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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
___ И.М. Блянкинштейн
«___» _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.01 – Технология транспортных процессов

«ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТАХ УДС Г. КРАСНОЯРСКА»

Руководитель ст. преподаватель Н.В. Шадрин
Выпускник А.В. Красюк
Консультант профессор, канд. техн. наук В.А. Ковалев

Красноярск 2018

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме: «Исследование и разработка мероприятий по повышению безопасности движения на остановочных пунктах УДС г. Красноярска» содержит 121 страниц текстового документа, 19 использованных источников, 7 листов графического материала.

УЛИЧНО-ДОРОЖНАЯ СЕТЬ (УДС), ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК, ОСТАНОВОЧНЫЙ ПУНКТ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА, ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ (ДТП), ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ (ОДД).

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка методики комплексной оценки соответствия требованиям нормативно-технической документации остановочных пунктов городского общественного транспорта.

На основе проведенного анализа были выявлены основные параметры для оценки остановочных пунктов городского общественного транспорта Октябрьского района г. Красноярска, а также разработаны мероприятия по повышению безопасности движения на остановочных пунктах.

Анализ результативности предложенных мероприятий по повышению безопасности движения на остановочных пунктах осуществлен с помощью программы моделирования и реконструкции механизма ДТП PC-Crash.

Предложенные мероприятия обоснованы соответствующими экономическими расчетами.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 5

1 Технико-экономическое обоснование 6

1.1 Анализ существующей схемы на УДС Октябрьского района г. Красноярска 6

1.1.1 Минимальные требования ФИСУ к месту проведение международных зимних универсиад 11

1.1.2 Анализ аварийности на УДС г. Красноярска 13

1.1.3 Анализ состояния аварийности на остановочных пунктах г. Красноярска 19

1.2 Обзор существующих работ в области обеспечения безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта 27

2 Исследовательская часть 30

2.1 Разработка методики обследования состояния остановочных пунктов городского общественного транспорта 33

2.2 Анализ методов статистической обработки данных 43

2.3 Анализ результатов обследования остановочных пунктов городского общественного транспорта на УДС Октябрьского района г. Красноярска 45

2.4 Разработка методики комплексной оценки безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта 48

2.5 Анализ состояния остановочных пунктов общественного транспорта при существующей схеме ОДД на участке УДС ул. Ак. Киренского 52

2.6 Анализ методов определения значимости коэффициентов модели .. 62

3 Разработка мероприятий по обеспечению безопасности на остановочных пунктах городского общественного транспорта 67

3.1 Проект совершенствования обеспечения безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта по ул. Ак. Киренского 67

3.2 Организация наземных пешеходных переходов у остановочных пунктов городского общественного транспорта 76

3.3 Мероприятия по повышению безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта 80

3.4 Моделирование видов ДТП в компьютерной программе для моделирования и реконструкции механизмов ДТП PC-Crash 90

3.4.1 Функциональные возможности программы моделирования и реконструкции механизмов ДТП PC-Crash..... 90

3.4.2 Моделирование видов ДТП на остановочных пунктах с помощью программы PC-Crash 92

3.5 Проект автопавильонов остановочных пунктов городского общественного транспорта 98

4 Определение экономической эффективности мероприятий по совершенствованию остановочных пунктов на рассматриваемых участках УДС..... 104

4.1 Расчет экономии от предотвращения ДТП 105

5 Специальная часть..... 110

Заключение 118

Список использованных источников 121

Приложение А Протоколы результатов обследования…….. 122

Приложение Б Графический материал……..…… 128

Приложение В Презентационный материал……..…… 136

ВВЕДЕНИЕ

Остановочные пункты общественного транспорта – это точка скопления значительного числа пешеходов: детей с родителями, людей пожилого возраста, студентов, работающих и т.д. Существует необходимость обеспечения безопасности нахождения на остановках, минимизировать опасность выезда транспортных средств на посадочную площадку и площадку ожидания.

Можно обозначить два способа решения этой проблемы: приблизить обустройство остановочного пункта к требуемому в соответствии с нормативно-технической документацией либо установить заградительные сооружения.

Для того, чтобы разработать комплекс мероприятий по обеспечению безопасности на остановочном пункте городского общественного транспорта требуется дать оценку его состояния, а также обосновать необходимость принятия мер по совершенствованию организации дорожного движения.

В связи с проведением Всемирной зимней Универсиады-2019 в городе Красноярске ставится задача о необходимости обеспечения своевременного, надежного, комфортного и безопасного транспортного обслуживание всех участников и гостей в соответствии с требованиями Международной федерации студенческого спорта (ФИСУ) [1].

Целью данной работы является разработка методики исследования соответствия остановочных пунктов городского общественного транспорта требования нормативно-технической документации и безопасности дорожного движения.

