

Федеральное государственное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Транспорта»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ 2020 г.
«__»_____

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Повышение эффективности и безопасности функционирования станций и пересадочных пунктов городского пассажирского транспорта»

23.04.01. «Технология транспортных процессов»

23.04.01.01 «Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте»

Научный руководитель _____ канд. техн. наук, доцент А.И. Фадеев

Выпускник _____ К.Д. Коновалов

Рецензент _____ зам. нач. отдела АПРПП А.А. Тарских
МКУ «КрасноярскГорТранс»

Красноярск 2020

Федеральное государственное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Транспорта»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

«__» _____ 2020 г

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации**

Студенту: Коновалову Кириллу Дмитриевичу

Группа: ФТ18-05М Направление (специальность): 23.04.01. «Технология транспортных процессов»

Тема выпускной квалификационной работы: «Повышение эффективности и безопасности функционирования станций и пересадочных пунктов городского пассажирского транспорта»

Утверждено приказом по университету №16415/с. от 25.10.2018 г.

Руководитель ВКР: Александр Иванович Фадеев, кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспорт»

Перечень разделов ВКР:

1. Современное состояние вопроса и постановка задач исследования;
2. Совершенствование городских пассажирских остановочных пунктов;
3. Определение пропускной способности, обработка результатов, рекомендации по повышению безопасности остановочных пунктов.

Перечень графического материала: приложение В «Презентационный материал»

Руководитель ВКР

А.И. Фадеев

Задание принял к исполнению

К.Д. Коновалов

«___» _____ 2020 г.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Повышение эффективности и безопасности функционирования станций и пересадочных пунктов городского пассажирского транспорта» содержит 66 страниц текстового документа, 35 иллюстраций, 13 таблицы, 3 приложения, 37 использованных источников, 17 листов презентационного материала.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАССАЖИРСКИХ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ, БЕЗОПАСНОСТЬ ПАССАЖИРСКИХ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ, ОСТАНОВОЧНЫЕ ПУНКТЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА, ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ, ИНФРАСТРУКТУРА ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ, ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫЙ УЗЕЛ.

В разделе «Современное состояние вопроса и постановка задач исследования», представлен анализ системы городского пассажирского транспорта, инфраструктура городского пассажирского транспорта общего пользования, обзор транспортно-пересадочных узлов, а также проблемы остановочных пунктов городского общественного пассажирского транспорта.

В основной части выпускной квалификационной работы привели методику обработки данных по результатам экспериментов, провели оценку показателей качества. Разработали методику по расчету пропускной способности, провели расчет, сформировали рекомендации по усовершенствованию безопасности остановочных пунктов общественного транспорта.

Научная новизна исследования: на основе методике НСМ 2000, произвели расчет пропускной способности, провели обработку полученных результатов, на основе полученных данных сформировали собственные рекомендации по усовершенствованию трех остановочных пунктов в г. Красноярск.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. Современное состояние вопроса и постановка задач исследования.....	6
1.1 Описание системы городского пассажирского транспорта	6
1.2 Инфраструктура городского пассажирского транспорта общего пользования	9
1.3 Транспортно-пересадочный узел	19
1.4 Проблемы безопасности остановочных пунктов городского пассажирского транспорта.....	23
1.5 Выводы по главе и задачи исследования	26
Глава 2. Совершенствование городских пассажирских остановочных пунктов.....	28
2.1 Методика обработки данных по результатам экспериментов.....	29
2.2 Оценка показателей качества по результатам экспериментов остановочного пункта «Театр Кукол».....	38
2.3 Оценка показателей качества по результатам экспериментов остановочного пункта «Главпочтамт».....	42
2.4 Оценка показателей качества по результатам экспериментов остановочного пункта «Кинотеатр луч».....	46
Глава 3 Определение пропускной способности остановочного пункта и обработка результатов.....	51
3.1 Описание методики Highway Capacity Manual 2000.....	51
3.2 Определение пропускной способности остановочного пункта	53
3.3 Обработка полученных результатов расчета пропускной способности остановочных пунктов.....	56
3.4 Рекомендации о повышении безопасности обследованных остановочных пунктов.....	58
3.5 Выводы по третьей главе.....	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	60
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ А Протокол экспериментальных данных остановочных пунктов.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Результаты исследования остановочных пунктов (пропускная способность).....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ В Презентационный материал.....	74

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования определяется необходимостью усовершенствования эффективности и безопасности остановочных пунктов г. Красноярск путем развития и улучшения инфраструктуры, обеспечивающие эффективное и безопасное функционирование всех элементов остановочного пункта общественного городского пассажирского транспорта и системы в целом.

Городской пассажирский транспорт является одним из главных факторов, создающих эффективное и безопасное функционирование города, обеспечивающих социальное взаимодействие общества, тем самым соединяя различные части города, создавая единую систему.

Остановочные пункты общественного транспорта – системный элемент планировочной структуры города транспортно-общественного назначения, в котором осуществляется пересадка пассажиров между различными видами городского пассажирского и внешнего транспорта или между различными линиями одного вида транспорта, а также попутное обслуживание пассажиров объектами социальной инфраструктуры.[16]

Данная проблематика исследовалась российскими авторами: И.П. Димова, В.А. Гудкова, И.С. Ефремова, А.Н. Сочнев, А.В. Липенков, М.М. Исхаков, А.В. Зедгенизов.

Для Красноярска проблема совершенствования эффективности и безопасности остановочных пунктов крайне актуальна в связи с тем, что:

1. Город быстро и динамично развивается – это ведет к росту населения и соответственно уровню автомобилизации;
2. На данный момент в городе наблюдается сложная дорожная обстановка с большим количеством заторов в часы пик. Одной из важнейших причин возникновения данной проблемы является отказ людей от общественного транспорта и переход к использованию личного автомобиля.

Для совершенствования эффективности и безопасности остановочных пунктов необходимо выявить ряд проблем, с которыми сталкиваются жители города Красноярск, изучить данные вопросы и найти способ решения проблемы.

Основными способами совершенствования эффективности и безопасности остановочных пунктов:

1. Совершенствование остановочных пунктов – размещение и организации остановочных пунктов в соответствии со стандартами РФ;
2. Совершенствование организации движения общественного транспорта;

3. Улучшение качества обслуживания населения;
4. Совершенствование УДС – увеличение пропускной способности участков УДС.

В данной работе будет рассмотрена проблема организации движения городского пассажирского транспорта на остановочных пунктах, пропускная способность которых часто не соответствует интенсивности движения маршрутных транспортных средств. Остановочные пункты с недостаточной пропускной способностью создают значительные помехи движению других транспортных средств и становятся причиной возникновения заторов.

Данная работа посвящена совершенствованию норм проектирования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта, повышению эффективности и безопасности остановочных пунктов.

Рабочей гипотезой является предположение о том, что в условиях современного города, высокого уровня автомобилизации и насыщения улично-дорожной сети средствами регулирования, методы расчета пропускной способности и геометрических параметров остановочных пунктов должны учитывать вероятностные характеристики транспортного потока, что позволит существенно повысить эффективности и безопасности остановочных пунктов городского пассажирского транспорта.

Глава 1. Современное состояние вопроса и постановка задач исследования

1.1 Описание системы городского пассажирского транспорта

Единая транспортная система обеспечивает согласованное развитие всех видов общественного транспорта с целью максимального удовлетворения транспортных потребностей жителей Красноярска. В структуру транспортной системы г. Красноярск входят следующие элементы:

- Транспортная инфраструктура – совокупность отраслей и предприятий транспорта, выполняющих перевозки;
- Транспортные предприятия – предприятие, основной задачей которого является перевозка людей;
- Транспортные средства – устройства, предназначенные для перевозки людей.

На долю городского пассажирского транспорта приходится основной объем перевозок, и для их выполнения привлекается значительный парк транспортных средств. Кроме того, он влияет на процессы расселения, формирование и застройку микрорайонов. Элементы городского пассажирского транспорта и их системные связи обеспечивают перевозки пассажиров в условиях конкретного города и тесно связаны с его характеристиками, к которым относятся: функциональная, зонирования, взаиморазмещения центров массового тяготения населения, планировочная и территориальная. Эти характеристики, в основном, определяют количество транспортных корреспонденций, их длину, затраты времени, объем работы городского пассажирского транспорта, называемый пассажиропотоком. Величина пассажиропотоков, их распределение по направлениям, колебания во времени, пиковые нагрузки учитываются при обосновании маршрутной сети, выборе подвижного состава, мощности подсистем энергоснабжения, устройств организации транспортного движения в пределах города.[16]

Варианты систем городского пассажирского транспорта необходимо оценивать комплексно, учитывая их прямой народнохозяйственный эффект в сфере деятельности самого транспорта и косвенный (социально-экономический), возникающий в смежных отраслях. Так, например, экономится время и энергия человека, улучшается состояние окружающей среды, снижается воздействие Шума и вибрации на городскую застройку.[13]

Транспортная система города должна обеспечивать бесперебойное, безопасное своевременное перемещение людей и грузов. По существующим

нормативам предельные затраты времени передвижений на, работу в одну сторону зависят от величины города и в крупнейших городах для 90 % пассажиров не должны превышать 40 мин. Однако этот норматив не связан с другими качественными показателями транспортного обслуживания: наполнением подвижного состава, регулярностью движения, скоростью сообщения, т.е. уровнем развития городского транспорта.

Выделим три этапа развития города и его транспортных структур:

- 1) Транспортные связи открывают новые возможности развития города;
- 2) Развитие транспортной сети повышает качество обслуживания городского населения;
- 3) Улучшение транспортного обслуживания способствует дальнейшей урбанизации городского и пригородного транспорта и прироста вновь осваиваемых под застройку территорий.

Транспортная сеть также формирует планировочную структуру города. Считается, что на протяжении истории градостроительства происходит процесс снижения линейной плотности транспортной сети при сохранении ее квадратичной плотности, то есть доли площади сети в общей территории города. Это тенденция связана с совершенствованием транспортных средств, их дифференциацией по назначению и приводит, в целом, к увеличению площади кварталов и микрорайонов.[13]

Остановочные пункты общественного транспорта - системный элемент планировочной структуры города транспортно-общественного назначения, в котором осуществляется пересадка пассажиров между различными видами городского пассажирского и внешнего транспорта или между различными линиями одного вида транспорта, а также попутное обслуживание пассажиров объектами социальной инфраструктуры.[16]

Транспортная классификация пересадочных пунктов осуществляется по трем основаниям:

- виды пересадок, реализуемые в системе;
- роль ТПУ в системе транспортной инфраструктуры города или региона;
- суммарная величина пассажирообмена в ТПУ.

Все возможные виды пересадок можно подразделить на два основных типа:

- пересадки внутри одной (конкретной) системы пассажирского транспорта;
- межсистемные пересадки.

Удобства, предоставляемые на остановочных пунктах, а также на транспортных средствах, помогают сделать перевозку более удобней:

- скамейки, чтобы пассажиры могли сидеть во время ожидания;
- укрытия для защиты от ветра, дождя, снега и солнца;
- информационные вывески, определяющие маршруты, их пункты назначения и расписание движения;
- Мусорные контейнеры;
- телефоны, чтобы пассажиры могли совершать личные звонки во время ожидания или экстренные вызовы при необходимости;
- торговые автоматы (газетные киоски, цветочные киоски, продуктовые тележки, продажа билетов). [2]

Инфраструктура городского пассажирского транспорта состоит из сооружений, необходимых для его работы на маршруте, и включает: [8]

- автовокзалы и автостанции;
- конечные станции;
- разворотные кольца;
- остановочные пункты;
- технические средства организации движения по маршруту;
- средства связи.

Автовокзал – объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для оказания услуг пассажирам и перевозчикам при осуществлении регулярных перевозок пассажиров и багажа, включающий комплекс зданий и сооружений, размещенных на специально отведенной территории.

Автостанция обеспечивает обслуживание пассажиров при небольшом объеме перевозок. Основное отличие от автовокзала заключается в существенно меньшей площади пассажирских помещений и услугах, заключающихся только в продаже билетов.

Конечные станции предназначены для организации межрейсового и межсменного отстоя подвижного состава. Конечные станции могут быть распорядительными и техническими.

Разворотные кольца предназначены для безопасного изменения направления движения подвижного состава ГПТ по маршруту в обратном направлении, как правило, без межрейсового отстоя. Для трамвайных линий разворотные кольца помимо конечной точки маршрута следует предусматривать каждые 6–8 км. Это обеспечивает повышение надежности транспортного обслуживания при заторах или неисправностях на участках пути.

Остановочный пункт – место остановки транспортных средств по маршруту регулярных перевозок, оборудованное для посадки, высадки пассажиров и ожидания транспортных средств. Остановочные пункты оборудуются указателями, определяющими место остановки транспортного средства для посадки (высадки) пассажиров [1]

Технические средства организации движения ГПТ предназначены для обеспечения безопасной и бесперебойной работы маршрутного транспорта. Как правило, общие для организации движения транспорта технические средства (знаки, светофоры, разметка) должны учитывать наличие ГПТ и проектироваться с учетом необходимости обеспечения приоритета его движению. [5]

Основными проблемами транспортной системы Красноярска являются:

1. Невозможность расширить улично-дорожную сеть;
2. Недостаточная пропускная способность автомобильных дорог;
3. Отсутствие транспортных развязок на разных уровнях на пересечениях улично-дорожной сети, в том числе с железными дорогами и реками;
4. Недостаточное взаимодействие перевозчиков, обслуживающих автобусные маршруты, отсутствие скоординированной системы управления перевозками, использующей современные средства глобального позиционирования;
5. Неполная приспособленность транспортной инфраструктуры города к нуждам маломобильных категорий населения.

1.2 Инфраструктура городского пассажирского транспорта общего пользования

Автобусные остановки, описанные ниже, содержат одну или несколько зон посадки/высадки пассажиров. Самой распространенной формой остановочных пунктов является линейная автобусная остановки вдоль улицы. В этом случае посадочные зоны либо могут быть предоставлены в полосе движения (т. е. на линии), так что следующие автобусы не могут подойти к линии посадки/высадки пассажиров; или они могут быть выезжающими из полосы движения (т. е. вне линии движения), так что следующие автобусы могут пройти. На рисунке 1.2.1 показаны эти два типа остановочных пунктов.

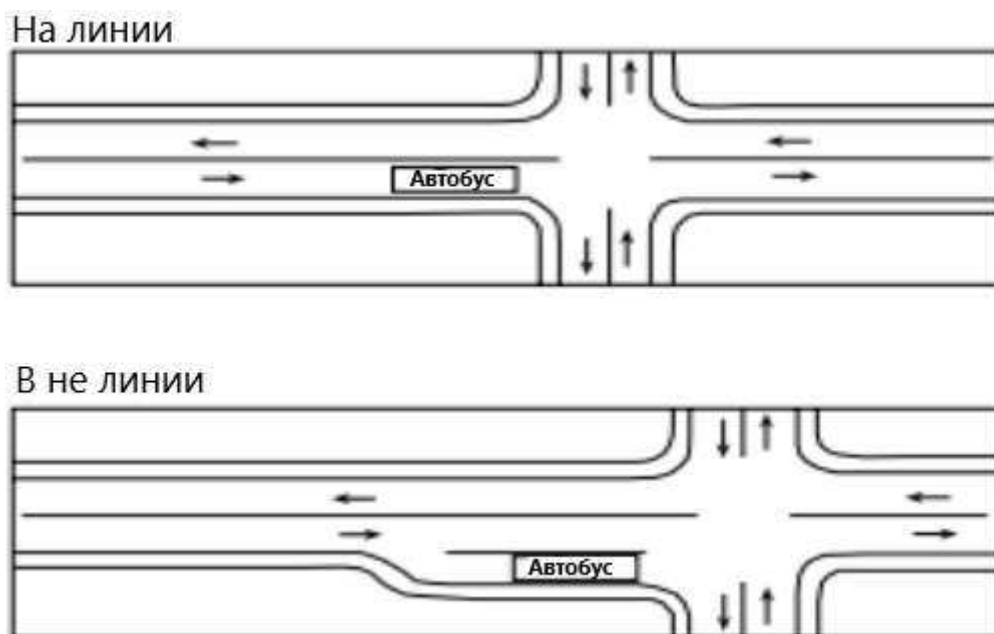


Рисунок 1.2.1 – Два типа остановочных пунктов (на линии и в не линии)

Зоны посадки/высадки на автобусных остановочных пунктах могут быть линейными или принимать другие формы:

- угловые остановки - они ограничены одним автобусом на один остановочный пункт и требуют, чтобы автобусы отъезжали.
- остановки по середине проезжей части - они также возможны и могут вместить несколько транспортных средств.
- Неглубокие, не линейные остановки популярны в городских перевозочных центрах, потому что они позволяют независимо передвигаться туда и обратно на каждой остановке.

Рисунок 1.2.2 и рисунок 1.2.3 показывают общую зону загрузки автобуса, конфигурации.

Национальный совет по безопасности перевозок рекомендует, чтобы транспортные конструкции, обеспечивали разделение (например, тумбы) вдоль проезжей части, чтобы остановить автобус от проникновения в пешеходную зону.



Рисунок 1.2.2 – Схема зон посадки/высадки пассажиров (Линейные остановки, не линейные остановки, угловые остановки (карман), остановки по середине проезжей части)



Линейные остановки



Не линейные остановки



Угловые остановки (карман)



По середине проезжей части

Рисунок 1.2.3 – Зоны посадки/высадки пассажиров (Линейные остановки, не линейные остановки, угловые остановки (карман), остановки по середине проезжей части)

Линейные остановки не так эффективны, как другие типы, и обычно используются, когда автобусы занимают место только на короткое время (например, на уличной автобусной остановке). Не линейные остановки позволяют независимому движению автобусов на остановке и обычно используется на автобусных пересадочных центрах. Угловые остановки (карманы), которые требуют, чтобы автобусы отъезжали, обычно они используются, когда автобус занимает остановку в течение длительного времени (например, междугородний автовокзал). Терминал по середине проезжей части позволяют расположить автобусные остановки компактно.

