – площадь освещаемого помещения (в нашем случае S = 21м<sup>2</sup>);

Z – отношение средней освещенности к минимальной (обычно принимается равным 1,1...1,2, примем Z = 1,1);

K – коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (его значение зависит от типа помещения и характера проводимых в нем работ и в нашем случае K = 1,5);

n – коэффициент использования, (выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп и исчисляется в долях единицы; зависит от характеристик

светильника, размеров помещения, окраски стен и потолка, характеризующих коэффициентами отражения от стен (РС) и потолка (РП)), значение коэффициентов: стены серые по оттенку ближе к темному, РС=30%, потолок тоже серый, но светлее чем стены, РП=50%. Значение  $n$  определим по таблице коэффициентов использования различных светильников [18].

Для этого вычислим индекс помещения по формуле:

$$I = \frac{S}{h(A+B)}, \quad (4.2)$$

где  $S$  - площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$h$  - расчетная высота подвеса, м;

$A$  - ширина помещения, м;

$B$  - длина помещения, м.

Подставив значения получим:

$$I = \frac{21}{2,5 \cdot (3,5 + 6)} = 0,88$$

$$I = 0,88$$

Зная индекс помещения  $I$ , находим  $n = 0,27$

Подставим все значения в формулу для определения светового потока  $F$ :

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 21 \cdot 1,1}{0,27} = 38500$$

$$F = 38500 \text{ Лм}$$

Для освещения выбираем люминесцентные лампы типа ЛБ40-1, световой поток которых  $F = 4320 \text{ Лк}$ .

Рассчитаем необходимое количество ламп по формуле:

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}}, \quad (4.3)$$

где  $N$  - определяемое число ламп;

$F$  - световой поток, Лм;

$F_{\text{л}}$  - световой поток лампы, Лм.

$$N = \frac{38500}{4320} = 8,9$$

$N = 9$  штук.

При выборе осветительных приборов используем светильники типа ПВЛ [17].

Правильно подобранное освещение способно снизить развитие такого профзаболевания как снижение остроты зрения, а также позволяет снизить уровень зрительного напряжения в процессе выполнения работ.

#### 4.2.4 Электромагнитное излучение

При работе за компьютером, на человека воздействует электромагнитное излучение. Данное излучение оказывает негативное воздействие на все системы организма. Для снижения влияния компьютера на человека следует соблюдать следующие рекомендации:

- Максимальная продолжительность работы за компьютером не более 3-х часов в день.

- Соблюдения режима проветривания помещения, в котором выполняются работы с использованием ПК.

- Делать перерывы после каждых 2-х часов работы.

#### 4.2.5 Шум

Шум оказывает на организм человека отрицательное воздействие. При длительном воздействии вызывает раздражительность, повышенную утомляемость, снижение памяти, боли в ушах, головные боли, головокружение.

Основными источниками шума в ПК являются: жесткие диски, CD-DVD приводы, вентиляторы (кулеры), клавиатура, мышь. Уровень шума исправного современного компьютера находится в пределах от 35 до 50 дБА. Для сравнения обычная речь – 40 дБА, разговор, пишущая машинка – 50 дБА.

Норма для кабинетов административных зданий, офисных и рабочих помещений составляет 50 дБА.

Таблица 4.6 - Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА (дБ) [19]

Категория напряженности труда	Категория тяжести труда			
	I. Легкая	II. Средняя	III. Тяжелая	IV. Очень тяжелая
I. Мало напряженный	80	80	75	75
II. Умеренно напряженный	70	70	65	65
III. Напряженный	60	60	-	-
IV. Очень напряженный	50	50	-	-

В кабинете был произведен замер уровня шума. Замеренный показатель, равный 50 дБА, находится в пределах нормы. Для снижения уровня шума

стены и потолок помещения выполнены из звукопоглощающих материалов. Примерами эффективных звукопоглощающих материалов являются минераловатные плиты на различных связующих, гипсовые и другие материалы.

#### 4.2.6 Электрический ток

Электрический ток является опасным фактором, влияющим на здоровье. Ток бывает двух видов переменный и постоянный. Наиболее опасным является переменный ток.

Для защиты пользователей ПК применяется такой метод как зануление и защитное заземление. Применив в помещении зануление или заземление, возможно, снизить вероятность удара током. В рабочем кабинете в целях обезопасить пользователя ПК применяется заземление.

Если произошел удар электрическим током первым шагом необходимо отключить рубильник с подачей электричества, вызвать скорую 03 (103) и провести реанимационные действия, если человек потерял сознание.

#### 4.3 Техника безопасности

Техника безопасности при работе с ПК приведена в Типовой инструкции ТОИ Р-45-084-01. В инструкции прописаны требования, предъявляемые к охране труда, инструкции по технике безопасности перед началом, во время и после завершения работы с ПК.

Перед работой все сотрудники должны пройти инструктаж по охране труда. В обязанности работника входит содержание рабочего места в чистоте, соблюдать режим труда и отдыха, соблюдать меры пожарной безопасности.

Перед началом работы следует подготовить рабочее место, проверить целостность проводов электропитания, правильность подключения оборудования к электросети, отрегулировать освещение, положение стола, стула, клавиатуры. В конце рабочего дня необходимо навести порядок.

Во время работы нельзя переключать кабели, каких-либо устройств если включено их питание от электросети, допускать попадание влаги на ПК, производить вскрытие и ремонт оборудования.

В случае возникновения аварийных ситуаций незамедлительно отключить питание и сообщить об аварии руководителю, при получении травм организовать первую доврачебную помощь, вызвать скорую медицинскую помощь по номеру 103.

Основным опасным фактором при работе за компьютером является электрический ток. Наиболее опасным является переменный ток. Для защиты используют зануление и заземление.

В случае поражения необходимо прекратить подачу электричества, вызвать скорую помощь, при необходимости провести реанимационные действия.

#### 4.4 Чрезвычайные ситуации

В помещении с компьютерным оборудованием возможно возникновение такой чрезвычайной ситуации как пожар. Причиной возникновения пожара может стать короткое замыкание, перегрев электрооборудования возникающий при перегрузке сети.

По нормам пожарной безопасности 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» кабинет можно отнести к категории В1-В4 пожароопасные – в помещении находятся горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие



и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б [20].

В рабочем кабинете присутствуют горючие материалы:

- древесина и древесные материалы (мебель)
- бумажные материалы
- электрооборудование

Действия в случае пожара:

1. Сообщить о пожаре по телефону 101 или сотовому 112 и указать адрес пожара;
2. Вывести людей через основные и запасные пути эвакуации;
3. Обесточить электросеть;
4. Приступить к тушению пожара при помощи огнетушителей и подручных средств (вода из крана, накидки из плотного материала и т.д.);
5. В случае риска для жизни и здоровья переместиться в безопасную зону;
6. Встретить прибывающих пожарных и указать место пожара (аварии).

В кабинете находится ручной порошковый универсальный огнетушитель ОПУ-5.

Порошковые огнетушители – это специальное устройство, в стальной корпус которого закачивается под давлением порошок. Открывание и закрывание аппарата происходит, благодаря специальному клапану, индикатору давления.



Рисунок 4.1 – Огнетушитель порошковый универсальный ОПУ-5

Данный тип огнетушителя используются для тушения возгорания веществ в твердой, жидкой и газообразной форме, а также электрических установок, которые находятся под напряжением.

Длина расстояния, с которого можно начинать тушение пожара – 3,5 м.

Наличие плана эвакуации обязательно для учреждений всех уровней. План эвакуации — это разработанный в соответствии с ГОСТ Р 12.2.143–2009 «Система стандартов безопасности труда. Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля» маршрут движения людей в сторону выходов из здания, применяемый при возникновении опасной ситуации.

Данный план кроме общей схемы здания обязательно содержит лестницы, аварийные выходы, места, нахождения огнетушителей. Текстовая часть содержит методы оповещения, фамилии лиц ответственных за

пожарную безопасность, порядок выключения автоматических противоаварийных и противопожарных систем.