1 Технико-экономическое обоснование

Красноярск – индустриальный город, столица Красноярского края, образовательный и культурный центр Восточной Сибири. Близость Красноярска к Японии, Китаю, Южной Корее и другим странам динамично развивающегося Азиатско-Тихоокеанского региона создаёт возможность для активного роста экономики и других сфер жизни города на основе расширения внешнеэкономической деятельности и сотрудничества.

Общая площадь проезжей части улично-дорожной сети (УДС) города составляет более 13 млн. км^2. Число улиц составляет около 1050 наименований, действует более 80 маршрутов общественного транспорта, большинство из которых приходится на автобусы. Количество остановочных пунктов общественного транспорта – около 1000.

Протяженность улиц и дорог города – более 1053 км, в том числе 837,1 км (79,5 %) имеют асфальтобетонное покрытие.

Геометрическая схема УДС города Красноярска относится к прямоугольной и прямоугольно-диагональной. Основным преимуществом данной схемы считается отсутствие плотно загруженного центра при равномерной загрузке всех улиц и высокая пропускная способность сети в целом благодаря наличию дублирующих связей. К минусам схемы относится отсутствие кратчайших связей в наиболее напряженных диагональных направлениях.

1.1 Анализ существующей схемы на УДС Октябрьского района г. Красноярска

В 2019 году в Красноярске будет проходить XXIX Всемирная зимняя универсиада, международные спортивные соревнования среди студентов, проводимые под эгидой Международной федерации студенческого спорта (FISU). На спортивные соревнования приедут более 5000 спортсменов, а

также волонтёры, зрители. На этот период нагрузка на транспортную сеть города резко возрастет, увеличатся транспортные и пешеходные потоки. Важной целью станет обеспечение безопасности пешеходов в сложившейся ситуации.

В данной работе рассматриваются задачи обеспечения безопасности остановочных пунктов общественного транспорта на участках УДС Октябрьского района города Красноярска. Карта-схема существующего участка УДС Октябрьского района представлена на рисунке 1.1.

Рисунок 1.1 – Карта-схема существующего участка УДС Октябрьского района г. Красноярска

Октябрьский район является одним из старейших районов города, занимает второе место по величине территории и численности населения. Его площадь составляет 86,3 км^2, где расположено 147 улиц.

В последние годы быстрыми темпами идет жилищная застройка территории Октябрьского района. За последние несколько лет Октябрьский район изменился значительно. Появилось большое число новых крупных жилых комплексов: «Эдельвейс», «Орбита», «Гремячий лог», «Чистый», «Озеро Парк», «Серебряный» и другие. На территории Октябрьского района развивается малоэтажное строительство в жилых микрорайонах Удачный, Горный, Овинный. Численность населения составляет более 180 тыс. человек.

В рамках проведения Универсиады 2019 в г. Красноярске будут проходить соревнования по 10 видам спорта, места проведения которых представлены в таблице 1.1, а на рисунке 1.2 на карте города нанесены спортивные объекты, объекты деревни Универсиады, транспортной инфраструктуры и медицинские объекты.

Рисунок 1.2 – Карта-схема расположения спортивных объектов

Как видно на схеме, спортивные объекты расположены в разных районах города на довольно больших расстояниях.

Таблица 1.1 – Места проведения спортивных мероприятий Универсиады 2019 [2]

Вид спорта	Место проведения	Тренировочная площадка
Биатлон	Академия биатлона	-
Горнолыжный спорт	Фанпарк «Бобровый лог»	-
Лыжные гонки	Академия зимних видов спорта (ядро «Радуга»)	-
Шорт-трек	Ледовый дворец «Арена Север»	Ледовый дворец «Рассвет»
Хоккей	Ледовый дворец на ул. Партизана Железняка	Крытый каток «Первомайский»
Фигурное катание	Ледовый дворец «Арена Север»	Ледовый дворец «Рассвет»
Керлинг	Дворец спорта им И. Ярыгина	-
Сноуборд	Академия зимних видов спорта (ядро «Сопка»)	-
Фристайл	Академия зимних видов спорта (ядро «Сопка»)	-
Спортивное ориентирование на лыжах	Академия зимних видов спорта (ядро «Радуга»)	-

Деревня Универсиады располагается в Октябрьском районе города Красноярска.

Первая площадка является основным ядром деревни Универсиады, так как на ней будут проживать спортсмены и члены официальных делегаций, а также будет располагаться международная зона Игр.

Международная зона – это, прежде всего, Международный информационный центр (главный аккредитационный центр, главный информационный центр, общественный центр и др.), который будут посещать все официальные члены Универсиады и вышестоящие лица, проводиться пресс-конференции и многое другое.