Основными элементами, определяющими емкость зоны посадки/высадки, являются время простоя, время прибытия и убытия. Влияние непостоянство автобусов на время простоя на остановочном пункте определяется коэффициентом вариации времени простоя, что представляет собой стандартное отклонение наблюдений времени пребывания, деленное на среднее время пребывания.[1]

Как только автобус закрывает свои двери и готовится отъехать от остановки, наступает период, известное как время зазора, в течение которого зона посадки не доступна для использования следующим автобусом. Часть этого времени является фиксированной, состоящей из времени для запуска автобуса и отъезда всей собственной длины, освобождая остановку. Для линейных остановок это единственный компонент системы времени оформления документов. Однако для автономных остановок существует еще один компонент зазора времени: время, необходимое для подходящего промежутка в движении, чтобы автобус мог снова войти в движение потока и ускориться. Эта задержка повторного входа варьируется в зависимости от объема трафика на дорогах. Задержка также зависит от плотного движения - обусловлена светофорами. В некоторых штатах есть законы, требующий автомобилисту уступать автобусам, вновь въезжающим на проезжую часть; соблюдение требований автомобилистов может привести к снижению или даже к устранению задержки входа на линию. Многие автобусные операторы отказываются от использования автономных остановок на оживленных улицах чтобы избежать задержки при входе в систему.[1]

Автобусные станции — это место, где один или несколько автобусов осуществляют посадку и высадку пассажиров. Автобусная станция состоит из одной или нескольких зон посадки пассажиров. Пропускная способность автобусной станции связана с пропускной способностью отдельной зоны посадки/высадки, конструкция зоны посадки/высадки (линейная или нелинейная) и количество посадочных площадок. Автономные автобусные

станции обеспечивают большую пропускную способность, чем не автономные для зон посадки, но в смешанном движении, скорость движения автобусов может быть снижена, если большие объемы задерживаются автобусы выходят на остановку. С другой стороны, операции skip-stop (организация движения, при которой два маршрута следуют по одному пути, но один из них проходит без остановки на одних станциях, а другой на других - время в пути, по сравнению с обычным маршрутом со всеми остановками, меньше) возможны и при выключенном режиме линия останавливается, но не с не автономными остановками.

Проектирование внеуличных автобусных станций и трансфертных центров предполагает дополнительные затраты не только оценки времени обслуживания пассажиров автобусами, но и четкая понимание того, как будет работать каждый автобусный маршрут. Поэтому запланируйте время восстановления, время разгрузки (отдыха) водителя и остановки для выполнения запланированного времени отправления. Ключевыми в этом процессе становится утверждение требований к месту посадки/высадки и калибровка объекта. Кроме того, практика (опыт) эксплуатации показывает нам то, что каждый автобусный маршрут должны иметь отдельное место посадки/высадки, что бы пассажир легко различал эти зоны.

Регламент к посадочной зоне должен включать тип перевозочной операции, конфигурацию дверей автобусов, практика оплаты за проезд, количество багажа, схема прибытия пассажиров, время отдыха водителей, время остановки, конструкция остановочного пункта и конфигурация зоны посадки/высадки. Они должны отражать запланированное и фактическое прибытие автобусов в час пик, так как междугородние автобусные рейсы регулярно запускают дополнительные транспортные средства в самые загруженные дни периоды путешествий. Автобусные маршруты и схемы обслуживания также влияют на требования к зоне погрузки. В соответствии с надлежащей эксплуатационной практикой максимум два различных маршрута (т. е. услуги) совместно используют один и тот же маршрут.[9]

Уличные автобусные остановки обычно расположены на обочине в одном из трех мест:

- ближняя сторона, когда автобус останавливается непосредственно перед перекрестком;
- дальняя сторона, когда автобус останавливается непосредственно перед перекрестком, останавливается сразу после пересечения;
- средний блок, когда автобус останавливается в центре города, в середине квартала, между перекрестками.

При определенных обстоятельствах, например, когда автобусы имеют общую остановку с трамваями, идущими в центре улицы или, когда они являются эксклюзивными автобусными полосами расположенные в центре улицы, автобусная остановка может быть расположена на посадочной площадке - остров внутри улицы, а не на обочине. При посадке используются островки. На рисунке 1.2.4 показаны типичные места расположения автобусных остановок на улице.[7]



Рисунок 1.2.4 - места расположения автобусных остановок на улице (остановка перед перекрестком, после перекрестка, остановка в середине квартала)

Расположение автобусной остановки сильно влияет на пропускную способность, в том случае, когда пассажирским транспортным средствам разрешается осуществлять правые повороты с крайней автобусной полосы. Остановки, расположенные чуть дальше, оказывают меньшее влияние на пропускную способность (когда автобусы могут использовать соседнюю полосу движения, для того, чтобы избежать очереди на правый поворот), а затем средний блок останавливается, а ближний не останавливается.

Автобусное транспортное обслуживание может быть либо фиксированным маршрутом, либо реагировать на спрос. Фиксированный маршрутный сервис идеально подходит для больших, густонаселенных городских районов. В менее плотных районах, которые не могут поддерживать обслуживание по фиксированным маршрутам, перевозка с учетом спроса может быть важной частью транспорта для неработающего населения. При таком виде обслуживания пассажир вызывает диспетчера, который затем

передает местоположение вызывающего абонента водителю. Как правило такси или фургоны обеспечивают этот тип обслуживания от двери до двери.

На долю услуг, реагирующих на спрос, приходится меньше 0,1% пассажирских перевозок в России. Такие услуги используются в основном для таможенных услуг, для пожилых граждан и лиц с ограниченными физическими возможностями. Один из вариантов - это сервис отклонения маршрута. В отдельных районах с низкой плотностью населения автобусы работают по фиксированным маршрутам в соответствии с установленным расписанием. Пассажиры могут попросить водителя о помощи, т.е. отклониться от фиксированного маршрута. Такого рода отклонения обычно ограничены расстоянием. Пассажиры должны заранее уведомить по телефону или забронировать отклонение от маршрута.

Служба общественного транспорта, в которой транспортное средство прибывает в назначенное время, останавливается по заранее составленному расписанию, но не следует по определенному маршруту между остановками. Называется службой точечного отклонения. Это позволяет транспортному средству обеспечить обслуживание по запросу.[3]

Требования к зоне посадки/высадки на автобусной остановке.

Ключевыми факторами, влияющими на количество посадочных площадок, необходимых на автобусной остановке, являются:

- объемы автобусов - количество автобусов, запланированных для использования автобусной остановки в течение часа непосредственно влияет на количество автобусов, которые могут понадобиться для использования остановки. Так как автобусы будут стоять в очереди за остановкой, уменьшая ее пропускную способность. Это увеличивает время движения пассажиров и снижает надежность работы в режиме реального времени, что отрицательно сказывается на качестве обслуживания.
- вероятность образования очереди, частота отказов - вероятность того, что очереди из автобусов будут формироваться на автобусной остановке, это конструктивный фактор, который следует учитывать при калибровке автобусной остановки.
- конструкция зоны погрузки, за исключением линейной модели, область загрузки конструкции - такие как угловые остановки и проходные - эффективны на 100 процентов: автобусная остановка вместимость транспортного средства равна количеству погрузочных площадок, умноженному на вместимость каждого транспортного средства зоны погрузки, так как автобусы могут маневрировать в зонах погрузки и из

них независимо от других автобусов; линейные зоны нагрузки, с другой стороны, уменьшают в эффективность по мере увеличения количества зон погрузки возрастает, поскольку маловероятно, что погрузочные площадки будут использоваться одинаково; автобусы въезжающие или не выезжающие также из линейной зоны погрузки могут быть заблокированы и задержаны автобусами, остановленными в соседних зонах погрузки.

- синхронизация сигнала светофора, количество времени зеленого сигнала, предоставленного на улице, по которой автобусы работают на влияние на максимального количество автобусов, которые потенциально могут прибыть в течение часа; количество времени красного сигнала влияет на количество дополнительного времени, автобус занимает остановку после завершения движения пассажиров.

Для определения пропускной способности полосы движения автобуса – это полоса движения на проезжей части по которой проезжают автобусы. Автобусная полоса может использоваться исключительно автобусами или совместно с другими транспортными средствами. Пропускная способность транспортного средства на полосе движения автобуса зависит от пропускной способности остановки, расположенной вдоль полосы движения, как правило, это остановка с наибольшим количеством пассажиров. Однако критическая остановка также может иметь недостаточное количество зон погрузки.

Пропускная способность автобусной полосы движения также зависит от следующих факторов:

- Тип полосы движения автобуса. Процедуры определения вместимости транспортных средств определяют три типа автобусных полос движения. Полосы движения автобусов типа 1 не используют соседнюю полосу движения; полосы движения автобусов типа 2 используются частично соседней полосы движения, которая является общей с другими транспортными потоками; а также полосы движения автобусов типа 3 предусматривают эксклюзивное использование двух полос движения автобусами. Бордюрная полоса типа 1 и 2 полос может быть или не быть разделенным с другим трафиком. Когда полоса движения в основном предназначена для смешанного движения, как правило, там не существует официального обозначения полосы движения автобусов ни с подписью, ни с разметкой дорожного покрытия. Чем выше степень эксклюзивности полосы движения автобуса - тем больше количество полос движения

доступной для автобусов маневр, тем больше пропускная способность полосы движения автобуса.

- Скип-стоп-операция (организация движения, при которой два маршрута следуют по одному пути, но один из них проходит без остановки одни станции, а другой другие). Пропускная способность автобусных полос может быть увеличена за счет рассредоточения автобусных остановок, так что только часть автобусов используют автобусную полосу. Эта схема пропуска позволяет ускорить поездку и сократить количество остановок автобусов на каждой остановке, хотя это также может увеличить пассажиропоток пешком до автобусных остановок.
- Движение автобусов в караване (как поезда). Когда используются скиповые остановки, сбор автобусов во взводы осуществляется на месте. Начало скип-стопной секции максимизирует эффективность операции. Каждому взводу назначается группа остановок, и такие автобусы движутся как поезда мимо участка skip-stop. Количество автобусов в каждой группе в идеале должно равняться количеству погрузочных площадок на каждой остановке.
- Расположение автобусной остановки. Дальние остановки обеспечивают самую высокую пропускную способность автобусных полос, но другие факторы, такие как конфликты с другими транспортными средствами, возможности передачи и сигнал светофора, хронометраж, также необходимо учитывать при размещении автобусных остановок [1].

На рисунке 1.2.5 представлены основные элементы, определяющие вместимость посадочных площадок, остановок и полос движения.

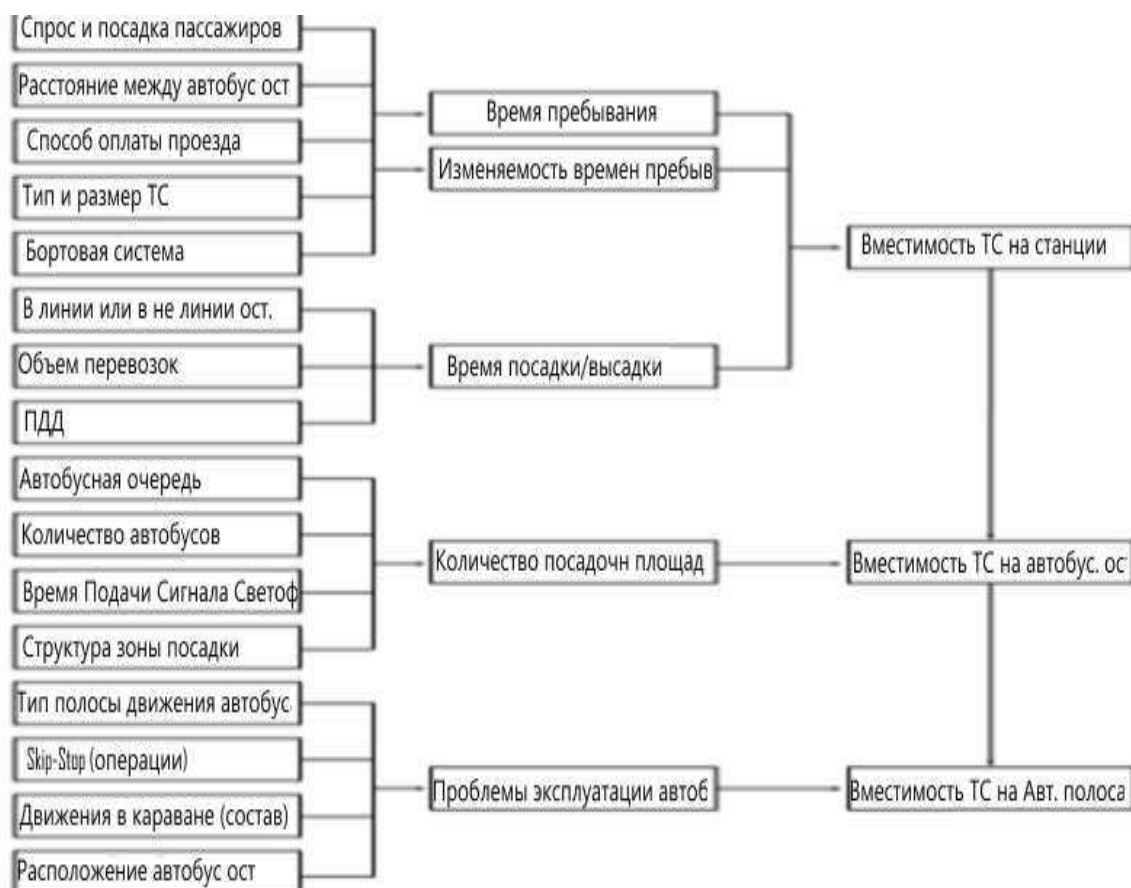


Рисунок 1.2.5 - основные элементы, определяющие вместимость посадочных площадок, остановок и полос движения.

На основе выше сказанного, можно выделить ряд проблем инфраструктуры городского пассажирского транспорта в г. Красноярск:

1. Остановочные пункты на линии (т.е. без возможности заезда в остановочный карман), что влияет на пропускную способность системы в целом.
2. Расположение остановочных пунктов сразу после перекрестка (таким образом, если образуется очередь из ГПТ, то случается сбой системы, так как создаются помехи прохождения остальных ТС через перекресток).
3. Наличие «тумб» вдоль проезжей части, чтобы транспортные конструкции, обеспечивали разделение (т.е. не допустить проникновение ГПТ в пешеходную зону).
4. Задержки при входе в систему из остановочного кармана (обусловлена большим объёмом трафика и немалым количеством светофоров).

Решение проблемы пропускной способности:

1. С помощью зарубежного опыта можно применить операцию skip-stop (организация движения, при которой два маршрута следуют по

одному пути, но один из них проходит без остановки на одних станциях, а другой на других - время в пути, по сравнению с обычным маршрутом со всеми остановками, меньше).

2. Расположить остановочные пункты в середине квартала, таким образом не затрудняя, прохождение перекрёстка остальным ТС.
3. Установка заграждающих элементов, для обеспечения безопасности пешеходной зоны ОП.
4. Регулировка светофоров, таким образом, чтобы трафик проходил быстрее через перекресток, таким образом уменьшив задержку выхода ГПТ на линию.

1.3 Транспортно-пересадочный узел

В системе городского пассажирского транспорта крупного города, особенно при наличии нескольких видов транспорта общего пользования, организация пересадки пассажиров во многом определяет эффективность всей транспортной системы. Для решения этой проблемы в транспортной системе города создают транспортно-пересадочный узел. В мире используется достаточно много подходов к созданию транспортно-пересадочного узла. Для расширения инвестиционной привлекательности часто ТПУ объединяются или встраиваются в торгово-бытовые комплексы, что позволяет пассажирам в месте пересадки воспользоваться услугами торговли (газетная продукция, товарами первой необходимости, лекарственная продукция - аптеки), почты, банкоматов, питания и бытового обслуживания. Независимо от состава транспортно-пересадочного узла его основная цель – минимизация времени пересадки, обеспечение условий повышенного комфорта.

Транспортно-пересадочный узел – узловый элемент планировочной структуры города транспортно-общественного назначения, в котором осуществляется пересадка пассажиров между различными видами городского пассажирского и внешнего транспорта или между различными линиями одного вида транспорта, а также попутное обслуживание пассажиров объектами социальной инфраструктуры. Для возможности пользования водителями и пассажирами индивидуальных автомобилей услугами ГПТ, как правило, ТПУ имеет стоянку для автомобилей большой емкости – перехватывающую парковку. [12]

Пассажирский пересадочный терминал – специально создаваемые одно или несколько сооружений (зон) в ТПУ, имеющих необходимое техническое,

технологическое, информационное и прочее оборудование и предназначенных:

- для оптимизации пешеходных потоков пассажиров, совершающих пересадку, по критерию минимального затрачиваемого времени с возможностью посещения ими объектов обслуживания или минуя их;
- размещения необходимой протяженности фронта посадки на наземные виды ГПТ;
- создания комфортных условий для пассажиров, ожидающих транспорт;
- предоставления пассажирам услуг транспортной инфраструктуры (приобретение билетов, оплата поездки, информация и т.д.).

Классификация ТПУ приведена на рисунке 1.3.1

Внешние ТПУ обеспечивают пересадку пассажиров с внешних для города видов транспорта на ГПТ. В нашей стране в узлах такого типа, как правило, обеспечиваются приемлемые условия пересадки на метрополитен (при его наличии, в г. Красноярск на дату 13.04.2020 метрополитен находится в процессе построения), в то время как условиям пересадки на наземные виды ГПТ не придается значения.[11]



Рисунок 1.3.1 - Классификация транспортно-пересадочных узлов

Внутренние ТПУ предназначены для пересадки пассажиров между различными видами или линиями ГПТ.

Одновидовые ТПУ организуются для пересадки пассажиров между линиями одного вида ГПТ.

Комплексные ТПУ создаются для пересадки пассажиров между различными видами ГПТ. По значению в транспортной системе города такие ТПУ делятся на три уровня: «А», «Б», «В».

Уровень «А» располагается в стратегических с точки зрения транспорта узлах города. Пересадка осуществляется со скоростного вида транспорта (метрополитен или скоростной трамвай, городская электричка) на другие виды ГПТ, которые могут иметь здесь конечную станцию. В этом случае наблюдаются наиболее мощные пересадочные пассажиропотоки и плотное пешеходное движение в радиусе до 800 м. Если к ТПУ подходит велосипедная дорожка, то она должна быть изолирована от автомобильного и пешеходного движения.

Уровень «Б» размещается в транспортных центрах районного значения. Пересадка осуществляется со скоростных видов транспорта на другие виды ГПТ. Плотность пешеходного движения заметно снижается на удалении свыше 500 м от ТПУ. Велосипедная дорожка может быть изолированной или выделена разметкой.

Уровень «В» находится в локальных местах пересадки между различными видами наземного ГПТ. Плотность пешеходного движения низкая.

При организации ТПУ следует придерживаться ряда правил. Во-первых, необходима рациональная организация перемещения пассажиров, что предусматривает эффективное управление всеми технологическими процессами и сервисами для пассажиров, их координацию, продуманные пути движения при пересадке, входе и выходе без помех и пересечений потоков, свободные проезды к ТПУ.

Во-вторых, приспособленность для обслуживания всех групп пользователей с обеспечением личной безопасности и безопасности технологических процессов, с принятием мер для защиты окружающей среды – еще одно важнейшее требование к ТПУ.

В-третьих, информационная однозначность призвана обеспечить узнаваемость ТПУ, четкость надписей, маршрутных указателей и знаков, единый стиль информационного обеспечения, интуитивную однозначность пути следования, развитые информационные сервисы.

В-четвертых, положительному восприятию пассажирами окружающей среды, комфортному перемещению и ожиданию транспорта будет способствовать высокое качество проектных и решений. Проектное решение, планировка, технологические схемы работы ТПУ трудно поддаются типизации, так как зависят от объемов и состава транспортных и пассажирских

потоков, места расположения и окружающей застройки, климатических условий и т.п.