Рисунок 4.2 – План эвакуации

В данном разделе были рассмотрены вредные и опасные факторы, оказывающие влияние на человека при выполнении работ за ПК, а также способы снижения их негативного влияния. К таким факторам были отнесены: повышенная температура воздуха, недостаточное освещение, электромагнитное излучение, шум, электрический ток, пожары.

Используемые средства защиты: системы приточно-вытяжной, естественной вентиляции, систематическое проветривание, наличие жалюзи, применение в отделке помещения звукопоглощающих материалов, защитное заземление.

Был выполнен расчет необходимого количества ламп для освещения рабочего кабинета.

## 5 Экология

### 5.1 Влияние загрязняющих веществ на окружающую среду

Ежегодно каждый автомобиль поглощает из атмосферы порядка четырех тонн кислорода и при этом вместе с отработавшими газами выбрасывает восемьсот килограмм угарного газа, сорок килограмм оксидов азота и около двухсот килограмм различных углеродов. При использовании двигателя этилированного бензина в воздух выбрасывается свинец, легко оседающий в почве. Взаимосвязь всех этих вредных элементов с организмом человека может привести к тяжелым заболеваниям, включая онкологию.

Автомобили загрязняют воздух веществами, которые выбрасываются с отработавшими и картерными газами. При этом основная масса вредных выбросов современного автомобиля приходится на отработавшие газы.

Автомобильный транспорт потребляет значительное количество ресурсов, используемых для производства единицы конечной продукции (перевозки). При этом оказывает негативное воздействие на окружающую среду, которое постоянно возрастает. [21]

### 5.2 Расчет количества загрязняющих веществ в отработавших газах автомобилей в транспортном потоке

Исходными данными для расчета выбросов в атмосферу являются данные обследований структуры и интенсивности транспортного потока, проходящего мимо ОП «Музыкальный театр», классифицированных по основным категориям автотранспортных средств. Всего было выделено 8 типов категорий:

1 группа – легковой автомобиль;

- 2 группа – микроавтобус;
- 3 группа – грузовой автомобиль с грузоподъемностью до 2 тонн;
- 4 группа – автобус малой вместимости;
- 5 группа – грузовой автомобиль с грузоподъемностью от 2 до 6 тонн;
- 6 группа – автобус большой вместимости;
- 7 группа – грузовой автомобиль с грузоподъемностью более 6 тонн;
- 8 группа – сочлененный автобус или автопоезд.

Для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов воспользуемся исходными данными (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Исходные данные

$v_k$ , авт./ч								$V$ , км/ч	$L$ , км	$S$ , авт./ч	Доля, % $\text{H}_2$
1	2	3	4	5	6	7	8				
396	29	6	35	4	10	0	5	50	3	1886	50

Выброс  $i$ -го загрязняющего вещества (г/сек) движущимся автотранспортным потоком по магистральной улице (или ее участке) протяженностью  $L$ (км) определяют по формуле:

$$M_i^L = \frac{L}{3600} \sum_1^k m_{ik}^{np} \cdot v_k \cdot r_{iV}, \quad (5.1)$$

где  $L$  – протяженность улицы, из которой исключена протяженность очереди автомобилей перед запрещающим сигналом светофора и длина соответствующей зоны перекрестка, км;

$m_{ik}^{np}$  – пробеговый выброс  $i$ -го вредного вещества автомобилями  $k$ -ой группы, г/км (см. таблица 5.2);

$k$  – количество групп автомобилей;

$v_k$  – интенсивность движения  $k$ -ой группы транспортных средств, авт./ч.;  
 $r_{iv}$  – поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость транспортных средств, определяемый по таблице 5.3. [22]

Таблица 5.2 – Значение пробеговых выбросов  $m_{ik}^{np}$  (г/км) для различных групп автомобилей

Группа ТС	Выбросы, г/км.				
	$CO$	$NO_x$	$CH$	$C$	$SO_x$
1. Легковые автомобиль	5,0	1,3	1,1	0,03	0,03
2. Микроавтобус	2,0	0,7	0,4	0,02	0,03
3. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью до 2 тонн	12,0	2,0	2,5	0,08	0,06
4. Автобус малой вместимости	35,0	5,2	8,5	-	0,04
5. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью от 2 до 6 тонн	7,0	6,0	5,0	0,3	0,07
6. Автобус большой вместимости;	60,0	5,2	10,0	-	0,05
7. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью более 6 тонн	9,0	7,0	5,5	0,4	0,1
8. Сочлененный автобус или автопоезд.	12,0	8,0	6,5	0,5	0,12

Таблица 5.3 – Коэффициент  $r_{iv}$ , учитывающий изменение количества отработавших газов от скорости движения

$V$ , км/ч	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	80	100
$r_{iv}$	1,35	1,28	1,2	1,1	1,0	0,88	0,75	0,63	0,5	0,3	0,45	0,5	0,65

Рассчитаем общий выброс загрязняющих веществ (г/сек) движущимся автотранспортным потоком по участку улицы протяженностью 5 км.



$$M_{CO} = \frac{3}{3600} ((5 \cdot 396 \cdot 0,5) + (2 \cdot 29 \cdot 0,5) + (12 \cdot 6 \cdot 0,5) + (35 \cdot 35 \cdot 0,5) + (7 \cdot 4 \cdot 0,5) + (60 \cdot 10 \cdot 0,5) + (9 \cdot 0 \cdot 0,5) + (12 \cdot 5 \cdot 0,5)) = 1,67625$$

$$M_{CO} = 1,67625 \text{ г/сек};$$

Таблица 5.4 – Результаты расчетов выбросов загрязняющих веществ движущегося транспортного потока, г/сек

Группа ТС	Выбросы при движении ( $M_{Li}$ )				
	CO	NOx	CH	Сажа	SO2
1. Легковые автомобиль	0,825	0,2145	0,1815	0,00495	0,00495
2. Микроавтобус	0,024167	0,008458	0,004833	0,000242	0,000363
3. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью до 2 тонн	0,03	0,005	0,00625	0,0002	0,00015
4. Автобус малой вместимости	0,510417	0,075833	0,123958	-	0,000583
5. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью от 2 до 6 тонн	0,011667	0,01	0,008333	0,0005	0,000117
6. Автобус большой вместимости;	0,25	0,021667	0,041667	-	0,000208
7. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью более 6 тонн	0	0	0	0	0
8. Сочлененный автобус или автопоезд.	0,025	0,016667	0,013542	0,001042	0,00025
Итого (г/сек)	1,67625	0,352125	0,380083	0,006933	0,006621

Результаты расчетов величин выбросов загрязняющих веществ движущегося автотранспорта представлены в таблице 5.4.

### 5.3 Расчёт вредных выбросов в зоне регулируемого перекрестка

Расположение светофорного объекта по отношению к остановке представлено на рисунке 5.1.