Территория площадки № 1 расположена на левом берегу р. Енисей и ограничена подножьем горы Николаевская Сопка.

Объектом деревни площадки № 2 является комплекс общежитий «Перья».

Жилой комплекс, состоящий из трех семнадцатиэтажных зданий с комплексом вспомогательных помещений и спортивным стадионом, соответствующий минимальным требованиям FISU и позволяющий разместить в непосредственной близости к Деревне Зимней универсиады-2019 1800 спальных мест для волонтеров и вспомогательного персонала, расположен по ул. Ак. Киренского в районе Студгородка.

В целях подготовки и проведения Игр необходимо обеспечить комфортную и безопасную транспортную связь между площадкой № 1 (где будут проживать спортсмены и члены делегаций, располагаться общественный и аккредитационные центры) и площадкой № 2 деревни Универсиады (где разместятся волонтёры и технический персонал).

В рамках выпускной квалификационной работы необходимо решить следующие задачи:

- выявить несоответствия существующей схемы организации таких объектов транспортной инфраструктуры как остановочные пункты городского общественного транспорта вблизи Деревни Универсиады (Резиденции волонтеров) требованиям международной организации FISU, а также нормативно-правовым актам Российской Федерации;

- разработать схему ОДД в районе расположения Резиденции волонтеров для пешеходных и транспортных потоков на остановочных пунктах;

- предложить комплекс организационно-технических мер по устранению недостатков в существующей организации остановочных пунктов в районе расположения жилого комплекса «Перья»;

- оценить эффективность предлагаемых мероприятий движения с помощью программы для моделирования и реконструкции механизма дорожно-транспортных происшествий (ДТП) PC-Crash.

Для решения данных задач следует проанализировать существующую организацию движения в районе расположения площадки №2 Деревни Универсиады-2019.

Основным международным актом, регулирующим проведение спортивного соревнования, являются «Минимальные требования FISU» [1] (далее Требования FISU). Этот документ принят в целях комплексного решения организационно-правовых задач (регулирующий единый комплекс общественных отношений) по организации и проведению Универсиады-2019. В частности, Требования FISU регламентируют не только вопросы проведения спортивных мероприятий (соревнований) по видам спорта, но и вопросы транспортного обслуживания участников, членов делегации, жюри, СМИ, волонтеров и пр.

1.1.1 Минимальные требования ФИСУ к месту проведение международных зимних универсиад

Главными требованиями ФИСУ, касающиеся транспортного обслуживания участников и гостей Универсиады, включают в себя следующее:

- обеспечение транспортной доступности всех объектов Универсиады;
- продолжительность доставки спортсменов и участников с использованием аккредитованного транспорта зимней Универсиады от Деревни Универсиады до спортивных и тренировочных объектов не должна превышать 60 минут;
- координирование дорожного движения;
- планирование расписания транспортного обслуживания спортсменов, судей, арбитров, представителей сообщества ФИСУ, СМИ, персонала и представителей общественности;
- организацию транспортной сети, способную обеспечить эффективное проведение Зимней Универсиады;

- членов ФИСУ, гостей и всех участников Универсиады необходимо встретить в официальных местах въезда и доставить к местам проживания, центрам аккредитации или другим соответствующим пунктам назначения;

- обеспечение парковочных мест для автомобилей официальной транспортной системы Универсиады на всех соответствующих объектах. [1]

Основными задачами, стоящими перед работниками дорожных служб и городского хозяйства по организации дорожного движения в соответствии с международными требованиями, являются:

- обеспечение транспортирования автобусами и легковыми автомобилями всех участников и гостей зимней Универсиады-2019 с качеством, соответствующим стандартам и требованиям Международной федерации студенческого спорта (FISU);

- организация дорожного движения на улично-дорожной сети г. Красноярска, подготовка транспортного персонала;

- предоставления сервисов в международном аэропорту г. Красноярска;

- развитие дорожно-транспортной инфраструктуры, подготовка специализированного транспортного парка;

- организация диспетчеризации транспортных средств;

- аккредитация транспортных средств;

- совершенствование систем общественного транспорта и повышение качества и безопасности пассажирских перевозок;

- плановая реализация мероприятий по подготовке транспортного обслуживания зимней Универсиады-2019 в соответствии с разработанными документами;

- обеспечение приоритетных условий движения транспортных средств по улично-дорожной сети транспорта зимней Универсиады-2019 в период проведения Игр;

- обеспечение устойчивой работы городского общественного транспорта для обслуживания перевозок зрителей в период проведения зимней Универсиады-2019. [1]

В соответствии с требованиями FISU необходимо обеспечить быстрый (не более 60 мин.) и безопасный трансфер участников спортивных мероприятий. Для этого необходимо выполнить задачи по повышению качества транспортного обслуживания, совершенствованию инфраструктуры города, принятию дополнительных мер по обеспечению безопасности дорожного движения.