В состав ТПУ входят:

- станции скоростного транспорта и остановочные пункты (конечные станции) наземного ГПТ;
- пути перемещения пассажиров;
- билетные кассы и другие сервисные службы;
- система управления и информационного обеспечения;
- зоны ожидания и публичные пространства с торговым обслуживанием и предприятиями общественного питания;
- стоянки для такси и велосипедов;
- перехватывающие парковки и стоянки для личного транспорта.

Для обеспечения транспортных и многообразных сервисных функций, обеспечения минимальных расстояний перемещений ТПУ проектируют многоярусными, со специализацией каждого яруса на определенной функции. Связи между ярусами осуществляются эскалаторами и лифтами.

В пересадочных узлах независимо от величины расчетных пассажиропотоков время передвижения на пересадку пассажиров не должно превышать 3 мин без учета времени ожидания транспорта. Коммуникационные элементы пересадочных узлов, разгрузочные площадки перед станциями метрополитена и другими объектами массового посещения в соответствии с СП 42.13330.2011 следует проектировать из условий обеспечения расчетной плотности движения потоков не более 1,0 чел./м² при одностороннем движении; 0,8 – при встречном движении потоков; 0,5 – при устройстве распределительных площадок в местах пересечения и 0,3 – в центральных и конечных пересадочных узлах на линиях скоростного внеуличного транспорта.[8]

На основании выше сказанного выделим ряд проблем ТПУ:

1. У 70% ТПУ существуют проблемы организации пешеходного движения, что влияет на пропускную способность пассажиров (пешеходные переходы, тротуары, пешеходные дорожки, пешеходные зоны остановочных пунктов и т.п.);
2. Неоптимальная организация пешеходного движения, что приводит к столпотворению и пересечениям разноплановых пешеходных потоков в отдельных частях транспортно-пересадочного узла;
3. Объекты коммерции создают дополнительные пассажиропотоки и без того загруженных ТПУ.

Основной целью развития системы транспортно-пересадочного узла является улучшение условий передвижения жителей за счет развития системы пассажирского транспорта и улучшения условий передвижения по улично-дорожной сети, методами:

- сокращений общего времени поездки за счет времени пересадки и возможности комбинированной поездки;
- сокращения интенсивности движения индивидуального транспорта по УДС в центральных зонах.

1.4 Проблемы безопасности остановочных пунктов городского пассажирского транспорта

Безопасность остановочных пунктов – соблюдение всех законодательных норм РФ по обеспечению полной безопасности на остановочных пунктах, путем улучшения инфраструктуры ОП и маршрутной сети НП в целом.

Необходимыми условиями обеспечения безопасности массовых пассажирских перевозок являются исправные пассажирские транспортные средства, соответствующие дорожным условиям и объему перевозок; высокая квалификация и дисциплинированность водителей и всего служебного персонала; исправные дороги с необходимым обустройством; рациональная организация дорожного движения с предоставлением в необходимых случаях приоритета общественному маршрутному транспорту.

Слаженная работа маршрутного пассажирского транспорта позволяет сократить пользование индивидуальными автомобилями в первую очередь для трудовых поездок и этим снизить загрузку дорожной сети. Таким образом, слаженная организация пассажирских перевозок и движения подвижного состава на маршрутах является в настоящее время глобальным вопросом для организации всего городского движения.

Основными задачами по обеспечению безопасности перевозок пассажиров являются:

- выполнение установленных законодательными и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации требований к уровню квалификации, состоянию здоровья, поведению при участии в дорожном движении, режимам труда и отдыха водителей автобусов (обеспечение профессиональной надежности водителей автобусов);

- содержание автобусов в технически исправном состоянии, предупреждение отказов и неисправностей при эксплуатации их на линии;
- обеспечение безопасных дорожных условий на маршрутах автобусных перевозок;
- организация перевозочного процесса по технологии, обеспечивающей безопасные условия перевозок пассажиров.

Массовые перевозки пассажиров городским транспортом, их быстрота, безопасность и экономичность имеют решающее значение для удобства населения.

Экспериментальные исследования работы остановочных пунктов показали:

- на остановочном пункте Кинотеатр Луч (Карла Маркса 149) маршрутные транспортные средства останавливаются в два ряда, пассажиры вынуждены выходить на проезжую часть, из-за значительной длины остановочных пунктов увеличивается время маневрирования, создается очередь, нередко образуются заторы и критические ситуации, приводящие к ДТП;
- на остановочном пункте Театр кукол (Ленина 112) автобусы останавливаются в один ряд, но из-за расположенного вблизи остановок светофорного объекта скапливается очередь маршрутных транспортных средств, параметры данных остановочных пунктов не позволяют одновременно пропустить все скопившиеся автобусы, поэтому транспорту приходится ожидать места высадки и посадки пассажиров;
- на остановочном пункте Главпочтамт (Ленина 62) маршрутные транспортные средства останавливаются в один ряд. Данная остановка, как и Кинотеатр Луч и Театр кукол, не оборудованы «заездным карманом». Остановка Главпочтамт имеет небольшую длину, в среднем 13 м, в связи с чем из-за ожидания места создается очередь, что негативно сказывается на работе остановочного пункта общественного транспорта.

Из-за светофорного объекта, расположенного в среднем за 10 метров до остановок, образуется скопление маршрутных транспортных средств. Водители автобусов высаживают своих пассажиров не в специально отведенном для этого месте, а перед светофором, что снижает безопасность дорожного движения. Проведение обследования в разные годы позволило выявить тенденцию к снижению маршрутов общественного транспорта

(принадлежащих муниципальному предприятию (МУП)) и увеличению маршрутов частных перевозчиков. В то время как количество маршрутов увеличилось не значительно, интенсивность входящего потока автобусов в среднем выросла на 44%. Рост количества автобусов особо малой вместимости приводит к перегруженности не только улично-дорожной сети, но и остановочных пунктов, так как для того, чтобы перевезти одно и то же количество пассажиров, этих транспортных средств требуется гораздо больше.

Существующие параметры остановок не позволяют вместить большое количество маршрутных транспортных средств, в результате возникают заторы на остановочных пунктах, снижается безопасность движения, увеличивается время обслуживания маршрутных транспортных средств на остановке, которое изменяется в пределах от 3 до 119 секунд. В среднем время обслуживания на остановочных пунктах, оборудованных заездным карманом, на 30% больше, чем на остановках, где нет заездного кармана.

При проведении экспериментальных исследований была обнаружена такая тенденция: при полностью свободной остановке маршрутное транспортное средство, подъезжая, занимает среднюю ее часть (из трех мест в кармане), то автобусы большой вместимости встают в конец очереди, а автобусы малой вместимости стремятся проехать вперед и занять свободное место. Большинство же автобусов малой вместимости либо становятся во втором и даже третьем ряду, осуществляя посадку-высадку пассажиров, либо проезжают без остановки.[5]

Проблемы безопасности ГПТ:

1. Отсутствие каркасов безопасности («тумбы», «столбики»), для отделения пассажирской зоны.
2. Отсутствие остановочных карманов, из-за этого посадка-высадка осуществляется на линии.
3. Посадка-высадка пассажиров в не остановочного кармана или осуществление посадки-высадки во втором ряду.
4. Неверно расположение светофорных объектов.
5. Неверное расположения остановочных пунктов (перед перекрестком, что создает очередь ГПТ).
6. Не развитость инфраструктуры, а именно, отсутствие остановочных павильонов (отсутствие закрытых павильонов, что особенно актуально в сибирских климатических условиях).

1.5 Выводы по главе и задачи исследования

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Инфраструктура городского пассажирского транспорта не совершенна, для улучшения функционирования ГПТ повысить качество инфраструктуры.
2. Наименее затратным в и наиболее осуществимым является исследование и увеличение пропускной способности остановочных пунктов.
3. Пропускная способность линий городского пассажирского транспорта во многом ограничивается пропускной способностью остановочных пунктов, на которую существенное влияние оказывают параметры случайных процессов поступления транспортных средств и времени посадки/высадки пассажиров.
4. Предложенный порядок определения пропускной способности остановочных пунктов, состоящий из выявления критических остановочных пунктов с наибольшим пассажирооборотом, определения параметров процесса обслуживания подвижного состава, расчета вероятности возникновения очереди, позволяет устанавливать предельную интенсивность движения по линиям городского пассажирского транспорта.[6]
5. Также предлагаю провести исследование безопасности ОП, так как обеспечение безопасности на остановке общественного транспорта имеет прямую зависимость от его пропускной способности. Так, безопасным ОП, можно считать тот, который соответствует нормативным требованиям РФ и имеет:
 - остановочный карман и посадочная площадка (посадка в не линии);
 - боковая разделительная полоса;
 - тротуары и пешеходные дорожки;
 - автопавильон;
 - пешеходный переход;
 - пешеходные ограждения;
 - дорожные знаки, разметка, ограждения;
 - скамья, урна для мусора, освещение.

Далее необходимо принять методику обследования остановочных пунктов, провести исследование и расчет ПС и безопасности ОП.

На основании изученной ситуации, изложенной в разделе 1, сложившийся с городским пассажирскими остановочными пунктами общего пользования г. Красноярск было выделено ряд проблем, для устранения которых необходимо решить следующие задачи:

- Выбор метода исследования пропускной способности остановочного пункта;
- Написание методики обследования пропускной способности остановочного пункта;
- Расчет пропускной способности остановочного пункта и обработка результатов
- Написание методики обследования безопасности остановочного пункта;
- Обработка полученных результатов о безопасности остановочных пунктов и рекомендации по их усовершенствованию.

Глава 2. Совершенствование городских пассажирских остановочных пунктов

Методика проведения эксперимента.

Эксперимент проводили в пиковый период в течении одно часа (с 18:00 – 19:00) на трех остановочных пунктах г. Красноярск. Эксперимент носит пассивный характер (т.е. провели регистрацию прибытия и убытия ПС). Обработку данных выполнили только после завершения замеров, см. Приложение А.

Описание эксперимента:

- Постановка задачи (определение количества требуемых замеров);
- Выбор объектов исследования, путем максимального пассажиро-оборота;
- Сбор информации об исследуемых остановочных пунктах;
- Выбор методики усовершенствование остановочных пунктов;
- Реализация методики – сбор данных;
- Далее произвести обработку данных, путем оценки показателей качества.

Исследование проводили в несколько этапов:

1. Описание параметров остановочного пункта;
2. Описание параметров улично-дорожной сети данного участка;
3. Измерение параметров для вычисления пропускной способности.

Третий этап подразумевает нахождение следующих данных:

- Время подъезда МТС к остановочному пункту;
- Время открытия дверей (по трем остановочным карманам);
- Время простоя МТС (по трем остановочным карманам);
- Время закрытия дверей и убытия МТС с остановочного пункта;
- Время между убывшим МТС и прибывшим по каждому остановочному карману в отдельности (интервалы).

Для проведения эксперимента был разработан протокол внесения данных, см. Приложение А. Затем при помощи полученных данных произвели оценку показателей качества и рассчитали пропускную способность ОП. Пропускную способность рассчитывали методом Highway Capacity Manual 2000.

Для проведения эксперимента были выбраны три остановочных пункта:

- ОП «Театр Кукол» (г. Красноярск, Ленина 112);
- ОП «Главпочтамт» (г. Красноярск, Ленина 62);
- ОП «Кинотеатр луч» (г. Красноярск, Карла Маркса 149).

2.1 Методика обработки данных по результатам экспериментов

Оценка показателей качества объекта по результатам эксперимента.

По результатам эксперимента проведем первичную статистическую обработку данных. В статистике, как правило, статистические данные являются результатом наблюдений над некоторой случайной величиной X .

Статистические характеристики случайных величин.

Статистическая функция СЧЕТ используется для определения числа значений (рис. 2.1.1)

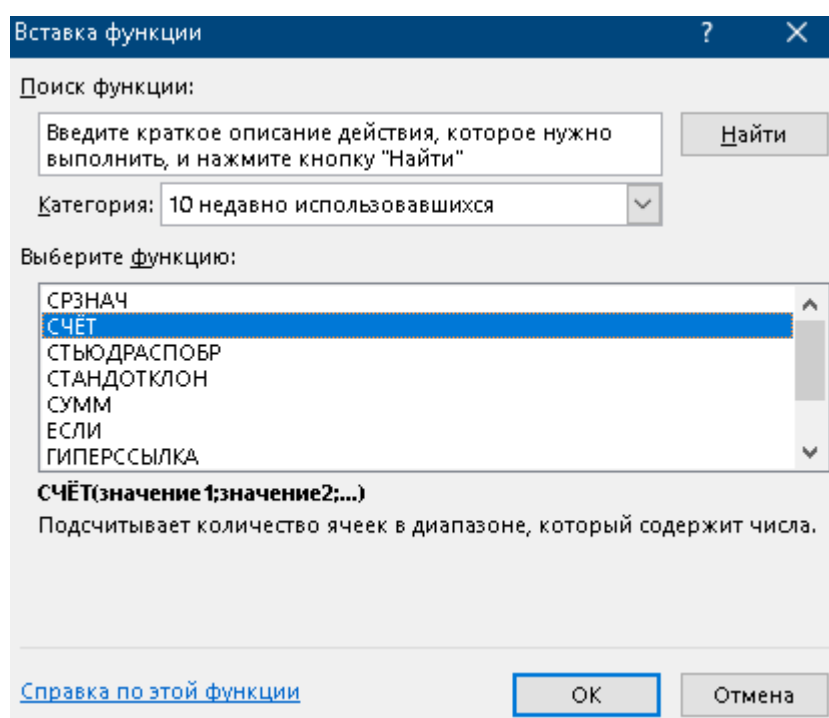


Рисунок 2.1.1 – Мастер функций

Диапазон ячеек указывается адресами первой и последней ячейки данных, записанными через двоеточие, например, В6:В15 (рис. 2.1.2). Функция СРЗНАЧ рассчитывает среднее значение выборки. Функция СТАНДОТКЛОН – стандартное отклонение выборки. Аргументами этих функций служит все тот же диапазон ячеек. Статистическая функция СТЬЮДРАСПОБР используется для нахождения коэффициента Стьюдента. Этот коэффициент зависит от вероятности ошибки (при обычно задаваемой надежности 95 % вероятность ошибки составляет 5 %) и от числа степеней свободы $n-1$. Также это значение можно найти по таблице критических значений t -критерия

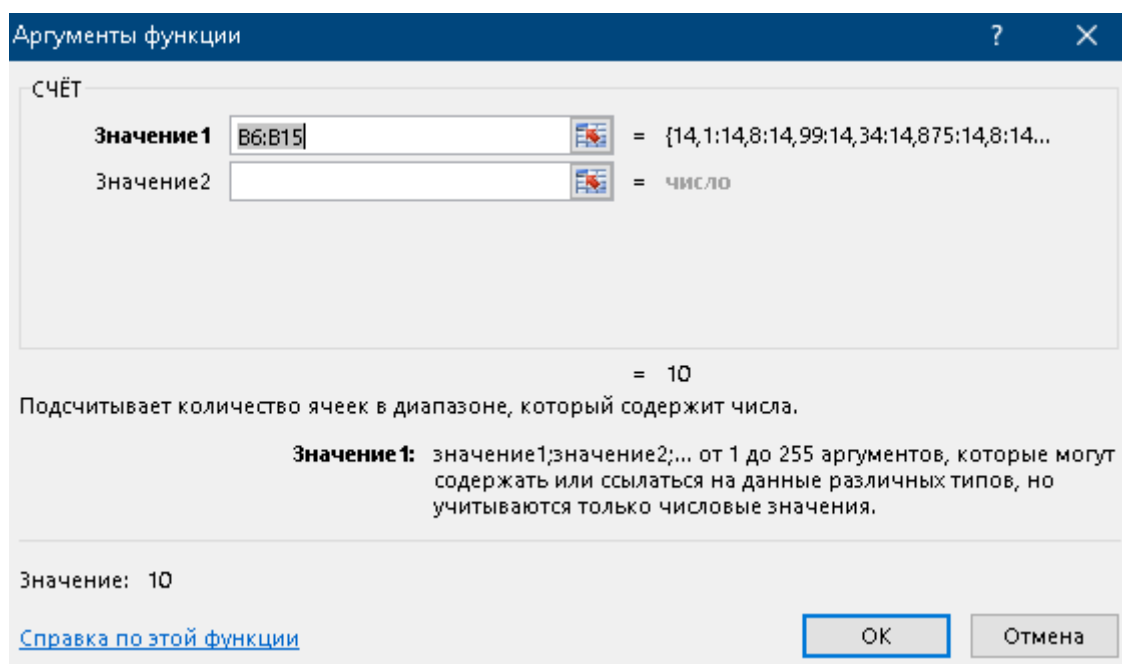


Рисунок 2.1.2 – Аргумент функции

Для нахождения доверительного интервала используется обычная формула умножения «=СТЮДРАСПОБР* $X_{\text{ср}}$ ».

Данные из примера введем в столбец В (табл. 2.1.2). В столбцах D и E – подсказки характеристик, которые мы будем рассчитывать. Используя приведенные выше функции, в столбец F поместим результаты. По найденному значению ячейки F11 окончательный результат доверительного интервала можно записать так: с 95 %-ной надежностью $X = 14,81 \pm 0,046$. В заключение вычислим относительную ошибку определения доверительного интервала: $\delta = \text{ДИ}/X_{\text{ср}}$ (формула: «=F11/F7»). Значение относительной ошибки обычно выражают в процентах, в нашем случае 0,3 %.

	<u>Обработка</u>	a1	a2	a3
Число значение n	СЧЕТ	42,00	42,00	42,00
Среднее значение $X_{\text{ср}}$	СРЗНАЧ	0,21	0,08	0,08
Станд. отклонение S	СТАНДОТКЛОН	0,09	0,14	0,16
Ст. отклонение среднего $S_{\text{ср}}$	S/КОРЕНЬ(n)	0,01	0,02	0,02
К.Стюд(5%, n-1) t	СТЮДРАСПОБР	1,26	1,80	1,81
Доверит. Интервал ДИ	t*S _{ср}	0,02	0,04	0,05
Относит ошибка	ДИ/ $X_{\text{ср}}$	0,09	0,49	0,59

Рисунок 2.1.3 – обработка данных

Построение диаграмм.

MS Excel дает возможность представлять числовую информацию в графической форме — в виде диаграмм и графиков. Для создания диаграмм в табличный процессор встроены специальные средства, позволяющие просто и наглядно выполнить необходимые операции: выбрать тип диаграммы, задать диапазон ячеек, по значениям которых строится диаграмма, ввести название диаграммы, обозначения осей, указать масштабы, условные обозначения элементов, выбрать цвета надписей, заливки элементов и т. д.