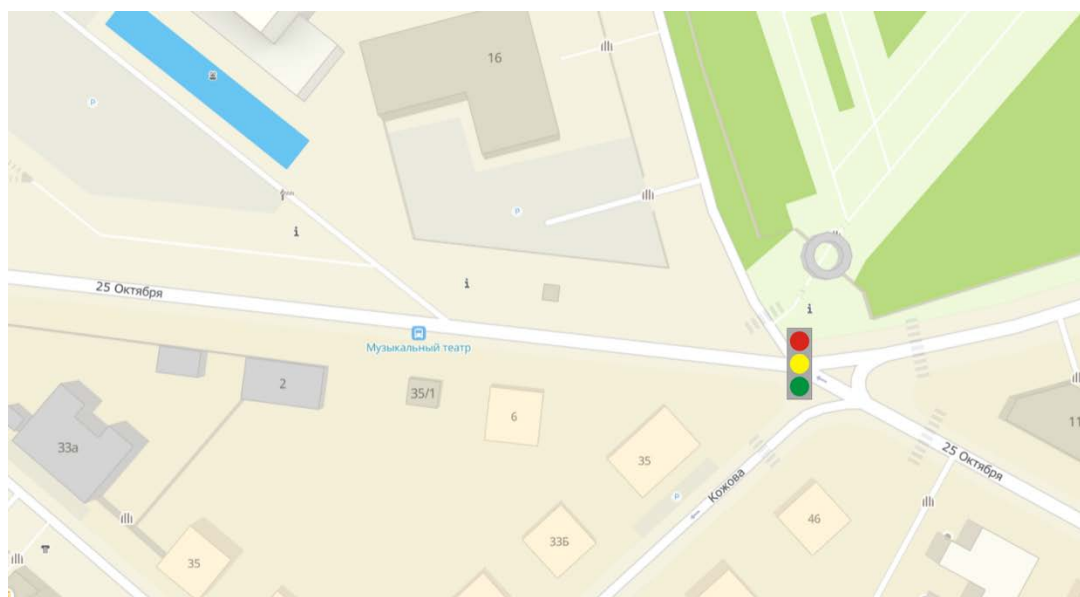


Рисунок 5.1 – Расположение светофора после ОП «Музыкальный театр»

Длительность светового цикла составляет  $C=100$  с, длительность зеленого сигнала по отношению к рассматриваемому потоку – 45 с.

Выбросы вредных веществ зависят:

- от длины очереди;
- от структуры транспортного потока.

Для начала рассчитаем длину очереди транспортных средств, в конце запрещающего сигнала светофора.

Для каждого направления движения определяем длину очереди по формуле 5.2:

$$Q_{max} = \frac{v \cdot R}{3600 \cdot (1 - v/S)} \quad (5.2)$$

где  $v$ - интенсивность движения на подходе (суммарная интенсивность движения на проходе), авт. час;

$R$  – длительность запрещающего сигнала, с.;

$S$  – интенсивность разъезда на полосу движения. [22]

Суммарная интенсивность определяется путем наблюдения и расчета системы, и составляет 1886 авт./час

Интенсивность движения на неосновных направлениях (н2) суммарно составляет:

$$1886 \cdot 0,5 = 943 \text{ авт./ч}$$

Интенсивность движения на основном направлении н1 составляет:

$$1886 - 943 = 943 \text{ авт/ч}$$

Длина очереди в конце запрещающего сигнала светофора:

$$Q_{max}^{н1} = \frac{946 \cdot 45}{3600 \cdot (1 - \frac{946}{1886})} = 23,72$$

$$Q_{max}^{н1} = 23,72 \text{ авт}$$

$$Q_{max}^{н2} = \frac{946 \cdot 55}{3600 \cdot (1 - \frac{946}{1886})} = 28,99$$

$$Q_{max}^{н2} = 28,99 \text{ авт.}$$

Суммарная длина очереди на подходе составит:

$$23,72 + 28,99 = 52,71 = 53 \text{ авт.}$$

Таблица 5.5 – Результаты расчетов длин очередей на подходе к перекрестку

Направление движения	н1	н2
Количество полос движения, ед.	1	1
Суммарная интенсивность, авт/ч	1886	
Интенсивность движения на полосах, авт/ч	943	943
Средняя продолжительность запрещающего сигнала( $R$ ), с.	45	55
Количество запрещающих тактов светофора за 20мин. $N_{\text{ц}} = \frac{20 \cdot 60}{R_{\text{общ}}}$	12	12
Величина потока насыщения ( $S$ ), авт./ч	1886	1886
Длина очереди в конце запрещающего сигнала светофора $Q_{\text{max}}$ , авт	23,72	28,99
Суммарная длина очереди на подходе, авт.	53	

Выброс  $i$ -го вредного вещества на перекрестке (г/мин) при запрещающем сигнале светофора  $M_{\text{П}i}$  определим по формуле 5.3:

$$M_{\text{П}i} = \frac{R}{40} M_{ik}^{\text{оч}} \cdot Q_{\text{max}}^k \cdot N_{\text{ц}}, \quad (5.3)$$

где  $R$  – средняя продолжительность действия запрещающего сигнала, мин (включая промежуточный такт);

$N_{\text{ц}}$  – количество запрещающих тактов сигнала светофора за 20 минутный период времени, ед;

$m_{ik}^{оч}$  – удельный выброс  $i$ -го загрязняющего вещества автомобилями  $k$ -ой группы, находящихся в «очереди» у запрещающего сигнала светофора, г/мин;

$Q_{max}^k$  – количество автомобилей  $k$ -ой группы, находящихся в «очереди» в зоне перекрестка в конце  $n$ -го цикла запрещающего сигнала светофора. [22]

Значения  $m_{ik}^{оч}$  определяется по таблице 5.6, в которой приведены средние значения удельных выбросов (г/мин).

Таблица 5.6 – Удельные значение выбросов для автомобилей, находящихся в зоне перекрестка  $m_{ik}^{оч}$ , (г/мин)

Группа ТС	Выбросы				
	CO	NO <sub>x</sub>	CH	Сажа	SO <sub>2</sub>
1. Легковые автомобиль	0,8	0,02	0,12	0,02	0,006
2. Микроавтобус	0,3	0,01	0,05	0,01	0,006
3. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью до 2 тонн	2,0	0,04	0,25	0,04	0,012
4. Автобус малой вместимости	4,0	0,08	0,9	-	0,009
5. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью от 2 до 6 тонн	1,1	0,11	0,6	0,2	0,015
6. Автобус большой вместимости;	10,0	0,12	1,2	-	0,009
7. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью более 6 тонн	1,5	0,12	0,6	0,23	0,02
8. Сочлененный автобус или автопоезд.	12,0	8,0	6,5	0,5	0,12

Количество автомобилей  $k$ -ой группы, находящихся в «очереди» в зоне перекрестка в конце  $n$ -го цикла запрещающего сигнала светофора, рассчитаем по формуле:

$$Q_{\max} = \frac{v_c}{\sum_{i=k} v} \quad (5.4)$$

$$Q_{\max 1} = \frac{396}{1886} \cdot 4 = 0,836$$

$$Q_{\max 2} = \frac{29}{1886} \cdot 4 = 0,06$$

$$Q_{\max 3} = \frac{6}{1886} \cdot 4 = 0,0124$$

$$Q_{\max 4} = \frac{35}{1886} \cdot 4 = 0,0632$$

$$Q_{\max 5} = \frac{4}{1886} \cdot 4 = 0,00848$$

$$Q_{\max 6} = \frac{10}{1886} \cdot 4 = 0,00212$$

$$Q_{\max 7} = \frac{0}{1886} \cdot 4 = 0$$

$$Q_{\max 8} = \frac{5}{1886} \cdot 4 = 0,0106$$

$$R = \frac{55}{100} = 0,55$$

Далее рассчитаем выброс на перекрестке при запрещающем сигнале светофора по формуле 5.3 для каждого подвижного состава:

$$M_{\Pi i} = \frac{0,55}{40} 0,8 \cdot 0,209 \cdot 12 = 0,0275$$

$$M_{Pi} = 0,0275 \text{ г/мин}$$

Аналогично рассчитаем выбросы для остальных видов подвижного состава и видов отходов.

Таблица 5.7 – Количество выброшенных веществ на подходе, г/мин

Группа ТС	Структура $Q_{\max}$	Выбросы при движении ( $M_{Pi}$ )				
		$CO$	$NO_x$	$CH$	Сажа	$SO_2$
1. Легковые автомобиль	0,836	0,1104	0,0028	0,0166	0,0028	0,0008
2. Микроавтобус	0,06	0,0030	0,0001	0,0005	0,0001	0,0001
3. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью до 2 тонн	0,0124	0,0041	0,0001	0,0005	0,0001	0,0000
4. Автобус малой вместимости	0,0632	0,0417	0,0008	0,0094	-	0,0001
5. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью от 2 до 6 тонн	0,00848	0,0015	0,0002	0,0008	0,0003	0,0000
6. Автобус большой вместимости;	0,00212	0,0035	0,0000	0,0004	-	0,0000
7. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью более 6 тонн	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8. Сочлененный автобус или автопоезд.	0,0106	0,0210	0,0140	0,0114	0,0009	0,0002
Итого	1	0,1852	0,0180	0,0396	0,0041	0,0012



Рассчитанные значения внесены в таблицу 5.8.

Таблица 5.8 – Результаты расчетов суммарных выбросов загрязняющих веществ транспортного потока, г/мин

Группа ТС	Выбросы при движении ( $M_i$ )				
	$CO$	$NO_x$	$CH$	Сажа	$SO_2$
1. Легковые автомобиль	0,9354	0,2173	0,1981	0,0077	0,0058
2. Микроавтобус	0,0271	0,0086	0,0053	0,0003	0,0004
3. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью до 2 тонн	0,0341	0,0051	0,0068	0,0003	0,0002
4. Автобус малой вместимости	0,5521	0,0767	0,1333	-	0,0007
5. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью от 2 до 6 тонн	0,0132	0,0102	0,0092	0,0008	0,0001
6. Автобус большой вместимости;	0,2535	0,0217	0,0421	-	0,0002
7. Грузовой автомобиль с грузоподъемностью более 6 тонн	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8. Сочлененный автобус или автопоезд.	0,0460	0,0307	0,0249	0,0019	0,0005
Итого	1,8614	0,3701	0,4197	0,0110	0,0079

Найдем общий выброс движущегося транспортного потока и автомобилей, стоящих на перекрестке просуммировав соответствующие значения:

$$M_i = M_{Li} + M_{Pi}, \quad (5.5)$$

где  $M_{Li}$  – результаты расчетов выбросов вредных веществ движущегося транспортного потока, (таблица 5.4);

$M_{Pi}$  – результаты расчетов выбросов вредных веществ транспортного потока, находящегося в зоне регулируемого пересечения, (таблица 5.7). [22]

$$M_{CO} = M_{L(CO)} + M_{P(CO)} = 0,825 + 0,1104 = 0,9354$$

$$M_{CO} = 0,9354 \text{ г/мин}$$

Количество выбросов автотранспортными средствами проезжающие на перекрестке составило: CO – 1,8614 г/мин; NO<sub>x</sub> – 0,3701 г/мин; CH – 0,4197 г/мин; Сажа – 0,0110 г/мин; SO<sub>2</sub> – 0,0079 г/мин.

## Заключение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы была определена пропускная способность остановочных пунктов в центральной части г. Иркутска. Для её расчета было выполнено обследование 69 остановок в утренний час-пик с 8 до 8:30 и в вечерний час-пик с 17:30 до 18. Данные замеры были обработаны, нанесены на различные карты для проведения анализа, также дополнены данными из других баз данных для расчета пропускной способности.

Важным результатом работы является отработка метода расчета пропускной способности, уровня загрузки. Дополнительно были выведены коэффициенты для формулы расчета времени стоянки на ОП. В дальнейшем это позволит производить расчеты этого показателя по времени обслуживания населения, не прибегая к натурным исследованиям.

Ещё одним результатом работы стало определение уровня обслуживания по коэффициенту вариации, рассчитанному по интервалу прибытия. Это позволило оценить регулярность следования общественного транспорта в городе, что является важным фактором качества предоставляемых перевозок.

Полученные результаты проведенной работы являются актуальными и полезными для проведения дальнейших исследований пассажирского транспорта в Иркутске и за его пределами. Вынесенные рекомендации смогут найти применение в планировании остановочных пунктов и маршрутных сетей для снижения нагрузки с общественного транспорта, что позволит повысить уровень обслуживания и качество жизни населения.

## Список использованных источников

1. Определение маршрутной сети URL: [https://normative\\_reference\\_dictionary.academic.ru/33868маршрутная\\_сеть](https://normative_reference_dictionary.academic.ru/33868маршрутная_сеть) (Дата обращения: 15.03.2020 г.);
2. Транспортная сеть и автобусная маршрутная сеть URL: [studref.com/301419/logistika/transportnaya\\_set\\_avtobusnaya\\_marshrutnaya\\_sistema](http://studref.com/301419/logistika/transportnaya_set_avtobusnaya_marshrutnaya_sistema) (Дата обращения: 15.03.2020 г.);
3. Vuchic V.R. Urban transit systems and technology / V.R. Vuchic - John Wiley & Sons, Inc., 2007. – 602 с. (Дата обращения: 20.03.2020 г.);
4. Вучик В.Р. Транспорт в городах, удобных для жизни / В.Р. Вучик – Территория будущего, 2011. – 53 с. (Дата обращения: 20.03.2020 г.);
5. Свободная энциклопедия Википедия: информация о численности населения и площадях городов Портленд, Лион, Штудгарт, Хельсинки URL: <https://ru.wikipedia.org/> (Дата обращения: 22.03.2020 г.);
6. Свободная энциклопедия Википедия: информация о системе рельсовой дороги Stadtbahn в Германии URL: <https://ru.wikipedia.org/> (Дата обращения: 25.03.2020 г.);
7. Булавина Л.В. Проектирование и оценка транспортной сети и маршрутной системы в городах: выполнение курсового и дипломного проектов [учебно-методическое пособие] / Л.В. Булавина – М-во образования и науки Рос. Федерации, Уральский федеральный университет, 2013. — 48 с. (Дата обращения: 28.03.2020 г.);
8. Левашев А.Г. Методика проектирования остановочных пунктов / А.Г. Левашев – Транспортная лаборатория ИРНИТУ, 2015. – 13 с. (Дата обращения: 31.03.2020 г.);

9. Официальный портал города Иркутска URL: <https://admirk.ru/> (Дата обращения: 2.04.2020 г.);
10. Свободная географическая информационная система QGIS URL: <https://qgis.org/ru/site/> (Дата обращения: 15.04.2020 г.);
11. Паспорт светофорного объекта Ленина-Дзержинского – ООО Комсигнал, 2002. – 3 с. (Дата обращения: 26.04.2020 г.);
12. Система для анализа данных STATISTICA URL: <http://statsoft.ru/> (Дата обращения: 28.04.2020 г.);
13. Руководство по транспортному дизайну, Флорида, США, 2004 URL: <http://teachamerica.com/tih/PDF/transit-design-manual.pdf> (Дата обращения: 28.04.2020 г.);
14. Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры города Иркутска, АО «Институт «Стройпроект» и НИ «Транспортная лаборатория ИРННТУ» URL: <http://municipal.garant.ru/#/document/162413789> (Дата обращения: 29.04.2020 г.);
15. СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» URL: <https://base.garant.ru/4179328> (Дата обращения: 29.04.2020 г.);
16. СанПин 2.2.4.548–96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» URL: <https://base.garant.ru/4173106/> (Дата обращения: 29.04.2020 г.);
17. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (Дата обращения: 29.04.2020 г.);
18. Тимофеева С.С., Бавдик Н.В., Линдинау Н.М., Лыкова О.В., Никитина О.И., Ружникова Е.А., Цветкун Н.В. / Безопасность жизнедеятельности: Лабораторные работы. Ч.1 – Иркутск: Изд-во ИРГТУ, 2005. (Дата обращения: 29.04.2020 г.);

19. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» URL: <https://base.garant.ru/4174553/> (Дата обращения: 29.04.2020 г.);

20. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» URL: <https://base.garant.ru/12133763/> (Дата обращения: 29.04.2020 г.);

21. Р.Ю.Лагерев, А.В Зедгенизов Конспект лекций «Исследование влияния автомобиля на окружающую среду» / Р.Ю. Лагерев, А.В. Зедгенизов – ИрГТУ, 2016. – 92 с. (Дата обращения: 25.05.2020 г.);

22. Р.Ю.Лагерев, А.В Зедгенизов Исследование влияния автомобиля на окружающую среду: методические указания по выполнению практических и самостоятельных работ / Р.Ю. Лагерев, А.В. Зедгенизов – ИрГТУ, 2015. – 32 с. (Дата обращения: 25.05.2020 г.).