Построение гистограммы относительных частот вариационного ряда. Гистограммой относительных частот называют ступенчатую фигуру, состоящую из прямоугольников, основаниями которых служат частичные интервалы длиной h , а высоты равны плотностям относительной частоты f_i . Площадь i -го частичного прямоугольника

Оценка параметров и определения закона распределения. Исследуется случайная величина – время обслуживания пассажиров на остановочном пункте, с момента открытия и до полного закрытия дверей, см. рисунок 2.1.4.

a1	a2	a3
0,12	0	0
0,17	0	0
0,1	0	0
0,33	0	0
0,25	0,42	0,47
0,57	0	0
0,17	0	0
0,1	0	0
0,33	0	0
0,25	0,28	0,35
0,15	0	0
0,18	0	0
0,17	0	0
0,28	0,32	0,42
0,2	0	0
0,25	0,28	0,33
0,17	0	0
0,1	0	0

Рисунок 2.1.4 – исследуемые данные эксперимента

Требуется провести первичную статистическую обработку данных, проверить гипотезу о виде распределения случайной величины с помощью критерия согласия Пирсона.

Данная задача решается с помощью статистических процедур анализа данных и статистических функций библиотеки встроенных функций MS Excel.

Приведем алгоритм решения задачи:

1. Ввод данных;
2. Построение вариационного ряда, упорядочить выборочные значения, используя кнопку сортировки по возрастанию;
3. Построение статистического ряда выборки, ввести k различных выборочных значений, в меню данные выделить строку анализ данных, выделить процедуру гистограмма, в поле входной интервал диалогового окна гистограмма ввести ссылку на диапазон, в поле интервал карманов ввести ссылку на диапазон, далее активизировать поле выходной интервал и ввести в это поле ссылку;

Составить табл. 2.1.1 статистического ряда по следующему образцу:

Таблица 2.1.1 – Статистический ряд

x_i различные выборочные значения	n_i частота выборочного значения x_i	$\frac{n_i}{N}$ относительная частота выборочного значения x_i	$\frac{n_i^*}{N}$ накопленная относительная частота
--	--	--	--

Первые столбцы заполнить копированием. Относительные и накопленные частоты вычислить с использованием формул;

4. Построение полигонов относительных и накопленных относительных частот. Скопировать первый и третий столбцы таблицы 2.1.1, выделить их, используя меню вставка, применить к выделенным числам средство диаграммы точечная, далее полученный график есть полигон относительных частот. Если эти же действия проделать с первым и четвертым столбцами таблицы 2.1.1, то получим полигон накопленных частот – сглаженный график эмпирической функции распределения;

5. Определение выборочных характеристик - в меню данные выделить подменю анализ данных, выделить процедуру описательная статистика, в поле ввода входной интервал ввести ссылку на диапазон ячеек, содержащий статистические данные. Установить флажок итоговая статистика. активизировать поле Выходной интервал, ввести в это поле ссылку – левая верхняя ячейка, в которую будет введена таблица результатов решений.

6. Проверка гипотезы о виде распределения случайной величины с помощью критерия согласия Пирсона, заполнить таблицу 2.2.2.

Таблица 2.2.2 – критерий Пирсона

x_i различные выборочные значения	n_i частота выборочного значения x_i	p_i теоретическая вероятность выборочного значения x_i	$n'_i = N \cdot p_i$ теоретическая частота выборочного значения x_i	$\frac{(n'_i - n_i)^2}{n'_i}$
--	---	--	---	-------------------------------

Первые столбцы заполнить копированием, а оставшиеся – вычисленными по формулам значениями.

Если проверяется гипотеза о распределении Пуассона, то теоретические вероятности вычислить с помощью функции ПУАССОН. Здесь x – выборочное среднее, оно определяется в пункте 5, θ – параметр, показывающий, что вычисляется вероятность того, что случайная величина, распределенная по закону Пуассона, принимает значение.

Если проверяется гипотеза о биномиальном распределении случайной величины, то теоретические вероятности вычислить с помощью функции БИНОМРАСП, при этом вероятность успеха в одном испытании определить по формуле где – выборочное среднее. В случае других распределений воспользоваться справкой о статистических функциях библиотеки встроенных функций MS Excel.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n'_i - n_i)^2}{n'_i} \quad (2.1.1)$$

Значение является наблюдаемым значением случайной величины. Число степеней свободы этой случайной величины равно $r=k-2$ при проверке гипотезы о распределении Пуассона и $r=k-3$, если проверяется гипотеза о биномиальном распределении. Критическое значение случайной величины определить с помощью функции $X_p = \text{ХИ2ОБР}(a, r)$, где a – уровень значимости.

Полученное наблюдаемое значение сравнить X с $X_{кр}$. Если $X < X_{кр}$, то гипотеза о виде распределения принимается при уровне значимости. Если $X > X_{кр}$, то гипотеза отвергается с уровнем значимости.

С помощью пакета анализ данных получаем статистический ряд выборки и его графическое представление (рисунок 2.1.5)

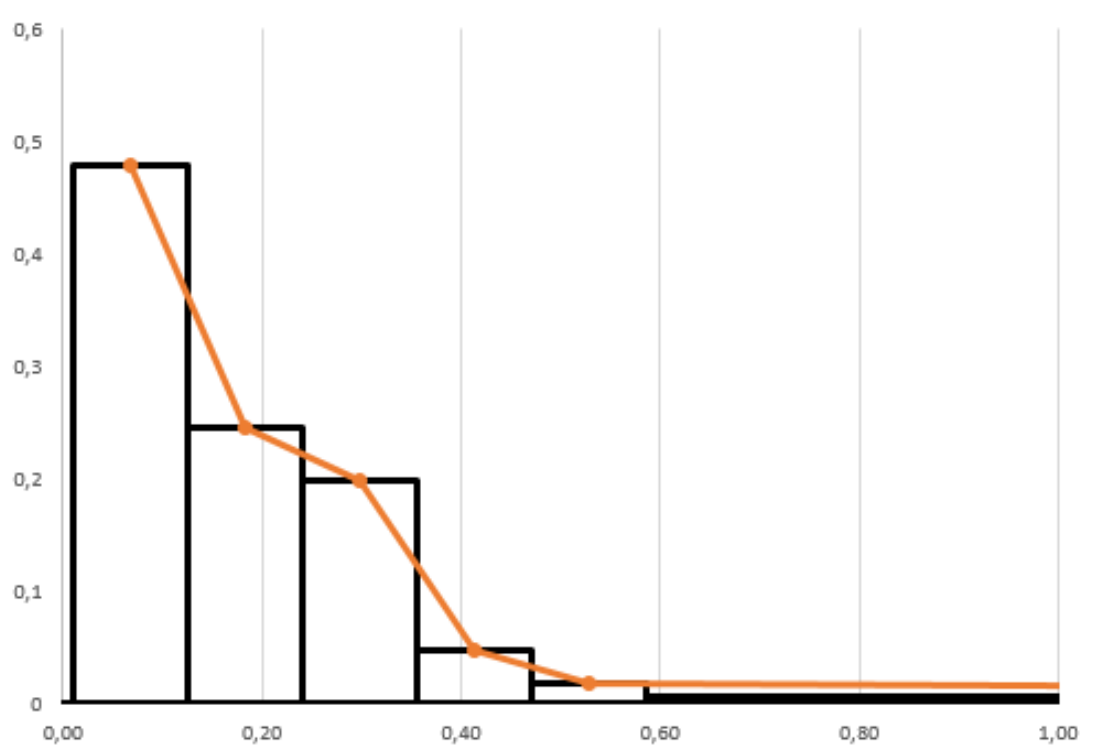


Рисунок 2.1.5 – Гистограмма

Построенная гистограмма позволяет сделать предположение о виде распределения случайной величины X . В результате заполнения таблицы 2.1.1 получим таблицу 2.1.3, в третьем столбце которой, представлены относительные, а в четвертом – накопленные относительные частоты выборочных значений.

Таблица 2.1.3 - Построение гистограммы

Интервалы		x_j	n_j	W_j	W_n
0,01	0,13	0,07	82,00	0,48	0,48
0,13	0,24	0,18	42,00	0,25	0,73
0,24	0,36	0,30	34,00	0,20	0,92
0,36	0,47	0,41	8,00	0,05	0,97
0,47	0,59	0,53	3,00	0,02	0,99
3,23	3,35	3,29	1,00	0,01	0,99
6,45	6,57	6,51	1,00	0,01	1,00

Согласно пункту 4 алгоритма получим полигоны относительных и накопленных частот.

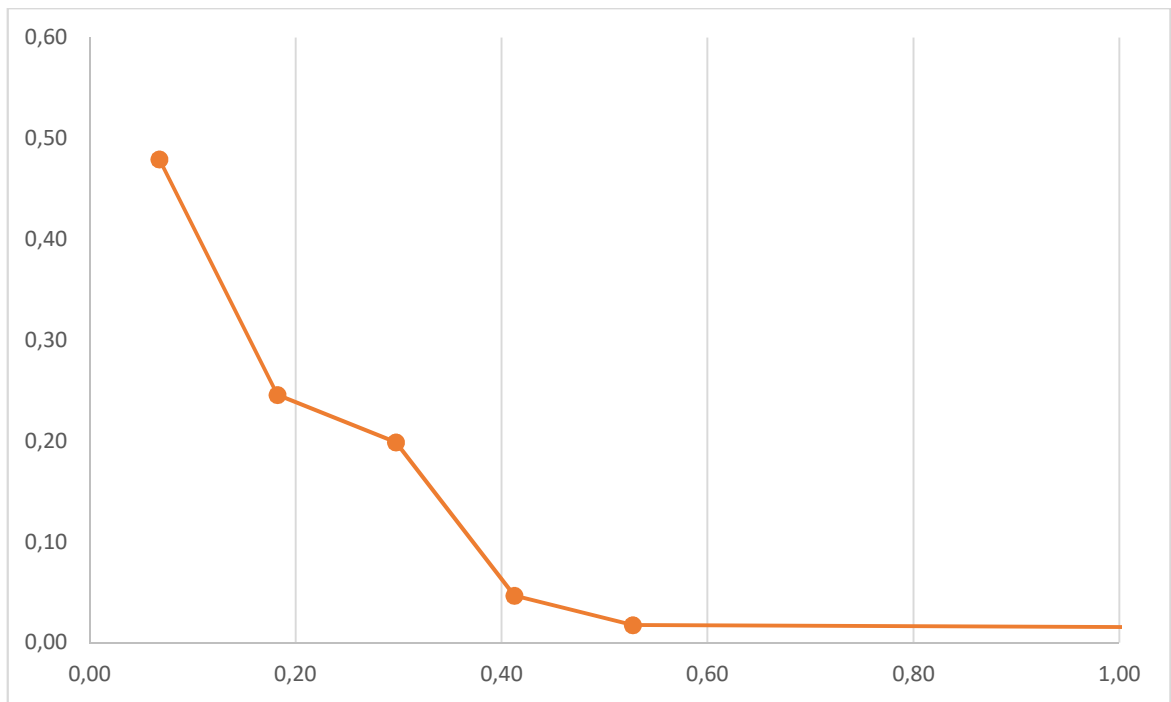


Рисунок 2.1.6 - Полигон относительных частот

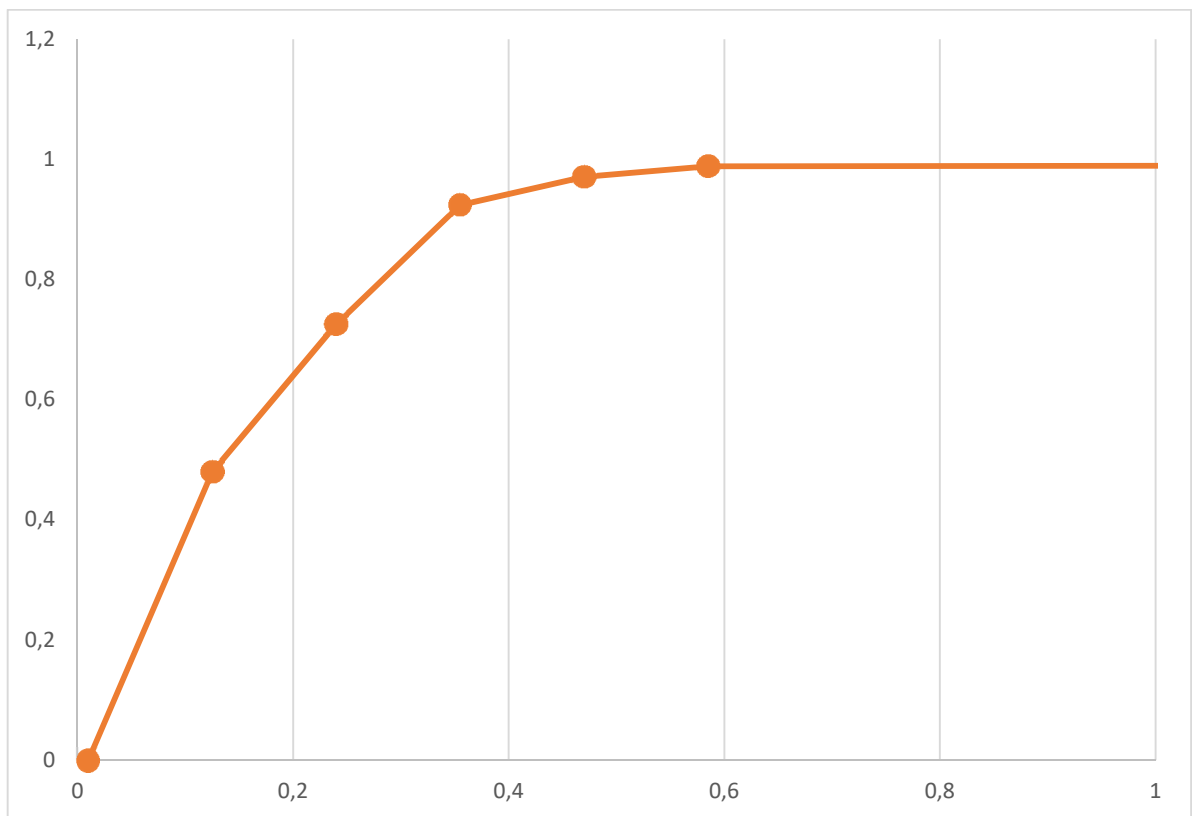


Рисунок 2.1.7 - График эмпирической функции распределения

Получаем выборочные характеристики:

Среднее	4,493333
Стандартная ошибка	0,150687
Медиана	5
Мода	5
Стандартное отклонение	1,845534
Дисперсия выборки	3,405996
Экссесс	-0,12004
Асимметричность	0,130829
Интервал	10
Минимум	0
Максимум	10
Сумма	674
Счет	150

Рисунок 2.1.8 - Выборочные характеристики

Проверим гипотезу о распределении случайной величины по закону Пуассона. В качестве точечной оценки параметра распределения выбираем выборочное среднее. Наблюдаемое значение случайной величины. Оно получено суммированием чисел последнего столбца. Критическое значение $X_{кр} = \chi^2_{ОБР}(a,r)$.

x_i	n_i	p_i	n_i'	χ^2
0	1	0,011183	1,677501	0,273626
1	6	0,05025	7,537566	0,313644
2	16	0,112896	16,93439	0,051557
3	22	0,169093	25,36393	0,446146
4	27	0,189948	28,49213	0,078142
5	38	0,170699	25,6049	6,00035
6	19	0,127835	19,17521	0,001601
7	13	0,082058	12,30865	0,038831
8	6	0,046089	6,913355	0,120667
9	1	0,02301	3,451554	1,741278
10	1	0,010339	1,550897	0,195685
				9,261528

Линейная регрессия. Линейной регрессией называется функция, которая выражается уравнением прямой:

$$\hat{y} = f(x) = a + bx. \quad (2.1.2)$$

Построение линейной регрессии сводится к оценке ее параметров a , b . Классический подход к оцениванию параметров линейной регрессии основан на методе наименьших квадратов (МНК).

Для определения зависимости между остановочными пунктами, интервал между приходами автобусов, время обслуживания пассажиропотока. Линейная регрессия содержит два параметра, найдем их оценку по методу наименьших квадратов. Рассмотрим отклонения экспериментальных значений искомой функции от теоретических (на линейной регрессии):

$$\begin{aligned} \varepsilon_i &= (y_i - \bar{y}(x_i, a, b)); \\ \varepsilon_i &= (y_i - a - bx_i). \end{aligned} \quad (2.1.3)$$

Составим функцию $S(a, b)$:

$$S(a, b) = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 \quad (2.1.4)$$

Необходимое условие минимума функции $S(a, b)$ приводит к системе уравнений для отыскания оценок a^* , b^* :

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a} = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial b} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) = 0, \\ -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) x_i = 0, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sum_{i=1}^n y_i - an - b \sum_{i=1}^n x_i = 0, \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i - a \sum_{i=1}^n x_i - b \sum_{i=1}^n x_i^2 = 0. \end{cases} \quad (2.1.5)$$

2.2 Оценка показателей качества по результатам экспериментов остановочного пункта «Театр Кукол»

Имеется выборка X (интервалы обслуживания пассажиров по зоне 1, остановка Театр Кукол, Приложение А – Таблица А.3) объема $n(126)$. Промежуток $(x_{\min(0,1)}, x_{\max(0,57)})$ между крайними элементами выборки делится на b разрядов шириной h . Для каждого i -го разряда определим частоту (n_i) и относительную частоту (n_i/n) попадания элементов выборки.

Определение значений h и b :

$$h \cong \sigma_B / 2.5 = (\text{СУММ}(A58:C99)/126)/2,5 = 0,0495 \quad (2.2.1)$$

$$b = [(x_{\max} - x_{\min})/h] = (0,57-0,1)/0,0495 = 9,49 \quad (2.2.2)$$

При формировании интервалов нужно учитывать, что большое число интервалов приводит к усилению случайных колебаний, небольшое число интервалов затрудняет построение теоретической кривой по эмпирическим данным.

Выбираем одинаковую ширину интервалов. Охватываем всю область данных.