## Приложение А

### Основные расчетные показатели работы

Таблица А.1 – Основные расчетные показатели проектного раздела

Название ОП	Утро/ вечер	Среднее t обслужи вания	Количество вошедших пассажиrow, чел.	Количество вышедших пассажиrow, чел.	Вероятн ость срыва в обслужи вании	Пропускная способность ОП по физическим параметрам	Пропускная способность ОП по фактическим параметрам	Существующе е количество маршрутов на ОП	Проектное количество маршрутов на ОП
Сквер им. Кирова	вечер	0:00:48	69	159	0,5147	61,5	61,5	43	10
Сквер им. Кирова	утро	0:00:42	153	472	0,4429	73,3	73,3	43	10
Филармония	утро	0:00:21	53	225	0,4507	146,6	211,5	31	3
Экономическая академия	утро	0:00:21	5	70	0,5000	128,5	128,5	5	3
Экономическая академия	вечер	0:00:20	13	7	0,6364	143,9	143,9	5	3
Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	утро	0:14:09	21	51	0,5714	130,0	130,0	7	3
Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	вечер	0:13:06	51	29	0,3750	217,3	217,3	7	3
Ленина (филармония)	утро	0:00:41	202	208	0,4933	64,2	98,2	24	10
Ленина (филармония)	вечер	0:00:31	247	187	0,3200	103,4	158,3	24	10
130-й квартал	утро	0:00:17	10	23	0,3500	185,3	185,3	7	4
130-й квартал	вечер	0:00:16	33	1	0,4500	126,7	126,7	7	4
Чкалова (трамвайная) в центр	утро	0:00:19	20	64	0,2857	149,5	149,5	3	2
Чкалова (трамвайная) в центр	вечер	0:00:20	64	80	0,5000	118,3	118,3	3	2

Чкалова (трамвайная) на мост	утро	0:00:24	8	63	0,6667	96,9	96,9	3	2
Чкалова (трамвайная) на мост	вечер	0:00:30	57	33	0,2000	91,5	91,5	3	2
Чкалова (в центр)	утро	0:00:14	63	308	0,5138	212,5	306,6	42	10
Чкалова (в центр)	вечер	0:00:18	149	143	0,3467	226,8	327,1	42	10
Чкалова (на мост)	утро	0:00:27	132	93	0,2706	52,8	66,0	41	10
Чкалова (на мост)	вечер	0:00:25	333	39	0,3500	279,9	349,8	41	10
Гастроном №1	утро	0:00:13	11	46	0,3600	217,8	217,8	10	6
Гастроном №1	вечер	0:00:08	14	17	0,3333	409,8	409,8	10	6
Пролетарская	утро	0:00:11	74	112	0,3125	304,1	304,1	17	6
Пролетарская	вечер	0:00:12	89	124	0,2778	244,7	244,7	17	6
Кинотеатр Пионер	утро	0:00:16	22	75	0,3617	55,1	55,1	22	8
Кинотеатр Пионер	вечер	0:00:25	49	37	0,1613	47,3	47,3	22	8
Райсовет	утро	0:00:16	37	81	0,3158	145,7	145,7	15	6
Райсовет	вечер	0:00:09	23	16	0,3200	425,0	425,0	15	6
Музей Декабристов (в ст. Карла Маркса)	утро	0:01:01	34	29	0,4286	410,7	410,7	6	3
Музей Декабристов (в ст. Карла Маркса)	вечер	0:00:37	22	11	0,5000	36,4	36,4	6	3
Центральный рынок (Чехова)	утро	0:01:50	101	208	0,4815	43,7	43,7	6	0
Центральный рынок (Чехова)	вечер	0:01:20	232	114	0,5000	136,7	136,7	6	0
Степана Разина (в центр)	утро	0:00:29	9	47	0,4286	33,8	33,8	3	2
Степана Разина (в центр)	вечер	0:00:39	12	31	0,5000	15,9	15,9	3	2
Центральный рынок (БТИ)	утро	0:01:48	170	139	0,5000	28,7	38,1	13	5
Центральный рынок (БТИ)	вечер	0:02:22	209	135	0,4706	56,3	74,6	13	5



Центральный рынок (Кара Либкнехта)	утро	0:00:22	33	47	0,4412	121,1	121,1	9	8
Центральный рынок (Кара Либкнехта)	вечер	0:01:15	34	36	0,0690	64,0	64,0	9	8
Институт травматологии и ортопедии	утро	0:00:56	8	10	0,6364	29,2	29,2	3	6
Институт травматологии и ортопедии	вечер	0:00:52	12	10	0,3333	52,0	52,0	3	6
Центральный рынок (Дзержинского)	утро	0:01:02	32	150	0,1212	786,4	786,4	21	5
Центральный рынок (Дзержинского)	вечер	0:03:51	62	80	0,2500	17,2	17,2	21	5
Академический мост	утро	0:01:23	72	67	0,4510	177,9	177,9	4	0
Академический мост	вечер	0:00:18	121	45	0,5091	180,2	180,2	4	0
Гостиница Ангара	утро	0:00:46	72	67	0,1961	77,9	54,4	30	7
Гостиница Ангара	вечер	0:00:18	121	45	0,5273	151,5	105,8	30	7
Центральный рынок (Володарского)	утро	0:04:00	23	7	0,2000	951,4	951,4	2	1
Центральный рынок (Володарского)	вечер	0:06:02	11	21	0,2000	375,7	375,7	2	1
Музыкальный театр (в ст. филармонии)	утро	0:00:32	17	40	0,4444	38,6	38,6	6	3
Музыкальный театр (в ст. филармонии)	вечер	0:00:31	11	49	0,3333	34,3	34,3	6	3
Декабрьских Событий	утро	0:00:19	10	7	0,6667	93,2	93,2	1	1
Декабрьских Событий	вечер	0:00:28	3	3	0,5000	120,0	120,0	1	1
Центральный рынок (Байкальская)	утро	0:04:25	123	15	0,4211	130,9	151,1	16	5
Центральный рынок (Байкальская)	вечер	0:03:09	262	28	0,5000	175,5	202,5	16	5

Центральный рынок (Партизанская)	утро	0:03:28	97	158	0,5333	61,9	61,9	3	2
Центральный рынок (Партизанская)	вечер	0:03:05	133	157	0,5333	236,3	236,3	3	2
Музей Декабристов (трамвайная) ( в ст. 1-ой Советской)	утро	0:01:33	83	48	0,4615	95,6	95,6	5	3
Музей Декабристов (трамвайная) ( в ст. 1-ой Советской)	вечер	0:01:31	136	20	0,5000	96,6	96,6	5	3
Музей Декабристов (трамвайная) (в ст. рынка)	утро	0:00:30	35	166	0,4000	27,4	27,4	3	4
Музей Декабристов (трамвайная) (в ст. рынка)	вечер	0:00:35	42	53	0,3333	20,1	20,1	3	4
ул. Тимирязева (в ст. рынка)	утро	0:00:20	12	59	0,6154	41,5	42,6	1	1
ул. Тимирязева (в ст. рынка)	вечер	0:00:14	10	25	0,3333	162,7	167,2	1	1
Академический мост(со стороны ЯркОМОЛЛа)	утро	0:00:17	12	20	0,2353	87,0	87,0	9	4
Академический мост(со стороны ЯркОМОЛЛа)	вечер	0:00:17	31	13	0,4167	113,1	113,1	9	4
Ул. Пискунова	утро	0:00:34	26	83	0,4118	33,1	33,1	4	0
Ул. Пискунова	вечер	0:00:43	37	67	0,4286	33,5	33,5	4	0
ул. Трилиссера(на Депутатскую)	утро	0:00:36	62	62	0,4444	38,3	38,3	1	0
ул. Трилиссера(на Депутатскую)	вечер	0:00:38	32	33	0,6429	23,9	23,9	1	0
Степана Разина (на мост)	утро	0:00:17	11	62	0,2857	118,5	118,5	3	2

Степана Разина (на мост)	вечер	0:00:42	17	3	0,2500	40,0	40,0	3	2
Карла Либкнехта (Дельта)	утро	0:00:30	27	29	0,0690	20,6	20,6	12	7
Карла Либкнехта (Дельта)	вечер	0:00:21	29	45	0,2500	56,3	56,3	12	7
Софьи Перовской (в сторону Партизанской)	вечер	0:02:16	62	35	0,2500	211,3	211,3	35	2
Софьи Перовской (в сторону Партизанской)	утро	0:03:55	36	30	0,2857	63,6	63,6	35	2
Софьи Перовской (в сторону Карла Либкнехта)	утро	0:19:44	9	0	0,5000	102,5	102,5	19	0
Софьи Перовской (в сторону Карла Либкнехта)	вечер	0:17:30	0	0	0,5000	135,9	135,9	19	0
Художественный музей (в ст. скв. им.Кирова)	утро	0:00:21	20	92	0,3265	198,6	198,6	23	8
Художественный музей (в ст. скв. им.Кирова)	вечер	0:00:24	69	39	0,3077	163,6	163,6	23	8
Метеостанция (в ст. центра)	утро	0:00:32	9	6	0,5714	34,1	34,1	2	2
Метеостанция (в ст. центра)	вечер	0:00:18	22	37	0,5556	70,5	70,5	2	2
Трилисера (в ст.Волжской)	утро	0:00:52	78	35	0,0408	1797,9	1797,9	24	7
Трилисера (в ст.Волжской)	вечер	0:00:15	83	56	0,3684	111,0	156,0	24	7
Метеостанция (в ст.Волжской)	утро	0:00:19	25	21	0,5714	1797,9	1797,9	2	2
Метеостанция (в ст.Волжской)	вечер	0:00:19	18	43	0,5556	90,9	90,9	2	2

4-я советская	утро	0:00:13	5	26	0,3333	233,1	233,1	7	2
4-я советская	вечер	0:00:11	15	18	0,3333	316,1	316,1	7	2
Театр Кукол (в ст.рынка)	утро	0:00:14	16	128	0,4242	93,9	230,1	25	4
Театр Кукол (в ст.рынка)	вечер	0:00:15	94	113	0,3231	68,4	167,5	25	4
Эталон	утро	0:00:32	52	24	0,1364	23,5	23,5	9	4
Эталон	вечер	0:00:40	44	12	0,5714	15,5	15,5	9	4
Сухэ-Батора	утро	0:00:32	43	50	0,1212	54,1	54,1	20	4
Сухэ-Батора	вечер	0:00:18	78	17	0,4688	142,1	142,1	20	4
Трилисера (в ст.центра)	утро	0:00:17	177	153	0,4167	122,3	162,2	33	5
Трилисера (в ст.центра)	вечер	0:00:13	51	54	0,3721	159,0	210,9	33	5
Фортуна	утро	0:00:12	9	84	0,5556	251,3	251,3	18	9
Фортуна	вечер	0:00:21	47	37	0,3125	96,3	96,3	18	9
Телецентр (мост)	утро	0:00:15	2	58	0,3750	337,2	240,0	3	1
Телецентр (мост)	вечер	0:00:09	3	17	0,2727	468,6	333,5	3	1
Площадь декабристов (в ст.1-ой Советской)	утро	0:00:32	43	42	0,5000	58,8	58,8	3	1
Площадь декабристов (в ст.1-ой Советской)	вечер	0:00:35	25	69	0,2857	34,7	34,7	3	1
Площадь Декабристов (в ст. центра)	утро	0:00:28	94	38	0,5000	72,2	72,2	7	0
Площадь Декабристов (в ст. центра)	вечер	0:00:27	74	26	0,3529	78,4	78,4	7	0
Цирк	утро	0:00:42	27	45	0,3000	112,4	55,5	9	11
Цирк	вечер	0:00:49	48	28	0,4167	132,1	65,2	9	11
Центральный рынок (Софьи Перовской )	утро	0:01:07	99	382	0,2586	237,9	117,4	15	1
Центральный рынок (Софьи Перовской )	вечер	0:01:36	111	188	0,4595	70,5	34,8	15	1
Центральный рынок (Литвинова)	утро	0:05:22	26	62	0,5556	168,9	120,2	3	1

Центральный рынок (Литвинова)	вечер	0:02:00	84	37	0,3333	1214,3	864,0	3	1
Театр кукол (в ст. Трилиссера)	утро	0:00:09	40	36	0,4324	191,0	191,0	24	8
Театр кукол (в ст. Трилиссера)	вечер	0:00:18	119	29	0,4571	191,0	191,0	24	8
Театр кукол (в ст. муз.театра)	утро	0:00:15	4	21	0,3636	140,8	140,8	5	2
Театр кукол (в ст. муз.театра)	вечер	0:00:16	16	24	0,3636	127,3	127,3	5	2
Эталон (в ст. 1-ой Советской)	утро	0:00:14	45	26	0,4762	71,6	71,6	6	1
Эталон (в ст. 1-ой Советской)	вечер	0:00:18	52	30	0,4211	76,1	76,1	6	1
ул. Горького	утро	0:00:21	16	76	0,3333	56,5	56,5	3	2
ул. Горького	вечер	0:00:18	21	29	0,4000	124,7	124,7	3	2
Ленина (трамвайная) (в ст. рынка)	утро	0:00:18	26	45	0,5000	65,7	65,7	3	2
Ленина (трамвайная) (в ст. рынка)	вечер	0:00:29	75	32	0,3333	23,7	23,7	3	2
пл. Декабристов (Карла Либкнехта)	утро	0:00:24	11	92	0,2083	55,3	55,3	8	5
пл. Декабристов (Карла Либкнехта)	вечер	0:00:26	18	60	0,0028	74,9	74,9	8	5
Райсовет (Декабрьских Событий)	утро	0:00:18	48	75	0,2571	40,9	40,9	5	0
Райсовет (Декабрьских Событий)	вечер	0:00:07	22	15	0,4857	69,7	69,7	5	0
Институт зрения	утро	0:00:17	7	69	0,3548	127,7	127,7	14	11
Институт зрения	вечер	0:00:13	13	33	0,5200	124,2	124,2	14	11

Автовокзал (в ст. Октябрьской Революции)	утро	0:00:13	19	44	0,4615	251,9	251,9	16	2
Автовокзал (в ст. Октябрьской Революции)	вечер	0:00:18	39	28	0,5385	149,9	149,9	16	2
Стадион "Труд"	утро	0:00:16	73	63	0,3889	219,2	219,2	15	9
Стадион "Труд"	вечер	0:00:30	212	25	0,3659	146,1	146,1	15	9
Ленина (трамвайная) (в ст. Карла Маркса)	утро	0:00:16	20	159	0,4839	26,2	26,2	3	6
Ленина (трамвайная) (в ст. Карла Маркса)	вечер	0:00:20	68	67	0,4583	28,8	28,8	3	6
Автовокзал (в ст. Декабрьских Событий)	утро	0:00:37	8	45	0,5000	72,8	72,8	10	1
Автовокзал (в ст. Декабрьских Событий)	вечер	0:00:41	4	46	0,1667	72,6	72,6	10	1
Сквер им. Кирова (троллейбусная)	утро	0:00:52	7	53	0,4286	40,5	40,5	5	5
Сквер им. Кирова (троллейбусная)	вечер	0:01:04	43	15	0,1667	382,2	382,2	5	5
Музыкальный театр (в ст. театра кукол)	утро	0:00:17	47	50	0,3659	128,0	128,0	23	7
Музыкальный театр (в ст. театра кукол)	вечер	0:00:18	156	104	0,4259	142,1	142,1	23	7
Художественный музей (в ст. филармонии)	утро	0:00:25	161	172	0,3607	98,2	141,6	45	7
Художественный музей (в ст. филармонии)	вечер	0:00:56	289	79	0,3718	50,2	72,4	45	7
Филармония	вечер	0:00:50	218	89	0,1458	15,7	22,6	31	3