Рассчитываем приведенные относительные частоты:

$$\delta_i = n_i / (nh). \quad (2.2.3)$$

Строим полигон и гистограмму распределения, которые обеспечивают предварительный анализ свойств распределения выборочных данных, формирование статистических гипотез о виде распределения:

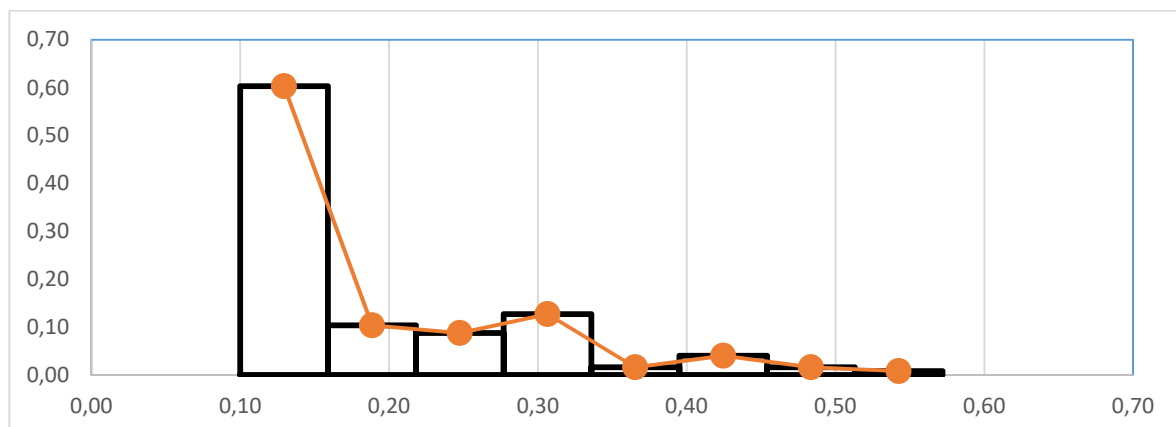


Рисунок 2.2.1 - Полигон

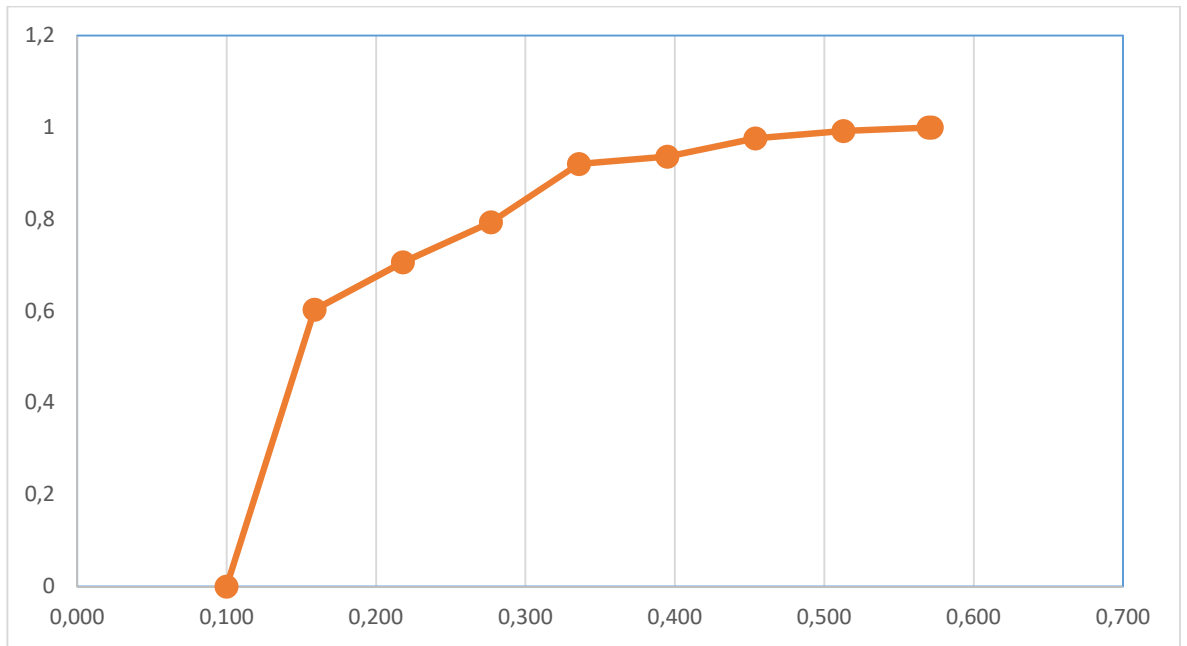


Рисунок 2.2.2 - Гистограмма

Для не сгруппированных данных среднее значение рассчитывается:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, i = \overline{1, n} \quad (2.2.4)$$

где x_i - срединное значение i -го интервала;

Доверительный интервал для \bar{x} :

$$\bar{x} - \frac{S}{\sqrt{n}} t_{n-1; \alpha/2} < \mu < \bar{x} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{n-1; 1-\alpha/2} \quad (2.2.5)$$

Для расчета дисперсии не сгруппированных данных используется выражение:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (2.2.6)$$

Среднее квадратическое отклонение:

$$S = \sqrt{S^2}. \quad (2.2.7)$$

Таблица 2.2.1 – Обработка данных

Интервалы		n _j (частота)	x _j	W _j (относительная частота)	W _n	□	хср.	S ² (дисперсия)	S (среднее квадратическое отклонение)
0,100	0,159	76,00	0,13	0,60	0,60	12,185	0,001	0,0001	0,0001
0,159	0,218	13,00	0,19	0,10	0,71	2,084	0,001	0,0003	0,0003
0,218	0,277	11,00	0,25	0,09	0,79	1,764	0,002	0,0005	0,0005
0,277	0,336	16,00	0,31	0,13	0,92	2,565	0,002	0,0007	0,0007
0,336	0,395	2,00	0,37	0,02	0,94	0,321	0,003	0,0011	0,0011
0,395	0,454	5,00	0,42	0,04	0,98	0,802	0,003	0,0014	0,0014
0,454	0,513	2,00	0,48	0,02	0,99	0,321	0,004	0,0018	0,0018
0,513	0,572	1,00	0,54	0,01	1,00	0,160	0,004	0,0023	0,0023

Подбор теоретического распределения экспериментальных данных заключается в следующем:

- построении гистограммы;
- умножении теоретической функции распределения на число наблюдений;
- сравнении полученных результатов с соответствующими данными из гистограммы.

Таким образом, осуществляется сравнение наблюдаемых и теоретических частот. Если расхождения слишком большие, то отклоняется гипотеза о том, что совокупность, из которой получена рассматриваемая выборка, описывается принятым теоретическим распределением. Иначе можно сделать вывод, что принятое распределение с достаточной точностью описывает генеральную совокупность.

Формальная проверка гипотезы осуществляется по критериям согласия (соответствия экспериментальных данных выбранному теоретическому распределению). Наибольшее распространение получила процедура, основанная на критерии согласия К. Пирсона (1900 г.), которая состоит из следующих шагов.

Во-первых, определяются теоретические частоты $n'_i (i = \overline{1, b})$, для чего посредством гипотетической функции распределения $F(x)$ рассчитываются вероятности $p'_i, \sum_i p'_i = 1$. Теоретические частоты: $n'_i = p'_i n, \sum_i n'_i = n$.

Во-вторых, вычисляется выборочное значение критерия согласия Пирсона:

$$\chi^0 = \sum_{i=1}^b \frac{(n_i - n_i')^2}{n_i'} \quad (2.2.8)$$

В-третьих, определяется критическая точка:

$$k_{cr} = \chi_{v;(1-\alpha)}^2, \quad (2.2.9)$$

где α - уровень значимости (0.1; 0.05 или 0.01);

v – количество степеней свободы. Если проверяемое распределение не имеет неизвестных параметров, число степеней свободы составляет $ss = b - 1$.

Таблица 2.2.2 – Обработка данных

i	n_i	n^*i	$n_i - n^*i$	$(n_i - n^*i)^2$	$(n_i - n^*i)^2/n^*i$
1,00	76,00	50,24	25,76	663,53	13,21
2,00	13,00	22,33	-9,33	87,02	3,90
3,00	11,00	22,33	-11,33	128,34	5,75
4,00	16,00	22,33	-6,33	40,05	1,79
5,00	2,00	22,33	-20,33	413,25	18,51
6,00	5,00	22,33	-17,33	300,28	13,45
7,00	2,00	22,33	-20,33	413,25	18,51
8,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0
Итого	126,00				75,11

$$K_{cr}(0.05;5) = 11,6; K_{набл} = 75,11$$

Наблюдаемое значение статистики Пирсона попадает в критическую область: $K_{набл} > K_{cr}$, поэтому есть основания отвергнуть основную гипотезу. Данные выборки распределены не по равномерному закону.

Вывод: каждое значение ряда отличается от среднего значения 0.193 в среднем на 0.0961. Среднее значение отличается от медианного, поэтому ряд можно охарактеризовать как умеренно асимметричный. Поскольку коэффициент вариации находится в пределах [30%; 70%], то вариация умеренная. Гипотеза о том, что случайная величина X подчинена нормальному закону распределения, отвергается (по критерию согласия Пирсона).

Поэтому данный остановочный пункт с недостаточной пропускной способностью, что приводит к заторам на дороге. Так как ОП находится сразу после перекрестка – нет достаточного места, для выстраивания очереди.

Для улучшения ситуации, нужно сделать корректировку транспортного предложения или увеличении остановочных мест, снижении интенсивности движения за счет увеличения вместимости подвижного состава

2.3 Оценка показателей качества по результатам экспериментов остановочного пункта «Главпочтамт»

Имеется выборка X (интервалы обслуживания пассажиров по зоне 1, остановка Главпочтамт, Приложение А – Таблица А.2) объема $n(132)$. Промежуток $(x_{\min(0,1)}, x_{\max(0,63)})$ между крайними элементами выборки делится на b разрядов шириной h . Для каждого i -го разряда определим частоту (n_i) и относительную частоту (n_i/n) попадания элементов выборки.

Определение значений h и b :

$$h \cong \sigma_B / 2.5 = (\text{СУММ}(A59:C102)/132)/2,5 = 0,0589 \quad (2.3.1)$$

$$b = [(x_{\max} - x_{\min})/h] = (0,63-0,1)/0,0589 = 8,99 \quad (2.3.2)$$

При формировании интервалов нужно учитывать, что большое число интервалов приводит к усилению случайных колебаний, небольшое число интервалов затрудняет построение теоретической кривой по эмпирическим данным.

Выбираем одинаковую ширину интервалов. Охватываем всю область данных.

Рассчитываем приведенные относительные частоты:

$$\delta_i = n_i / (nh). \quad (2.3.3)$$

Строим полигон и гистограмму распределения, которые обеспечивают предварительный анализ свойств распределения выборочных данных, формирование статистических гипотез о виде распределения:

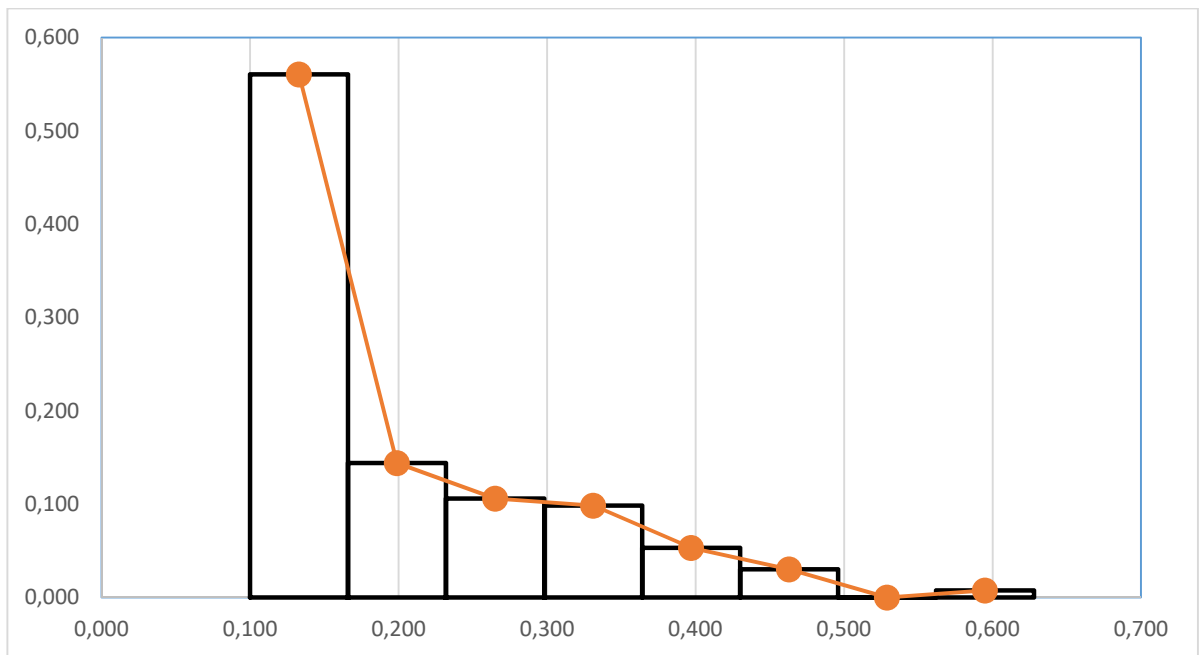


Рисунок 2.3.1 – Полигон

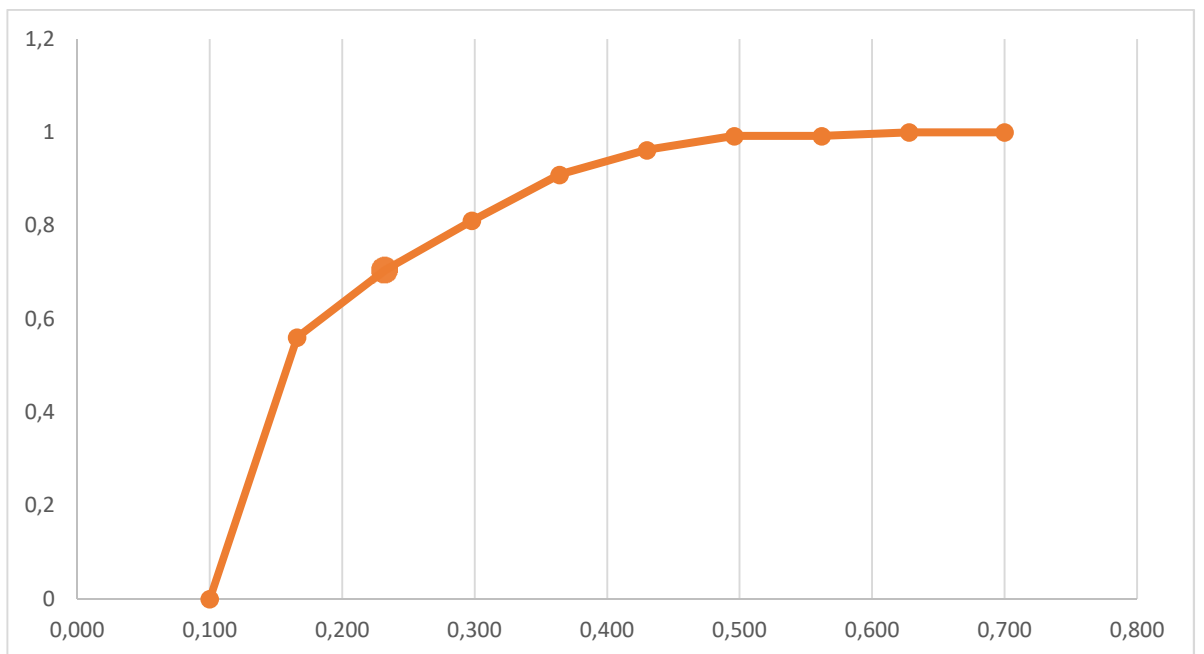


Рисунок 2.3.2 - Гистограмма

Для не сгруппированных данных среднее значение рассчитывается:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, i = \overline{1, n} \quad (2.3.4)$$

где x_i - срединное значение i -го интервала;

Доверительный интервал для \bar{x} :

$$\bar{x} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{n-1; \alpha/2} < \mu < \bar{x} + \frac{S}{n} t_{n-1; 1-\alpha/2} \quad (2.3.5)$$

Для расчета дисперсии не сгруппированных данных используется выражение:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (2.3.6)$$

Среднее квадратическое отклонение:

$$S = \sqrt{S^2}. \quad (2.3.7)$$

Таблица 2.3.1 – Обработка данных

Интервалы	п _j (частота)	х _j	W _j (относительная частота)	W _n	□	хср.	S ² (дисперсия)	S (среднее квадратическое отклонение)
0,100	0,166	74,000	0,133	0,561	0,561	9,518	0,001	0,0001
0,166	0,232	19,000	0,199	0,144	0,705	2,444	0,002	0,0003
0,232	0,298	14,000	0,265	0,106	0,811	1,801	0,002	0,0005
0,298	0,364	13,000	0,331	0,098	0,909	1,672	0,003	0,0008
0,364	0,430	7,000	0,397	0,053	0,962	0,900	0,003	0,0012
0,430	0,496	4,000	0,463	0,030	0,992	0,514	0,004	0,0016
0,496	0,562	0,000	0,529	0,000	0,992	0,000	0,004	0,0021
0,562	0,628	1,000	0,595	0,008	1,000	0,129	0,005	0,0027

Подбор теоретического распределения экспериментальных данных заключается в следующем:

- построении гистограммы;
- умножении теоретической функции распределения на число наблюдений;
- сравнении полученных результатов с соответствующими данными из гистограммы.

Таким образом, осуществляется сравнение наблюдаемых и теоретических частот. Если расхождения слишком большие, то отклоняется гипотеза о том, что совокупность, из которой получена рассматриваемая

выборка, описывается принятым теоретическим распределением. Иначе можно сделать вывод, что принятое распределение с достаточной точностью описывает генеральную совокупность.

Формальная проверка гипотезы осуществляется по критериям согласия (соответствия экспериментальных данных выбранному теоретическому распределению). Наибольшее распространение получила процедура, основанная на критерии согласия К. Пирсона (1900 г.), которая состоит из следующих шагов.

Во-первых, определяются теоретические частоты $n'_i (i = \overline{1, b})$, для чего посредством гипотетической функции распределения $F(x)$ рассчитываются вероятности $p'_i, \sum_i p'_i = 1$. Теоретические частоты: $n'_i = p'_i n, \sum_i n'_i = n$.

Во-вторых, вычисляется выборочное значение критерия согласия Пирсона:

$$\chi^0 = \sum_{i=1}^b \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}. \quad (2.3.8)$$

В-третьих, определяется критическая точка:

$$k_{cr} = \chi^2_{v; (1-\alpha)}, \quad (2.3.9)$$

где α - уровень значимости (0.1; 0.05 или 0.01);

v – количество степеней свободы. Если проверяемое распределение не имеет неизвестных параметров, число степеней свободы составляет $ss = b - 1$.

Таблица 2.3.2 – Обработка данных

i	ni	n*i	ni - n*i	(ni - n*i) ²	(ni - n*i) ² /n*i
1,00	74,00	51,70	22,30	497,50	9,62
2,00	19,00	25,18	-6,18	38,14	1,52
3,00	14,00	25,18	-11,18	124,91	4,96
4,00	13,00	25,18	-12,18	148,26	5,89
5,00	7,00	25,18	-18,18	330,37	13,12
6,00	4,00	25,18	-21,18	448,43	17,81
7,00	0,00	25,18	-25,18	633,84	25,18
8,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
Итого	132,00				78,10

$$K_{cr}(0.05;5) = 11,6; K_{набл} = 78,1$$

Наблюдаемое значение статистики Пирсона попадает в критическую область: $K_{\text{набл}} > K_{\text{кр}}$, поэтому есть основания отвергать основную гипотезу. Данные выборки распределены не по равномерному закону.

Вывод: каждое значение ряда отличается от среднего значения 0.204 в среднем на 0.0999. Среднее значение отличается от медианного, поэтому ряд можно охарактеризовать как умеренно асимметричный. Поскольку коэффициент вариации находится в пределах [30%; 70%], то вариация умеренная. Гипотеза о том, что случайная величина X подчинена нормальному закону распределения, отвергается (по критерию согласия Пирсона).

Поэтому данный остановочный пункт с недостаточной пропускной способностью, что приводит к заторам на дороге. Так как ОП находится сразу после перекрестка – нет достаточного места, для выстраивания очереди.