Таблица А.2 – Основные экономические показатели экономического раздела

Название ОП	Утро/ вечер	Средняя задержка на одно ТС в случае срыва, с	Суммарная задержка ТС, с	Суммарная задержка пассажигов, с	Экономич. убытки транспорта от ожидания, млн. руб./год	Экономич.убытки пассажигов от ожидания, млн. руб./год	Суммарные экономич.издержки (авт+пасс), млн.руб.
Сквер им. Кирова	вечер	9,100	318,500	7962,500	0,210	3,149	3,358
Сквер им. Кирова	утро	7,900	262,393	6559,821	0,173	2,594	2,767
Филармония	утро	4,000	129,803	3245,070	0,086	1,283	1,369
Экономическая академия	утро	5,700	45,600	1140,000	0,030	0,451	0,481
Экономическая академия	вечер	5,400	37,800	945,000	0,025	0,374	0,399
Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	утро	229,500	918,000	22950,000	0,605	9,075	9,680
Центральный рынок (Богдана Хмельницкого)	вечер	212,400	637,200	15930,000	0,420	6,299	6,719
Ленина (филармония)	утро	8,400	314,944	7873,600	0,208	3,113	3,321
Ленина (филармония)	вечер	6,300	149,184	3729,600	0,098	1,475	1,573
130-й квартал	утро	4,600	33,810	845,250	0,022	0,334	0,357
130-й квартал	вечер	4,300	38,700	967,500	0,026	0,383	0,408
Чкалова (трамвайная) в центр	утро	9,500	19,000	475,000	0,013	0,188	0,200
Чкалова (трамвайная) в центр	вечер	10,000	30,000	750,000	0,020	0,297	0,316
Чкалова (трамвайная) на мост	утро	12,000	48,000	1200,000	0,032	0,475	0,506
Чкалова (трамвайная) на мост	вечер	15,000	15,000	375,000	0,010	0,148	0,158
Чкалова (в центр)	утро	2,700	176,169	4404,220	0,116	1,742	1,858
Чкалова (в центр)	вечер	3,500	92,213	2305,333	0,061	0,912	0,972
Чкалова (на мост)	утро	5,200	112,565	2814,118	0,074	1,113	1,187
Чкалова (на мост)	вечер	4,800	99,120	2478,000	0,065	0,980	1,045

Гастроном №1	утро	2,700	25,272	631,800	0,017	0,250	0,266
Гастроном №1	вечер	1,600	10,133	253,333	0,007	0,100	0,107
Пролетарская	утро	2,200	32,313	807,813	0,021	0,319	0,341
Пролетарская	вечер	2,400	33,333	833,333	0,022	0,330	0,351
Кинотеатр Пионер	утро	4,300	73,100	1827,500	0,048	0,723	0,771
Кинотеатр Пионер	вечер	6,800	32,903	822,581	0,022	0,325	0,347
Райсовет	утро	4,300	52,958	1323,947	0,035	0,524	0,558
Райсовет	вечер	2,400	19,968	499,200	0,013	0,197	0,211
Музей Декабристов (в ст. Карла Маркса)	утро	30,500	183,000	4575,000	0,121	1,809	1,930
Музей Декабристов (в ст. Карла Маркса)	вечер	18,500	111,000	2775,000	0,073	1,097	1,170
Центральный рынок (Чехова)	утро	29,700	386,100	9652,500	0,254	3,817	4,071
Центральный рынок (Чехова)	вечер	21,600	172,800	4320,000	0,114	1,708	1,822
Степана Разина (в центр)	утро	14,500	43,500	1087,500	0,029	0,430	0,459
Степана Разина (в центр)	вечер	19,500	58,500	1462,500	0,039	0,578	0,617
Центральный рынок (БТИ)	утро	29,200	642,400	16060,000	0,423	6,350	6,774
Центральный рынок (БТИ)	вечер	38,400	614,400	15360,000	0,405	6,074	6,479
Центральный рынок (Кара Либкнехта)	утро	5,900	88,500	2212,500	0,058	0,875	0,933
Центральный рынок (Кара Либкнехта)	вечер	20,300	40,600	1015,000	0,027	0,401	0,428
Институт травматологии и ортопедии	утро	28,000	196,000	4900,000	0,129	1,938	2,067
Институт травматологии и ортопедии	вечер	26,000	104,000	2600,000	0,069	1,028	1,097
Центральный рынок (Дзержинского)	утро	16,800	67,200	1680,000	0,044	0,664	0,709
Центральный рынок (Дзержинского)	вечер	62,400	374,400	9360,000	0,247	3,701	3,948
Академический мост	утро	16,900	548,753	13718,824	0,362	5,425	5,786



Академический мост	вечер	3,700	107,367	2684,182	0,071	1,061	1,132
Гостиница Ангара	утро	8,700	87,000	2175,000	0,057	0,860	0,917
Гостиница Ангара	вечер	3,400	102,185	2554,636	0,067	1,010	1,077
Центральный рынок (Володарского)	утро	64,900	64,900	1622,500	0,043	0,642	0,684
Центральный рынок (Володарского)	вечер	97,800	97,800	2445,000	0,064	0,967	1,031
Музыкальный театр (в ст. филармонии)	утро	16,000	64,000	1600,000	0,042	0,633	0,675
Музыкальный театр (в ст. филармонии)	вечер	15,500	46,500	1162,500	0,031	0,460	0,490
Декабрьских Событий	утро	9,500	19,000	475,000	0,013	0,188	0,200
Декабрьских Событий	вечер	14,000	14,000	350,000	0,009	0,138	0,148
Центральный рынок (Байкальская)	утро	40,800	326,400	8160,000	0,215	3,227	3,442
Центральный рынок (Байкальская)	вечер	29,100	378,300	9457,500	0,249	3,740	3,989
Центральный рынок (Партизанская)	утро	56,200	449,600	11240,000	0,296	4,444	4,741
Центральный рынок (Партизанская)	вечер	50,000	400,000	10000,000	0,264	3,954	4,218
Музей Декабристов (трамвайная) ( в ст. 1-ой Советской)	утро	25,100	150,600	3765,000	0,099	1,489	1,588
Музей Декабристов (трамвайная) ( в ст. 1-ой Советской)	вечер	24,600	147,600	3690,000	0,097	1,459	1,556
Музей Декабристов (трамвайная) (в ст. рынка)	утро	15,000	60,000	1500,000	0,040	0,593	0,633
Музей Декабристов (трамвайная) (в ст. рынка)	вечер	17,500	52,500	1312,500	0,035	0,519	0,554

ул. Тимирязева (в ст. рынка)	утро	5,600	62,031	1550,769	0,041	0,613	0,654
ул. Тимирязева (в ст. рынка)	вечер	3,900	15,600	390,000	0,010	0,154	0,164
Академический мост(со стороны ЯркоМОЛЛа)	утро	3,500	14,000	350,000	0,009	0,138	0,148
Академический мост(со стороны ЯркоМОЛЛа)	вечер	3,500	33,542	838,542	0,022	0,332	0,354
Ул. Пискунова	утро	9,200	64,400	1610,000	0,042	0,637	0,679
Ул. Пискунова	вечер	11,600	69,600	1740,000	0,046	0,688	0,734
ул. Трилиссера(на Депутатскую)	утро	9,700	77,600	1940,000	0,051	0,767	0,818
ул. Трилиссера(на Депутатскую)	вечер	10,300	99,321	2483,036	0,065	0,982	1,047
Степана Разина (на мост)	утро	8,500	17,000	425,000	0,011	0,168	0,179
Степана Разина (на мост)	вечер	21,000	21,000	525,000	0,014	0,208	0,221
Карла Либкнехта (Дельта)	утро	8,100	16,200	405,000	0,011	0,160	0,171
Карла Либкнехта (Дельта)	вечер	5,700	145,350	3633,750	0,096	1,437	1,533
Софьи Перовской (в сторону Партизанской)	вечер	18,100	54,300	1357,500	0,036	0,537	0,573
Софьи Перовской (в сторону Партизанской)	утро	31,300	62,600	1565,000	0,041	0,619	0,660
Софьи Перовской (в сторону Карла Либкнехта)	утро	320,000	320,000	8000,000	0,211	3,163	3,374
Софьи Перовской (в сторону Карла Либкнехта)	вечер	283,800	283,800	7095,000	0,187	2,805	2,993
Художественный музей (в ст. скв. им.Кирова)	утро	2,800	44,800	1120,000	0,030	0,443	0,472
Художественный музей (в ст. скв. им.Кирова)	вечер	3,200	66,954	1673,846	0,044	0,662	0,706
Метеостанция (в ст. центра)	утро	16,000	64,000	1600,000	0,042	0,633	0,675
Метеостанция (в ст. центра)	вечер	9,000	45,000	1125,000	0,030	0,445	0,475
Трилиссера (в ст.Волжской)	утро	14,100	28,200	705,000	0,019	0,279	0,297

Трилиссера (в ст.Волжской)	вечер	4,100	57,400	1435,000	0,038	0,567	0,605
Метеостанция (в ст.Волжской)	утро	9,500	38,000	950,000	0,025	0,376	0,401
Метеостанция (в ст.Волжской)	вечер	9,500	47,500	1187,500	0,031	0,470	0,501
4-я советская	утро	3,500	21,000	525,000	0,014	0,208	0,221
4-я советская	вечер	3,000	16,000	400,000	0,011	0,158	0,169
Театр Кукол (в ст.рынка)	утро	7,000	196,000	4900,000	0,129	1,938	2,067
Театр Кукол (в ст.рынка)	вечер	7,500	164,769	4119,231	0,109	1,629	1,737
Эталон	утро	16,000	48,000	1200,000	0,032	0,475	0,506
Эталон	вечер	20,000	160,000	4000,000	0,105	1,582	1,687
Сухэ-Батора	утро	8,600	34,400	860,000	0,023	0,340	0,363
Сухэ-Батора	вечер	4,900	73,500	1837,500	0,048	0,727	0,775
Трилиссера (в ст.центра)	утро	3,500	126,875	3171,875	0,084	1,254	1,338
Трилиссера (в ст.центра)	вечер	2,700	45,209	1130,233	0,030	0,447	0,477
Фортуна	утро	2,300	57,500	1437,500	0,038	0,568	0,606
Фортуна	вечер	4,000	58,750	1468,750	0,039	0,581	0,619
Телецентр (мост)	утро	2,900	27,188	679,688	0,018	0,269	0,287
Телецентр (мост)	вечер	1,700	5,100	127,500	0,003	0,050	0,054
Площадь декабристов (в ст.1-ой Советской)	утро	16,000	48,000	1200,000	0,032	0,475	0,506
Площадь декабристов (в ст.1-ой Советской)	вечер	17,500	35,000	875,000	0,023	0,346	0,369
Площадь Декабристов (в ст. центра)	утро	7,600	53,200	1330,000	0,035	0,526	0,561
Площадь Декабристов (в ст. центра)	вечер	7,300	234,459	5861,471	0,155	2,318	2,472
Цирк	утро	5,600	16,800	420,000	0,011	0,166	0,177
Цирк	вечер	6,500	29,792	744,792	0,020	0,295	0,314
Центральный рынок (Софьи Перовской )	утро	8,900	133,500	3337,500	0,088	1,320	1,408
Центральный рынок (Софьи Перовской )	вечер	12,800	217,600	5440,000	0,143	2,151	2,294

Центральный рынок (Литвинова)	утро	61,900	309,500	7737,500	0,204	3,060	3,264
Центральный рынок (Литвинова)	вечер	23,100	46,200	1155,000	0,030	0,457	0,487
Театр кукол (в ст. Трилиссера)	утро	2,400	38,400	960,000	0,025	0,380	0,405
Театр кукол (в ст. Трилиссера)	вечер	4,900	76,160	1904,000	0,050	0,753	0,803
Театр кукол (в ст. муз.театра)	утро	4,100	16,400	410,000	0,011	0,162	0,173
Театр кукол (в ст. муз.театра)	вечер	4,300	17,200	430,000	0,011	0,170	0,181
Эталон (в ст. 1-ой Советской)	утро	7,000	70,000	1750,000	0,046	0,692	0,738
Эталон (в ст. 1-ой Советской)	вечер	9,000	72,000	1800,000	0,047	0,712	0,759
ул. Горького	утро	10,500	21,000	525,000	0,014	0,208	0,221
ул. Горького	вечер	9,000	18,000	450,000	0,012	0,178	0,190
Ленина (трамвайная) (в ст. рынка)	утро	9,000	27,000	675,000	0,018	0,267	0,285
Ленина (трамвайная) (в ст. рынка)	вечер	14,500	29,000	725,000	0,019	0,287	0,306
пл. Декабристов (Карла Либкнехта)	утро	12,000	92,500	2312,500	0,061	0,914	0,975
пл. Декабристов (Карла Либкнехта)	вечер	13,000	0,614	15,353	0,000	0,006	0,006
Райсовет (Декабрьских Событий)	утро	4,900	47,880	1197,000	0,032	0,473	0,505
Райсовет (Декабрьских Событий)	вечер	1,900	33,223	830,571	0,022	0,328	0,350
Институт зрения	утро	4,600	48,968	1224,194	0,032	0,484	0,516
Институт зрения	вечер	3,500	45,500	1137,500	0,030	0,450	0,480
Автовокзал (в ст. Октябрьской Революции)	утро	3,500	14,538	363,462	0,010	0,144	0,153
Автовокзал (в ст. Октябрьской Революции)	вечер	4,900	34,300	857,500	0,023	0,339	0,362
Стадион "Труд"	утро	2,500	53,472	1336,806	0,035	0,529	0,564

Стадион "Труд"	вечер	4,600	70,683	1767,073	0,047	0,699	0,745
Ленина (трамвайная) (в ст.Карла Маркса)	утро	4,300	64,500	1612,500	0,043	0,638	0,680
Ленина (трамвайная) (в ст.Карла Маркса)	вечер	5,400	59,400	1485,000	0,039	0,587	0,626
Автовокзал (в ст. Декабрьских Событий)	утро	10,000	80,000	2000,000	0,053	0,791	0,844
Автовокзал (в ст. Декабрьских Событий)	вечер	11,100	33,300	832,500	0,022	0,329	0,351
Сквер им. Кирова (троллейбусная)	утро	26,000	78,000	1950,000	0,051	0,771	0,822
Сквер им. Кирова (троллейбусная)	вечер	32,000	32,000	800,000	0,021	0,316	0,337
Музыкальный театр (в ст. театра кукол)	утро	2,600	39,951	998,780	0,026	0,395	0,421
Музыкальный театр (в ст. театра кукол)	вечер	2,800	64,400	1610,000	0,042	0,637	0,679
Художественный музей (в ст. филармонии)	утро	4,800	107,331	2683,279	0,071	1,061	1,132
Художественный музей (в ст. филармонии)	вечер	10,800	317,215	7930,385	0,209	3,136	3,345
Филармония	вечер	9,600	67,200	1680,000	0,044	0,664	0,709