Для улучшения ситуации, нужно сделать корректировку транспортного предложения или увеличения остановочных мест, снижении интенсивности движения за счет увеличения вместимости подвижного состава

2.4 Оценка показателей качества по результатам экспериментов остановочного пункта «Кинотеатр луч»

Имеется выборка X (интервалы обслуживания пассажиров по зоне 1, остановка Кинотеатр Луч, Приложение А – Таблица А.1) объема $n(165)$. Промежуток $(x_{\min(0,1)}, x_{\max(0,5)})$ между крайними элементами выборки делится на b разрядов шириной h . Для каждого i -го разряда определим частоту (n_i) и относительную частоту (n_i/n) попадания элементов выборки.

Определение значений h и b :

$$h \cong \sigma_B / 2.5 = (\text{СУММ}(A71:C125)/165)/2,5 = 0,0588 \quad (2.4.1)$$

$$b = [(x_{\max} - x_{\min})/h] = (0,5-0,1)/0,0588 = 6,79 \quad (2.4.2)$$

При формировании интервалов нужно учитывать, что большое число интервалов приводит к усилению случайных колебаний, небольшое число интервалов затрудняет построение теоретической кривой по эмпирическим данным.

Выбираем одинаковую ширину интервалов. Охватываем всю область данных.

Рассчитываем приведенные относительные частоты:

$$\delta_i = n_i / (nh). \quad (2.4.3)$$

Строим полигон и гистограмму распределения, которые обеспечивают предварительный анализ свойств распределения выборочных данных, формирование статистических гипотез о виде распределения:

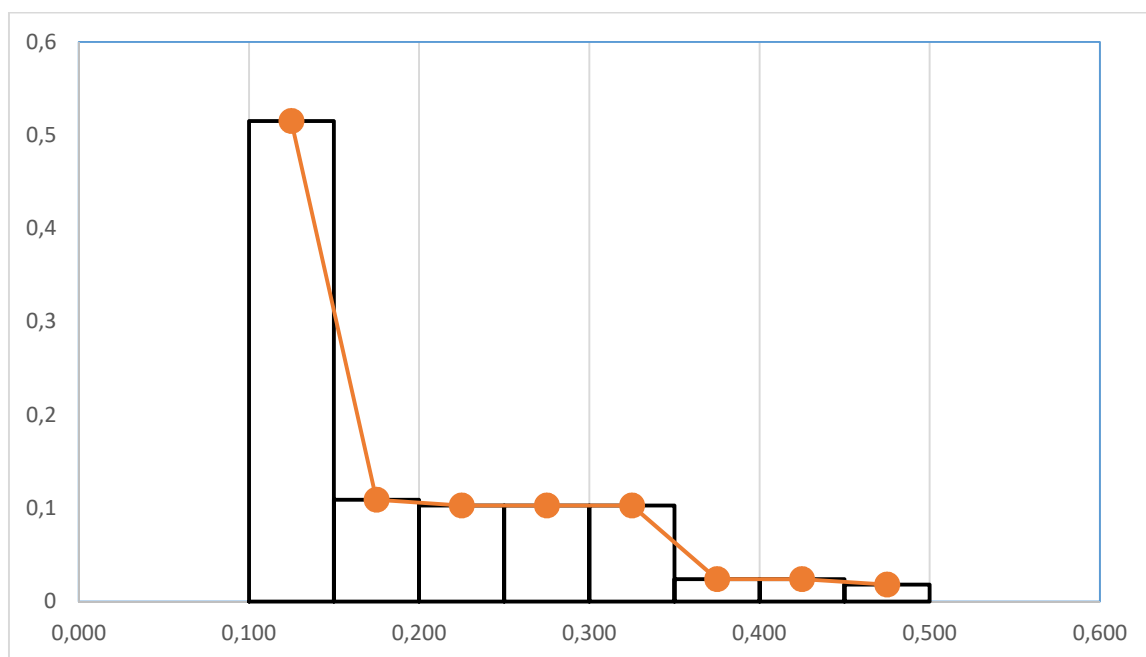


Рисунок 2.4.1 – Полигон

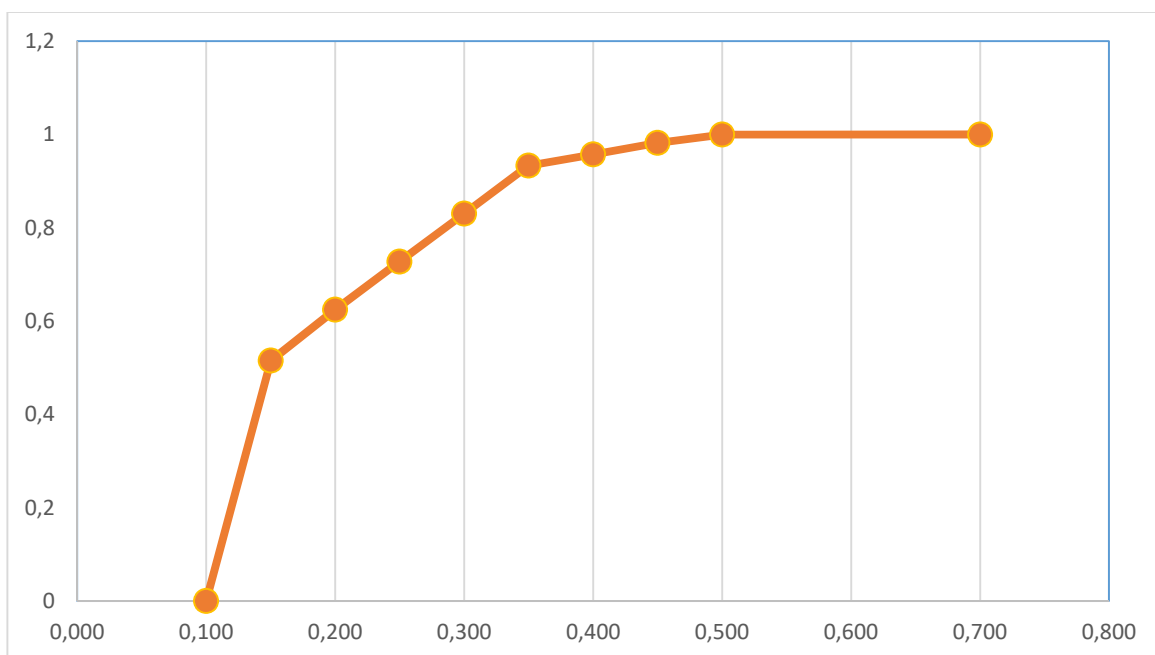


Рисунок 2.4.2 - Гистограмма

Для не сгруппированных данных среднее значение рассчитывается:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, i = \overline{1, n} \quad (2.4.4)$$

где x_i - срединное значение i -го интервала;

Доверительный интервал для \bar{x} :

$$\bar{x} \pm \frac{S}{\sqrt{n}} t_{n-1; \alpha/2} < \mu < \bar{x} + \frac{S}{n} t_{n-1; 1-\alpha/2} \quad (2.4.5)$$

Для расчета дисперсии не сгруппированных данных используется выражение:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (2.4.6)$$

Среднее квадратическое отклонение:

$$S = \sqrt{S^2}. \quad (2.4.7)$$

Таблица 2.4.1 – Обработка данных

Интервалы		n _j (частота)	x _j	W _j (относительная частота)	W _n	σ	X _{ср.}	S ² (дисперсия)	S (среднее квадратическое отклонение)
0,100	0,150	85,0	0,125	0,515	0,515	8,761	0,001	0,0001	0,0001
0,150	0,200	18,0	0,175	0,109	0,624	1,855	0,001	0,0002	0,0002
0,200	0,250	17,0	0,225	0,103	0,727	1,752	0,001	0,0003	0,0003
0,250	0,300	17,0	0,275	0,103	0,830	1,752	0,002	0,0005	0,0005
0,300	0,350	17,0	0,325	0,103	0,933	1,752	0,002	0,0006	0,0006
0,350	0,400	4,00	0,375	0,024	0,958	0,412	0,002	0,0008	0,0008
0,400	0,450	4,00	0,425	0,024	0,982	0,412	0,003	0,0011	0,0011
0,450	0,500	3,00	0,475	0,018	1,000	0,309	0,003	0,0014	0,0014

Подбор теоретического распределения экспериментальных данных заключается в следующем:

- построении гистограммы;

- умножении теоретической функции распределения на число наблюдений;

- сравнении полученных результатов с соответствующими данными из гистограммы.

Таким образом, осуществляется сравнение наблюдаемых и теоретических частот. Если расхождения слишком большие, то отклоняется гипотеза о том, что совокупность, из которой получена рассматриваемая выборка, описывается принятым теоретическим распределением. Иначе можно сделать вывод, что принятое распределение с достаточной точностью описывает генеральную совокупность.

Формальная проверка гипотезы осуществляется по критериям согласия (соответствия экспериментальных данных выбранному теоретическому распределению). Наибольшее распространение получила процедура, основанная на критерии согласия К. Пирсона (1900 г.), которая состоит из следующих шагов.

Во-первых, определяются теоретические частоты $n'_i (i = \overline{1, b})$, для чего посредством гипотетической функции распределения $F(x)$ рассчитываются вероятности $p'_i, \sum_i p'_i = 1$. Теоретические частоты: $n'_i = p'_i n, \sum_i n'_i = n$.

Во-вторых, вычисляется выборочное значение критерия согласия Пирсона:

$$\chi^0 = \sum_{i=1}^b \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}. \quad (2.4.8)$$

В-третьих, определяется критическая точка:

$$k_{cr} = \chi^2_{v; (1-\alpha)}, \quad (2.4.9)$$

где α - уровень значимости (0.1; 0.05 или 0.01);

v – количество степеней свободы. Если проверяемое распределение не имеет неизвестных параметров, число степеней свободы составляет $ss = b - 1$.

Таблица 2.4.2 – Обработка данных

i	ni	n*i	ni - n*i	(ni - n*i) ²	(ni - n*i) ² /n*i
1,00	85,00	58,54	26,46	700,02	11,96
2,00	18,00	25,75	-7,75	60,10	2,33
3,00	17,00	25,75	-8,75	76,61	2,97
4,00	17,00	25,75	-8,75	76,61	2,97
5,00	17,00	25,75	-8,75	76,61	2,97
6,00	4,00	25,75	-21,75	473,18	18,37
7,00	4,00	25,75	-21,75	473,18	18,37
8,00	3,00	0,00	3,00	9,00	0,00
Итого	165,00				59,96

$$K_{cr}(0.05;5) = 11,6; K_{набл} = 59,96$$

Наблюдаемое значение статистики Пирсона попадает в критическую область: $K_{набл} > K_{cr}$, поэтому есть основания отвергать основную гипотезу. Данные выборки распределены не по равномерному закону.

Вывод: каждое значение ряда отличается от среднего значения 0.197 в среднем на 0.0925. Среднее значение отличается от медианного, поэтому ряд можно охарактеризовать как умеренно асимметричный. Поскольку коэффициент вариации находится в пределах [30%; 70%], то вариация умеренная. Гипотеза о том, что случайная величина X подчинена нормальному закону распределения, отвергается (по критерию согласия Пирсона). Поэтому можно предположить близость данной выборки к нормальному распределению.

Данный остановочный пункт является нормальным (наиболее эффективным) режимом функционирования остановочных пунктов, так отсутствует очередь. Таким образом на данном остановочном пункт уровень безопасности достаточный.

Глава 3. Определение пропускной способности остановочного пункта и обработка результатов

3.1 Описание методики Highway Capacity Manual 2000

Highway Capacity Manual 2000 – фундаментальное руководство по организации дорожного движения (НСМ 2000) [1]. Расчет пропускной способности остановочного пункта предлагается проводить по формуле:

$$B_s = N * B_{bb} = N * \frac{3600(g/c)}{t_c + \frac{g}{c} * t_d + z_a * c_v * t_d}, \quad (3.1.1)$$

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

B_{bb} – пропускная способность одного остановочного места в кармане, ед/ч;

N_{eb} – эффективное число мест на остановочном пункте;

g – время цикла светофора, с;

c – время работы разрешающего сигнала светофора, с;

t_c – время, затрачиваемое на убытие с ОП, с;

z_a – коэффициент, учитывающий возможность отказа автобусу в обслуживании;

t_d – время обслуживания пассажиров, с;

c_v – коэффициент вариации времени t_d .

Время посадки и высадки пассажиров найдем по формуле:

$$t_d = t_a P_a + t_b P_b + t_{oc}, \quad (3.1.2)$$

где t_a и t_b – время высадки и посадки пассажира соответственно;

P_a и P_b – соответствующее число этих пассажиров, чел;

t_{oc} – время открытия/закрытия дверей, с.

Коэффициент C_v рекомендуется использовать значение $C_v = 60\%$.

Коэффициент Z_a – учитывает возможность образования очереди из МТС перед ОП по причине занятости всех мест, предназначенных для технической остановки автобусов.

При определении данного коэффициента исходим из предположения, что время посадки/высадки распределено по нормальному закону. При этом коэффициент вероятности отказа заявке в обслуживании:

$$Z_a = \frac{t_i - t_d}{\sigma}, \quad (3.1.3)$$

где t_i и t_d – время посадки и высадки, с;

σ – среднеквадратичное отклонение (СКО) времени посадки и высадки, с.

Расположенные в непосредственной близости от ОП регулируемые пересечения (светофорные объекты) оказывают влияние на ПС. При высокой интенсивности движения происходит накопление транспортных средств при запрещающем сигнале светофора. В результате на ОП автобусы приходят группами (также часто можно встретить название «пачки»), что требует дополнительного места для их обслуживания и создает дополнительные задержки транспорта.

Последним важным параметром модели HCM 2000 является коэффициент снижения ПС в зависимости от количества мест на ОП – N_{eb} . Наличие нескольких мест на ОП влечет за собой взаимные помехи между автобусами, увеличение времени посадки/высадки из-за дополнительные перемещения пассажиров, не знающих на каком из мест, остановится автобус. Согласно методике, HCM не рекомендуется иметь на ОП более 4 мест. Значения коэффициента N_{eb} представлены на рисунке 3.1.1.

Тип транспортного средства	Наличие дверей		Время посадки, с/пасс ¹		Время выхода, с/пасс
	Число	Расположение	Оплата на входе	Оплата на выходе одной монетой без сдачи	
Автобусы большой вместимости	1	Впереди	2	2,6-3	1,7-2
	1	Сзади	2	-	1,7-2
	2	Впереди	1,2	1,8-2	1-1,2
	2	Сзади	1,2	-	0,9
	2	Впереди и сзади ²	1,2	-	0,6
	4	Впереди и сзади ³	0,7	-	0,8
Автобусы особо большой вместимости (сочлененные)	3	Впереди, сзади и посередине	0,9 ³	-	0,8
	2	Сзади	1,2 ⁴	-	-
	2	Впереди и сзади ²	-	-	0,6
Специальные автобусы	6	Впереди, сзади и посередине ²	0,5	-	0,4
	6	3 двойных двери ⁵	0,5	-	0,4

Рисунок 3.1.1 - Время посадки/высадки пассажиров

Получаем зависимость, связывающую время убытия автобуса с интенсивностью потока на крайней правой полосе, номинальной вместимостью и коэффициентом, учитывающим факт маневрирования с целью опережения впереди стоящего

$$t_c = 0,003N + 0,056Q + 6,53i, \quad (3.1.4)$$

где N – интенсивность движения по соседней полосе, ед/ч;

Q – пассажироместимость автобуса, пасс.;

i – коэффициент, учитывающий факт потери времени на маневр по объезду находящегося впереди автобуса. По данным – 0,456.

3.2 Определение пропускной способности остановочного пункта

Для расчета пропускной способности выбран метод [1]:

$$B_S = N_{eb} \cdot B_{bb} = N_{eb} \cdot \frac{3600 \cdot \left(\frac{g}{C}\right)}{t_c + \left(\frac{g}{C}\right) \cdot t_d + z_a \cdot c_v \cdot t_d}, \quad (3.2.1)$$

где B_S – пропускная способность остановочного пункта, ед/ч;

N_{eb} – эффективное число мест на остановочном пункте;

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

g – длительность зеленого сигнала для движения, с;

C – длительность цикла регулирования, с;

t_c – время освобождения (выезда из) остановочного пункта, с;

t_d – время обслуживания пассажиров на остановочном пункте, с;

z_a – коэффициент вероятности отказа в заявке на обслуживание;

c_v – коэффициент вариации времени обслуживания пассажиров на остановочном пункте.

Время, затрачиваемое на убытие с ОП, с.:

$$t_c = 0,003 \cdot 396 + 0,056 \cdot 104,72 + 6,53 \cdot 0,456 = 10,03 \text{ с}$$

Уравнение регрессии:

$$t_d = B_0 + B_1 \cdot X_1 = 4,12 + 2,18 \cdot p \text{ (Класс транспортного средства – Большой)}$$

Время обслуживания пассажиров на остановочном пункте, с:

$$t_d = 4,12 + 2,18 \cdot 11,67 = 29,56 \text{ с}$$

Коэффициент вероятности отказа определим по формуле:

$$z_a = \frac{t_i - t_d}{\sigma}$$

$$z_a = 0,248$$

Коэффициент вариации времени обслуживания пассажиров:

$$C_v = \frac{S}{t_{d(ср)}}$$

(см. приложение А)

По источнику [11] в центральных зонах городов (центры массового тяготения) вероятность отказа рекомендована от 7,5 до 15%. Данная величина отражает компромисс между скоростями сообщения и достижением высоких пропускных способностей остановочных пунктов, требуемых в центральных зонах городов. На периферии городов вероятность отказа 2,5%.

Расчет пропускной способности остановочного пункта «Кинотеатр Луч» методом НСМ 2000 представлен в таблице 3.2.1

Таблица 3.2.1 - Расчет пропускной способности остановочного пункта «Кинотеатр Луч» (г. Красноярск, Карла Маркса 149) методом НСМ 2000 [1]

Параметр	Формула	Значение
B_s	$B_s = N_{об} \cdot B_{об} = N_{об} \cdot \frac{3600 \cdot \left(\frac{g}{C}\right)}{t_c + \left(\frac{g}{C}\right) \cdot t_d + z_a \cdot c_v \cdot t_d}$	74,75
$N_{об}$	Значение в Таблице 1 (ПРИЛОЖЕНИЕ А)	0,65

Продолжение таблицы 3.2.1

t_c	$t_c = 0,003N + 0,056Q + 6,53i,$	10,03
t_d	$4,12 + 2,18 * \left(\frac{A_{\text{выш}} + A_{\text{вош}}}{N_{\text{МТС}}} \right)$	29,56
z_a	Значение в Таблице 1 (ПРИЛОЖЕНИЕ А)	0,248

По такому же методу рассчитаем остановочные пункты «Главпочтамт» (г. Красноярск, Ленина 62) и «Театр кукол» (г. Красноярск, Ленина 112), см. Таблица 3.2.2 и Таблица 3.2.3.

Таблица 3.2.2 - Расчет пропускной способности остановочного пункта «Главпочтамт» (г. Красноярск, Ленина 62) методом НСМ 2000 [1]

Параметр	Формула	Значение
B_s	$B_s = N_{\text{об}} \cdot B_{\text{об}} = N_{\text{об}} \cdot \frac{3600 \cdot \left(\frac{g}{C} \right)}{t_c + \left(\frac{g}{C} \right) \cdot t_d + z_a \cdot c_v \cdot t_d},$	80,65
$N_{\text{об}}$	Значение в Таблице 2 (ПРИЛОЖЕНИЕ А)	0,85
t_c	$t_c = 0,003N + 0,056Q + 6,53i,$	9,8
t_d	$4,12 + 2,18 * \left(\frac{A_{\text{выш}} + A_{\text{вош}}}{N_{\text{МТС}}} \right)$	19,15
z_a	Значение в Таблице 2 (ПРИЛОЖЕНИЕ А)	0,211

Таблица 3.2.3 - Расчет пропускной способности остановочного пункта «Театр кукол» (г. Красноярск, Ленина 112) методом НСМ 2000 [1]

Параметр	Формула	Значение
B_s	$B_s = N_{\text{об}} \cdot B_{\text{об}} = N_{\text{об}} \cdot \frac{3600 \cdot \left(\frac{g}{C} \right)}{t_c + \left(\frac{g}{C} \right) \cdot t_d + z_a \cdot c_v \cdot t_d},$	102,34
$N_{\text{об}}$	Значение в Таблице 3 (ПРИЛОЖЕНИЕ А)	0,75
t_c	$t_c = 0,003N + 0,056Q + 6,53i,$	9,9
t_d	$4,12 + 2,18 * \left(\frac{A_{\text{выш}} + A_{\text{вош}}}{N_{\text{МТС}}} \right)$	17,89
z_a	Значение в Таблице 3 (ПРИЛОЖЕНИЕ А)	0,193

Исходя из результатов можно сделать вывод о том, что пропускная способность данных ОП соответствует настоящему уровню загрузки улично-

дорожной сети. Протоколы исследования пропускной способности приведены в ПРИЛОЖЕНИИ А.

3.3 Обработка полученных результатов расчета пропускной способности остановочных пунктов

По окончании экспериментальных исследований были полученные данные, см. ПРИЛОЖЕНИЕ А. Затем произвели расчет и получили следующие результаты, см. таблицу 3.3.1.

Таблица 3.3.1 – Результаты исследования пропускной способности остановочных пунктов г. Красноярск

Остановочные пункты	Метод Highway Capacity Manual 2000	NMTC
«Кинотеатр Луч» (г. Красноярск, Карла Маркса 149)	74,75	65
«Главпочтамт» (г. Красноярск, Ленина 62)	80,65	85
«Театр кукол» (г. Красноярск, Ленина 112)	102,34	75

Далее приведена диаграмма, характеризующая пропускную способность остановочных пунктов (рисунок 3.3.1)

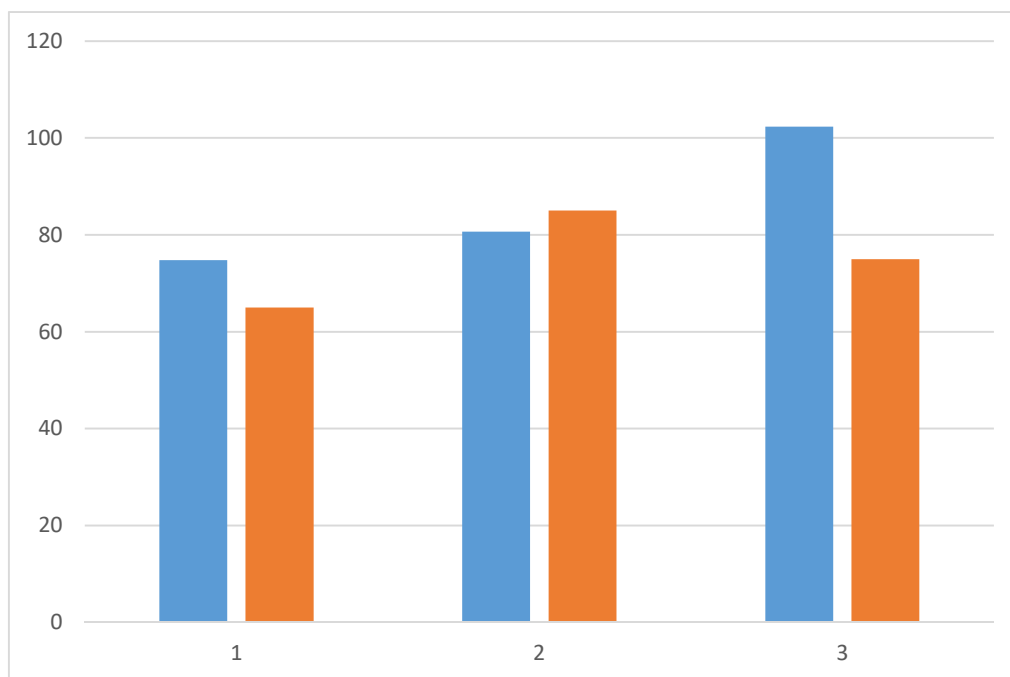


Рисунок 3.3.1 – Сравнение результатов пропускной способности с интенсивностью движения МТС (1 - «Кинотеатр Луч», 2- «Главпочтамт», 3 - «Театр кукол»)

Для обработки результатов и применения их на практике необходимо сравнить полученную пропускную способность с интенсивностью движения МТС, если ПС ниже, чем интенсивность движения МТС, то необходимо принять меры по улучшению дорожной ситуации.

В данном случае остановочный пункт «Главпочтамт» попадает под выше сказанный критерий.

Меры для улучшения остановочного пункта «Главпочтамт»:

- Разнести остановочные пункты;
- Внедрить и увеличить длину остановочного/заездного кармана, перенести остановочный пункт в середину квартала (реконструкция УДС);
- С помощью зарубежного опыта применить операцию skip-stop (организация движения, при которой два маршрута следуют по одному пути, но один из них проходит без остановки на одних ОП, а другой на других - время в пути, по сравнению с обычным маршрутом со всеми остановками, меньше);

Исходя из рисунка 3.3.1 можно сделать вывод о том, что исследуемые в работе остановочные пункты «Кинотеатр Луч» и «Театр кукол», не нуждаются в увеличении пропускной способности.

Но стоит обратить внимание на остановочный пункт «Кинотеатр Луч», так как там пропускная способность близится к равенству с интенсивностью движения МТС.

При помощи полученных данных также можно сделать вывод о применимости данной методики Highway Capacity Manual 2000. Данная методика учитывают большее количество факторов, влияющих на пропускную способность:

- нахождение нескольких МТС на ОП одновременно;
- светофорное регулирование;
- тип подвижного состава;
- интенсивность движения на соседней полосе;
- геометрические параметры ОП.

Метод HCM 2000 можно использовать для вычисления пропускной способности любых остановочных пунктов. В них учитывается большинство факторов влияющих на пропускную способность остановочного пункта.

3.4 Рекомендации о повышении безопасности обследованных остановочных пунктов

На остановочном пункте Кинотеатр Луч (Карла Маркса 149) маршрутные транспортные средства останавливаются в два ряда, пассажиры вынуждены выходить на проезжую часть, из-за значительной длины остановочных пунктов увеличивается время маневрирования, создается очередь, нередко образуются заторы и критические ситуации, приводящие к ДТП.

На остановочном пункте Театр кукол (Ленина 112) автобусы останавливаются в один ряд, но из-за расположенного вблизи остановок светофорного объекта скапливается очередь маршрутных транспортных средств, параметры данных остановочных пунктов не позволяют одновременно пропустить все скопившиеся автобусы, поэтому транспорту приходится ожидать места высадки и посадки пассажиров.

На остановочном пункте Главпочтамт (Ленина 62) маршрутные транспортные средства останавливаются в один ряд. Данная остановка, как Кинотеатр Луч и Театр кукол, не оборудованы «заездным карманом». Остановка Главпочтамт имеет небольшую длину, в среднем 13 м, в связи с чем из-за ожидания места создается очередь, что негативно сказывается на их работе.

Из-за светофорного объекта, расположенного в среднем за 10 метров до остановок, образуется скопление маршрутных транспортных средств. Водители автобусов высаживают своих пассажиров не в специально отведенном для этого месте, а перед светофором, что снижает безопасность дорожного движения. Проведение обследования в разные годы позволило выявить тенденцию к снижению маршрутов общественного транспорта (принадлежащих муниципальному предприятию (МУП)) и увеличению маршрутов частных перевозчиков.

В среднем время обслуживания на остановочных пунктах, оборудованных заездным карманом, на 30% больше, чем на остановках, где нет заездного кармана.

Рекомендуем:

1. Установить каркасы безопасности («тумбы», «столбики»), для отделения пассажирской зоны.
2. Внедрение остановочных карманов, чтобы посадка-высадка осуществляется в не линии (так же предотвращение осуществления посадки-высадки во втором ряду.

3. Расположить светофор, пешеходный переход и прочие объекты УДС согласно правилам [12],[29],[35].
4. Внедрение отапливаемых остановочных павильонов (внедрить закрытых павильонов, что особенно актуально в сибирских климатических условиях).
5. Нанести разметку, поставить знаки сигнализирующие остановочный пункт, таблицу с актуальным расписанием, освещение.

3.5 Выводы по третьей главе

В ходе проведенных исследований было выявлено, что пропускная способность остановочного пункта также зависит и от параметров безопасности. Для повышения уровня использования общественного транспорта необходимо создать безопасные и комфортные условия для пассажиров, как ожидающих свой транспорт, так и уже передвигающихся в нем.

В данной главе была приведена методика по расчету пропускной способности ОП. Произведен расчет и обработка результатов пропускной способности ОП, проведено обследование ранее выбранных остановочных пунктов.

Даны рекомендации по усовершенствованию эффективности и безопасности остановочных пунктов

В заключении данного раздела можно сделать следующие выводы:

1. Только один из трех обследуемых ОП нуждается в увеличении пропускной способности – «Главпочтамт»;
2. Исследуемые в работе остановочные пункты «Кинотеатр Луч» и «Театр кукол», не нуждаются в увеличении пропускной способности
3. Большинство остановочных пунктов относятся к категории условно опасных (соответствуют требованиям на 50–80%);
4. Для обеспечения эффективности безопасности на остановочных пунктах необходимо привести их в соответствие, согласно сделанным рекомендациям в пункте 3.4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Инфраструктура городского пассажирского транспорта не совершенна, для улучшения функционирования ГПТ повысить качество инфраструктуры;
2. Наименее затратным и наиболее осуществимым является исследование и увеличение пропускной способности остановочных пунктов;
3. Предложенный порядок определения пропускной способности остановочных пунктов, состоящий из выявления критических остановочных пунктов с наибольшим пассажирооборотом, определения параметров процесса обслуживания подвижного состава, расчета вероятности возникновения очереди, позволяет устанавливать предельную интенсивность движения по линиям городского пассажирского транспорта;
4. Провели исследование безопасности ОП, таким образом, безопасным ОП, можно считать тот, который соответствует нормативным требованиям РФ и имеет:
 - остановочный карман и посадочная площадка (посадка в не линии);
 - боковая разделительная полоса;
 - тротуары и пешеходные дорожки;
 - автопавильон;
 - пешеходный переход;
 - пешеходные ограждения;
 - дорожные знаки, разметка, ограждения;
 - скамья, урна для мусора, освещение.

В ходе проведенных исследований по изучению безопасности остановочных пунктов было выявлено, что пропускная способность остановочного пункта также зависит и от параметров безопасности. Для повышения уровня использования общественного транспорта необходимо создать безопасные и комфортные условия для пассажиров, как ожидающих свой транспорт, так и уже передвигающихся в нем.

Далее приняли методику обследования остановочных пунктов, провели исследование и расчет ПС и безопасности ОП.

Таким образом в результате проведенной работы была выбрана методика исследования пропускной способности остановочного пункта, сформировал методику обследования пропускной способности остановочного пункта, рассчитал пропускную способность ОП и обработал результаты,

написал методики обследования безопасности остановочного пункта, обработал полученные результаты безопасности остановочных пунктов и прописал рекомендации по их усовершенствованию.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ОП – остановочный пункты;
МТС – маршрутные транспортные средства;
УДС – улично-дорожная сеть;
ГПТ – городской пассажирский транспорт;
ТПУ – транспортно-пересадочный узел;
ТС – транспортные средства;
ПС – пропускная способность;
Пасс. – пассажир;
м. – метр;
с. – секунда;
Пасс./ч. – пассажиров в час;
ДД – дорожное движение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Highway Capacity Manual 2000. ransportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C., USA, 2000. 1134 p.
2. Зонные и пересадочные станции. Пассажи́рские остано́вочные пункты [Электронный ресурс] :https://studref.com/395664/tehnika/zonnye_peresadochnye_stantsii_passazhirskie_ostanovochnye_punkty.
3. ТОП 20 стран по автомобильному парку [Электронный ресурс]: Аналитическое агентство АВТОСТАТ URL: <http://www.autostat.ru/news/view/18786>.
4. Димова И.П., Борщенко Я.А. Повышение эффективности работы городского пассажирского транспорта на основе исследования показателей работы остановочных пунктов / Наука, техника и образование. 2014. № 5 (5). С. 62–65.
5. Димова И.П. Повышение эффективности функционирования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта и движения транспортных средств в зоне их влияния: диссертация ... кандидата технических наук: 05.22.10 / Димова Ирина Петровна; [Место защиты: Тюмен. гос. нефтегаз. ун-т].- Тюмень, 2009.- 167 с. <http://www.dslib.net/remont-transporta/povyshenie-jeffektivnosti-funkcionirovaniija-ostanovochnyh-punktov-gorodskogo.html>
6. Фадеев А.И., Фомин Е.В., Алхуссейни С. Определение пропускной способности остановочных пунктов городского пассажирского транспорта. Вестник СибАДИ. 2020;17(2): <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-2>
7. Сочнев А.Н. Имитационное моделирование движения маршрутных автобусов // Современные научные исследования и инновации. 2012. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/05/12603>.
8. Емельянов, В. В. Оперативное управление в ГПС / В. Ф. Горнев, В. В. Емельянов, М. В. Овсянников. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
9. Липенков А.В., Елисеев М.Е. Определение пропускной способности остановочного пункта городского пассажирского транспорта при непостоянном числе мест обслуживания // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. № 3. С. 79–81.
10. Липенков А.В. О результатах комплексного исследования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта в г.

- Нижем Новгороде // Мир транспорта и технологических машин. 2012. №4. С. 93–102.
11. Липенков А.В., Кузьмин Н.А., Ерофеева Л.Н. Математическая модель пропускной способности остановочного пункта в случае отсутствия маневров по обгону автобусами друг друга // Вестник Оренбургского университета. 2015. №4 (179). С. 87–94.
 12. Исхаков М.М. Выбор участка на остановочном пункте для обслуживания пассажиров маршрутных транспортных средств // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 10. С. 59–63.
 13. Калюжный М.В. Закономерности изменения времени простоя транспортных средств на остановочных пунктах маршрута городского пассажирского транспорта // Вестник ДИАТ. 2008. №3. С. 15–20.
 14. Калюжный М.В. Моделирование продолжительности простоя транспортных средств на остановочных пунктах маршрута городского пассажирского транспорта // Вестник ДИАТ. 2009. №2. С. 14–18.
 15. Зедгенизов А.В. Повышение эффективности функционирования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта // Вестник ИрГТУ. 2008. № 3(35). С. 121–123.
 16. Зедгенизов А.В. Остановочные пункты городского пассажирского транспорта: монография ИрГТУ: LAP Lambert Academic Publishing, 2009. 120 с.
 17. Кажаяев А.А. Имитационная модель загрузки остановочных пунктов городского маршрутного транспорта // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2011. №1. С. 86–94.
 18. Елисеев М.Е., Липенков А.В., Маслова О.А. О подходах к моделированию времени простоя автобусов на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта // Мир транспорта и технологических машин. 2012. №3. С. 84–93.
 19. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
 20. Grundlagen Der Strassenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung/ Schnabel/ Lose. Unter Mitarb. Von Lothar Laetzsch. – Berlin: Verl. Suer Bauwesen. – 1997.
 21. СНиП 2.07.01 – 89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. / Госстрой СССР. – М.: ЦНТИ Госстроя СССР, 1989. – 56 с
 22. Клинковштейн Г. И., Коноплянко В. И. Организация дорожного движения / МАДИ. – М., 1977. – 59 с. 7.

23. Краткий автомобильный справочник – М.: АО «ТРАНСКОЛСАНТИНГ», НИИАТ, 1994 – 779 с.
24. Гудков В. А., Миротин Л. Б., Вельможин А. В., Ширяев А. С. Пассажирыские автомобильные перевозки: учебник для вузов / Под ред. Гудкова В. А. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 448 с.
25. Ефремов И. С., Кобозев В.М., Юдин В.А. – Теория городских пассажирских перевозок: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. Школа, 1980. – 535 с.
26. Завадский Ю.В. Решение задач автомобильного транспорта и дорожно-строительных машин с помощью регрессионно-корреляционного анализа. Учеб. пособ. М. – 1981.
27. Боровиков В. Statistica – Искусство анализа на компьютере – Для профессионалов. – Изд. дом «Питер», 2001.
28. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в техникоэкономических исследованиях. – 2е-изд. Перераб. и доп. – М.: финансы и статистика, 1975. – 120 с.
29. Самойлович Т. Н. Длительность операций при стоянке маршрутных пассажирских транспортных средств для высадки и посадки пассажиров // Наука и техника: международный научно-технический журнал. – 2013. – № 3. – С. 48–5.
30. Санамов Р.Г. Повышение эффективности функционирования пассажирских автомобильных перевозок: автореферат дис. ... канд. техн. наук/ Р.Г. Санамов. – Волгоград. 1999. - 20 с.
31. Сарбаев В.И. Автобусные остановки в Германии / В.И. Сарбаев, М.Н. Хамидулин, Г.В. Сидельников// «Мир транспорта и технологических машин». – 2015. - №1 (48). - с. 67-73.
32. Рассоха В.И. Повышение эффективности эксплуатации автомобильного транспорта на основе разработанных научно-технических, технологических и управленческих решений: авто- реферат дис. докт. техн наук/ Рассоха Владимир Иванович -Оренбург: ОГУ, 2010. -34 с.
33. Чернова Г.А. Выбор рациональной вместимости автобусов на маршруте №14 г. Волжского / Г.А. Чернова, М.В. Великанова // «Известия Волгоградского государственного технического университета». – 2011. – №12(85). - с. 101-106.
34. Шульга Ю. Н. Объемные стохастические сети и их приложения к моделированию транспортных процессов / Ю. Н. Шульга.- К.:АН УССР, 1986.-37с.
35. Якунин Н.Н. Обследования транспортного обслуживания пассажиров на остановочных пунктах «Студенческая (ОГУ)/ Н.Н. Якунин [и др.] //

- Прогрессивные технологии в транспортных системах: Материалы XI межд. науч.-практ. конф. / под. ред. К.В. Щурина. – Оренбург: ОГУ, 24-26 апреля 2013 г.
36. Капский Д. В., Самойлович Т.Н. Исследование влияния светофорного объекта на функционирование остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта // Вестник Белорусско-Российского университета. - 2013. - № 2. - С. 46 - 54.
37. Ларин О.Н. Оптимизация маршрутных сетей городов с учетом ограничений пропускной способности остановочных пунктов / А.А. Кажаяев, О.Н. Ларин // «Вестник Оренбургского государственного университета». – 2011. – № 10 (129). – с

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Протокол экспериментальных данных остановочных пунктов

Таблица А.1 - Остановка Кинотеатр Луч (Карла Маркса 149)

Остановка Кинотеатр Луч, Экспериментальные данные в пиковый период с 18:00-19:00											
№	Интервал между приходами автобусов	Время обслуживания (от момента открытия дверей и до закрытия)			Данные экскременты			Интенсивность движения по соседней полосе (ср. знач.)	Ср. пассажироплотность автобуса (ср. знач.)	Za (ср. знач. Вероятности отказа)	Neb (эффективное число мест на остановочном пункте)
		1	2	3	a1	a2	a3				
1		0:00:14	0:00:19	0:00:20	0,23	0,32	0,33	396	104,72	0,248	0,65
2	0:00:22	0:00:08	0:00:11	0:00:15	0,13	0,18	0,25				
3	0:00:19	0:00:07	0:00:09	0:00:13	0,12	0,15	0,22				
4	0:00:34	0:00:20	0:00:22		0,33	0,37	0,00				
5	0:01:37	0:00:10	0:00:15	0:00:17	0,17	0,25	0,28				
6	0:00:26	0:00:06	0:00:10	0:00:13	0,10	0,17	0,22				
7	0:00:20	0:00:07			0,12	0,00	0,00				
8	0:00:38	0:00:13	0:00:15	0:00:18	0,22	0,25	0,30				
9	0:00:17	0:00:08			0,13	0,00	0,00				
10	0:00:12	0:00:04			0,07	0,00	0,00				
11	0:00:12	0:00:09			0,15	0,00	0,00				
12	0:00:52	0:00:20	0:00:23	0:00:28	0,33	0,38	0,47				
13	0:00:13	0:00:07			0,12	0,00	0,00				
14	0:00:16	0:00:14			0,23	0,00	0,00				
15	0:00:21	0:00:19			0,32	0,00	0,00				
16	0:01:34	0:00:07	0:00:09	0:00:17	0,12	0,15	0,28				
17	0:00:19	0:00:09	0:00:14	0:00:15	0,15	0,23	0,25				
18	0:00:16	0:00:14			0,23	0,00	0,00				
20	0:00:22	0:00:08			0,13	0,00	0,00				
21	0:00:19	0:00:07			0,12	0,00	0,00				
22	0:00:34	0:00:20			0,33	0,00	0,00				
23	0:01:37	0:00:10	0:00:19	0:00:20	0,17	0,32	0,33				
24	0:00:26	0:00:06	0:00:11	0:00:15	0,10	0,18	0,25				
25	0:00:20	0:00:07	0:00:09	0:00:13	0,12	0,15	0,22				
26	0:00:38	0:00:13	0:00:22		0,22	0,37	0,00				
27	0:00:17	0:00:08	0:00:15	0:00:17	0,13	0,25	0,28				
28	0:00:12	0:00:04	0:00:10	0:00:13	0,07	0,17	0,22				
29	0:00:12	0:00:09			0,15	0,00	0,00				
30	0:00:52	0:00:20	0:00:25	0:00:26	0,33	0,42	0,43				

Продолжение Таблицы А.1

31	0:00:13	0:00:07			0,12	0,00	0,00				
32	0:00:16	0:00:14			0,23	0,00	0,00				
33	0:00:21	0:00:19			0,32	0,00	0,00				
34	0:01:34	0:00:07	0:00:23	0:00:28	0,12	0,38	0,47				
35	0:00:19	0:00:09			0,15	0,00	0,00				
36	0:00:16	0:00:14			0,23	0,00	0,00				
38	0:00:22	0:00:08	0:00:09	0:00:17	0,13	0,15	0,28				
39	0:00:19	0:00:07	0:00:14	0:00:15	0,12	0,23	0,25				
40	0:00:34	0:00:20			0,33	0,00	0,00				
41	0:01:37	0:00:10			0,17	0,00	0,00				
42	0:00:26	0:00:06			0,10	0,00	0,00				
43	0:00:20	0:00:07			0,12	0,00	0,00				
44	0:00:38	0:00:13			0,22	0,00	0,00				
45	0:00:17	0:00:08			0,13	0,00	0,00				
46	0:00:12	0:00:04			0,07	0,00	0,00				
47	0:00:12	0:00:09			0,15	0,00	0,00				
48	0:00:52	0:00:30	0:00:18	0:00:17	0,50	0,30	0,28				
49	0:00:13	0:00:07	0:00:14	0:00:15	0,12	0,23	0,25				
50	0:00:16	0:00:14			0,23	0,00	0,00				
51	0:00:21	0:00:19			0,32	0,00	0,00				
52	0:01:34	0:00:07	0:00:19	0:00:20	0,12	0,32	0,33				
53	0:00:19	0:00:09	0:00:11	0:00:15	0,15	0,18	0,25				
54	0:00:16	0:00:14	0:00:15		0,23	0,25	0,00				
55	0:00:22	0:00:08			0,13	0,00	0,00				
56	0:00:19	0:00:07	0:00:15	0:00:17	0,12	0,25	0,28				
57	0:00:34	0:00:20	0:00:25	0:00:26	0,33	0,42	0,43				

Таблица А.2 – Остановка Главпочтамт (Ленина 62)

Остановка Главпочтамт, Экспериментальные данные в пиковый период с 18:00-19:00											
№	Интервал между приходами автобусов	Время обслуживания (от момента открытия дверей и до закрытия)			Данные экскременты			Интенсивность движения по соседней полосе (ср. знач.)	Ср. пассажироваемость автобуса (ср. знач.)	Za (ср. знач. Вероятности отказа)	Neb (эффективное число мест на остановочном пунк.)
		1	2	3	a1	a2	a3				
1		0:00:07			0,12	0,00	0,00	328	104,72	0,211	0,85
2	0:00:24	0:00:10			0,17	0,00	0,00				
3	0:00:51	0:00:06			0,10	0,00	0,00				
4	0:00:26	0:00:20			0,33	0,00	0,00				
5	0:02:46	0:00:15	0:00:25	0:00:28	0,25	0,42	0,47				
6	0:00:29	0:00:38			0,63	0,00	0,00				

Продолжение Таблицы А.2

7	0:00:24	0:00:10			0,17	0,00	0,00				
8	0:00:51	0:00:06			0,10	0,00	0,00				
9	0:00:26	0:00:20			0,33	0,00	0,00				
10	0:02:46	0:00:15	0:00:17	0:00:21	0,25	0,28	0,35				
11	0:00:16	0:00:09			0,15	0,00	0,00				
12	0:01:11	0:00:11			0,18	0,00	0,00				
13	0:01:58	0:00:10			0,17	0,00	0,00				
14	0:00:56	0:00:17	0:00:19	0:00:25	0,28	0,32	0,42				
15	0:00:20	0:00:12			0,20	0,00	0,00				
16	0:01:12	0:00:15	0:00:17	0:00:20	0,25	0,28	0,33				
17	0:00:24	0:00:10			0,17	0,00	0,00				
18	0:00:51	0:00:06			0,10	0,00	0,00				
19	0:00:26	0:00:20	0:00:25	0:00:28	0,33	0,42	0,47				
20	0:02:46	0:00:15	0:00:19	0:00:23	0,25	0,32	0,38				
21	0:00:24	0:00:10			0,17	0,00	0,00				
22	0:00:51	0:00:06			0,10	0,00	0,00				
23	0:01:37	0:00:10	0:00:19	0:00:20	0,17	0,32	0,33				
24	0:00:26	0:00:06	0:00:11	0:00:15	0,10	0,18	0,25				
25	0:00:20	0:00:07	0:00:09	0:00:13	0,12	0,15	0,22				
26	0:00:38	0:00:13	0:00:22		0,22	0,37	0,00				
27	0:00:17	0:00:08	0:00:15	0:00:17	0,13	0,25	0,28				
28	0:00:12	0:00:04	0:00:10	0:00:13	0,07	0,17	0,22				
29	0:00:12	0:00:09			0,15	0,00	0,00				
30	0:00:52	0:00:20	0:00:25	0:00:26	0,33	0,42	0,43				
31	0:00:13	0:00:07			0,12	0,00	0,00				
32	0:00:16	0:00:14			0,23	0,00	0,00				
33	0:00:21	0:00:19			0,32	0,00	0,00				
34	0:01:34	0:00:07	0:00:23	0:00:28	0,12	0,38	0,47				
35	0:00:19	0:00:09			0,15	0,00	0,00				
36	0:00:16	0:00:14			0,23	0,00	0,00				
37	0:00:22	0:00:08	0:00:09	0:00:17	0,13	0,15	0,28				
38	0:00:19	0:00:07	0:00:14	0:00:15	0,12	0,23	0,25				
39	0:00:34	0:00:20			0,33	0,00	0,00				
40	0:01:37	0:00:10	0:00:18	0:00:17	0,17	0,30	0,28				
41	0:00:26	0:00:06	0:00:14	0:00:15	0,10	0,23	0,25				
42	0:00:20	0:00:07			0,12	0,00	0,00				
43	0:00:38	0:00:13			0,22	0,00	0,00				
44	0:00:17	0:00:08			0,13	0,00	0,00				

Таблица А.3 – Остановка Театр кукол (Ленина 112)

Остановка Театр кукол (Ленина 112), Экспериментальные данные в пиковый период с 18:00-19:00											
№	Интервал между приходами автобусов	Время обслуживания (от момента открытия дверей и до закрытия)			Данные экскременты			Интенсивность движения по соседней полосе (ср. знач.)	Ср. пассажиростимость автобуса (ср. знач.)	Za (ср. знач. Вероятности отказа)	Nеb (эффективное число мест на остановочном пунк.)
		1	2	3	a1	a2	a3				
1		0:00:07			0,12	0,00	0,00	363	104,72	0,193	0,75
2	0:00:24	0:00:10			0,17	0,00	0,00				
3	0:00:51	0:00:06			0,10	0,00	0,00				
4	0:00:26	0:00:20			0,33	0,00	0,00				
5	0:02:46	0:00:15	0:00:25	0:00:28	0,25	0,42	0,47				
6	0:00:29	0:00:34			0,57	0,00	0,00				
7	0:00:24	0:00:10			0,17	0,00	0,00				
8	0:00:51	0:00:06			0,10	0,00	0,00				
9	0:00:26	0:00:20			0,33	0,00	0,00				
10	0:02:46	0:00:15	0:00:17	0:00:21	0,25	0,28	0,35				
11	0:00:16	0:00:09			0,15	0,00	0,00				
12	0:01:11	0:00:11			0,18	0,00	0,00				
13	0:01:58	0:00:10			0,17	0,00	0,00				
14	0:00:56	0:00:17	0:00:19	0:00:25	0,28	0,32	0,42				
15	0:00:20	0:00:12			0,20	0,00	0,00				
16	0:01:12	0:00:15	0:00:17	0:00:20	0,25	0,28	0,33				
17	0:00:24	0:00:10			0,17	0,00	0,00				
18	0:00:51	0:00:06			0,10	0,00	0,00				
19	0:00:26	0:00:20	0:00:25	0:00:28	0,33	0,42	0,47				
20	0:02:46	0:00:15	0:00:19	0:00:23	0,25	0,32	0,38				
21	0:00:24	0:00:10			0,17	0,00	0,00				
22	0:00:51	0:00:06			0,10	0,00	0,00				
23	0:00:26	0:00:20			0,33	0,00	0,00				
24	0:02:46	0:00:15			0,25	0,00	0,00				
25	0:01:12	0:00:15	0:00:17		0,25	0,28	0,00				
26	0:00:24	0:00:10	0:00:13		0,17	0,22	0,00				
27	0:00:51	0:00:06			0,10	0,00	0,00				
28	0:00:24	0:00:10			0,17	0,00	0,00				
29	0:00:51	0:00:06	0:00:09		0,10	0,15	0,00				
30	0:00:26	0:00:20			0,33	0,00	0,00				
31	0:02:46	0:00:15			0,25	0,00	0,00				
32	0:02:46	0:00:15			0,25	0,00	0,00				
33	0:00:16	0:00:09			0,15	0,00	0,00				
34	0:01:11	0:00:11			0,18	0,00	0,00				
35	0:01:58	0:00:10			0,17	0,00	0,00				
36	0:00:56	0:00:17	0:00:19	0:00:25	0,28	0,32	0,42				
37	0:00:20	0:00:12			0,20	0,00	0,00				
38	0:01:12	0:00:15	0:00:20	0:00:24	0,25	0,33	0,40				
39	0:00:24	0:00:10			0,17	0,00	0,00				

Продолжение Таблицы А.3

40	0:00:51	0:00:06			0,10	0,00	0,00				
41	0:00:26	0:00:20			0,33	0,00	0,00				
42	0:02:46	0:00:15			0,25	0,00	0,00				

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Результаты исследования остановочных пунктов (пропускная способность)

Таблица Б.1 - Расчет пропускной способности остановочного пункта «Кинотеатр Луч» (г. Красноярск, Карла Маркса 149) методом НСМ 2000 [1]

Параметр	Формула	Значение
Bs	$B_S = N_{cb} \cdot B_{bb} = N_{cb} \cdot \frac{3600 \cdot \left(\frac{g}{C}\right)}{t_c + \left(\frac{g}{C}\right) \cdot t_d + z_a \cdot c_v \cdot t_d},$	74,75
Neb	Значение в Таблице 1 (ПРИЛОЖЕНИЕ А)	0,65
tc	$t_c = 0,003N + 0,056Q + 6,53i,$	10,03
td	$4,12 + 2,18 * \left(\frac{A_{выш} + A_{вош}}{N_{МТС}}\right)$	29,56
za	Значение в Таблице 1 (ПРИЛОЖЕНИЕ А)	0,248

Таблица Б.2 - Расчет пропускной способности остановочного пункта «Главпочтамт» (г. Красноярск, Ленина 62) методом НСМ 2000 [1]

Параметр	Формула	Значение
Bs	$B_S = N_{cb} \cdot B_{bb} = N_{cb} \cdot \frac{3600 \cdot \left(\frac{g}{C}\right)}{t_c + \left(\frac{g}{C}\right) \cdot t_d + z_a \cdot c_v \cdot t_d},$	80,65
Neb	Значение в Таблице 2 (ПРИЛОЖЕНИЕ А)	0,85
tc	$t_c = 0,003N + 0,056Q + 6,53i,$	9,8
td	$4,12 + 2,18 * \left(\frac{A_{выш} + A_{вош}}{N_{МТС}}\right)$	19,15
za	Значение в Таблице 2 (ПРИЛОЖЕНИЕ А)	0,211

Таблица Б.3 - Расчет пропускной способности остановочного пункта «Театр кукол» (г. Красноярск, Ленина 112) методом НСМ 2000 [1]

Параметр	Формула	Значение
Bs	$B_S = N_{cb} \cdot B_{bb} = N_{cb} \cdot \frac{3600 \cdot \left(\frac{g}{C}\right)}{t_c + \left(\frac{g}{C}\right) \cdot t_d + z_a \cdot c_v \cdot t_d},$	102,34

Продолжение Таблицы Б.3

Neб	Значение в Таблице 3 (ПРИЛОЖЕНИЕ А)	0,75
tc	$t_c = 0,003N + 0,056Q + 6,53i,$	9,9
td	$4,12 + 2,18 * \left(\frac{A_{\text{выш}} + A_{\text{вош}}}{N_{\text{МТС}}} \right)$	17,89
za	Значение в Таблице 3 (ПРИЛОЖЕНИЕ А)	0,193

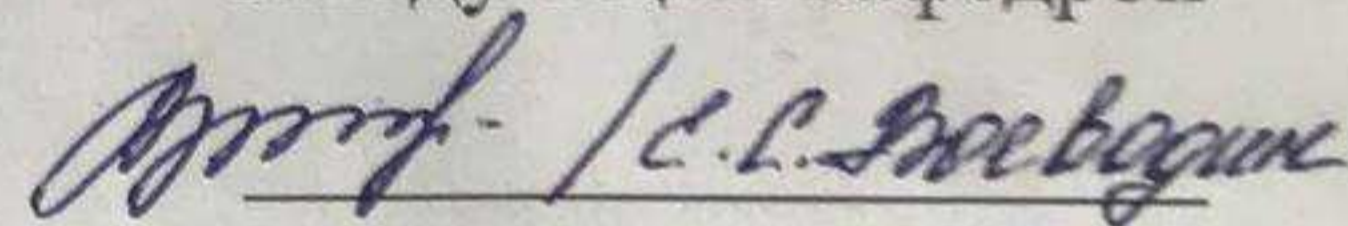
ПРИЛОЖЕНИЕ В

Презентационный материал

Федеральное государственное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Транспорта»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



«__» _____ 2020 г.

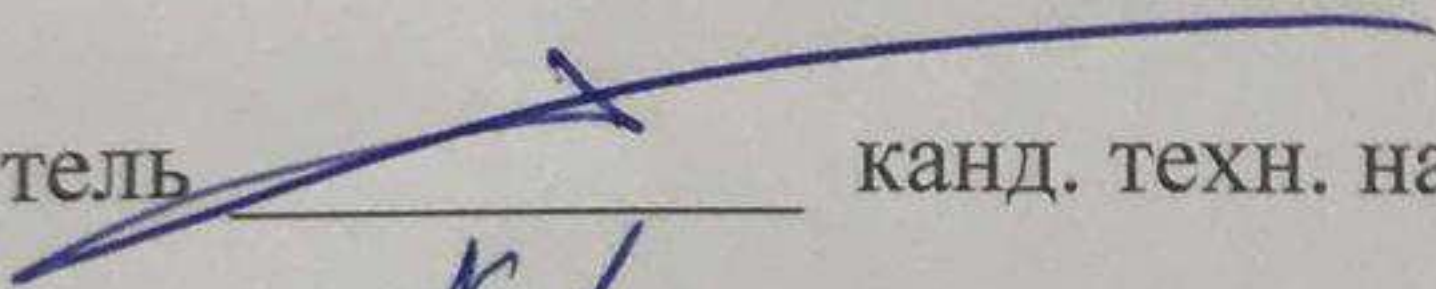
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Повышение эффективности и безопасности функционирования станций и
пересадочных пунктов городского пассажирского транспорта»


23.04.01. «Технология транспортных процессов»

23.04.01.01 «Организация перевозок и управление на автомобильном
транспорте»

Научный руководитель


канд. техн. наук, доцент А.И. Фадеев

Выпускник


К.Д. Коновалов

Рецензент

_____ зам. нач. отдела АПРПП А.А. Тарских
МКУ «КрасноярскГорТранс»

Красноярск 2020