Для оценки условий безопасности дорожного движения на УДС г. Красноярска с учетом требований ФИСУ необходимо провести анализ состояния аварийности.

1.1.2 Анализ аварийности на УДС г. Красноярска

В автомобильных катастрофах ежегодно гибнут десятки тысяч людей. Подобные цифры много раз превышают количество погибших в авиакатастрофах и других ситуациях. Статистика имеет отрицательную динамику по ДТП, но результаты все же не утешительны.

Только за два месяца 2018 года на территории Российской Федерации зафиксировано свыше 126 тыс. ДТП, в которых были зарегистрированы пострадавшие и погибшие. Общая статистика ДТП по территории Российской Федерации за январь-февраль 2018 года приведена в таблица 1.2.

Таблица 1.2 – Статистика ДТП по Российской Федерации за январь-февраль 2018 г.

Показатель	Количество
Суммарное количество ДТП	133 203
Количество погибших в результате аварии	16 600
Смертность среди детей, попавших в ДТП	582
Раненых, но не умерших	168 146
Раненых среди лиц, возраст которых менее 18 лет	15 860

Также необходимо учитывать, что в зависимости от уровня автомобилизации, численности населения в различных регионах страны удельный вес количества ДТП позволяет сравнить состояние аварийности.

Сравнение г. Красноярска с некоторыми регионами Российской Федерации по количеству ДТП, погибших и пострадавших за 2017 год представлено в таблице 1.3 и на рисунке 1.3.

Таблица 1.3 – Статистика ДТП в областных центрах Российской Федерации за 2017 год

Город	Уровень автомобилизации, ед./1000 чел.	Численность населения, тыс.чел.	ДТП	Погибло	Ранено
Красноярск	293	1067,9	1489	64	1694
Москва	307	12330,1	8907	494	10168
Санкт-Петербург	319	5225,7	6311	263	7501
Новосибирск	273	1584,1	1577	61	1890
Владивосток	556	633,4	777	33	921
Екатеринбург	302	1477,7	730	88	885
Ростов-на-Дону	285	1119,9	1560	64	1924

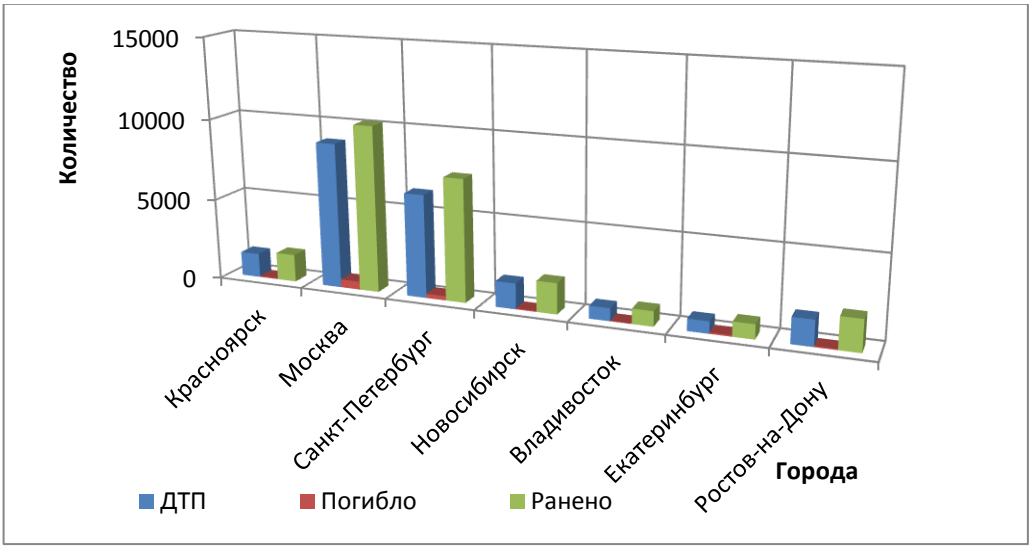


Рисунок 1.3 – Статистика ДТП в областных центрах Российской Федерации за 2017 год

В сравнении с некоторыми городами-миллионниками, приведенными в данных таблицы 1.3, по количеству ДТП г. Красноярск занимает 5 место. Екатеринбург и Владивосток оказались более безопасными городами по количеству ДТП, хотя уровень автомобилизации в этих городах выше, чем в г. Красноярске.

В городе Красноярске количество машин приблизилось к критическому уровню, а состояние стресса у водителей, какими бы они не были профессионалами, постоянно повышено.

Для возможности корректного сравнения на рисунке 1.4 представлены показатели соотношения количества ДТП на 1000 населения по городам России.

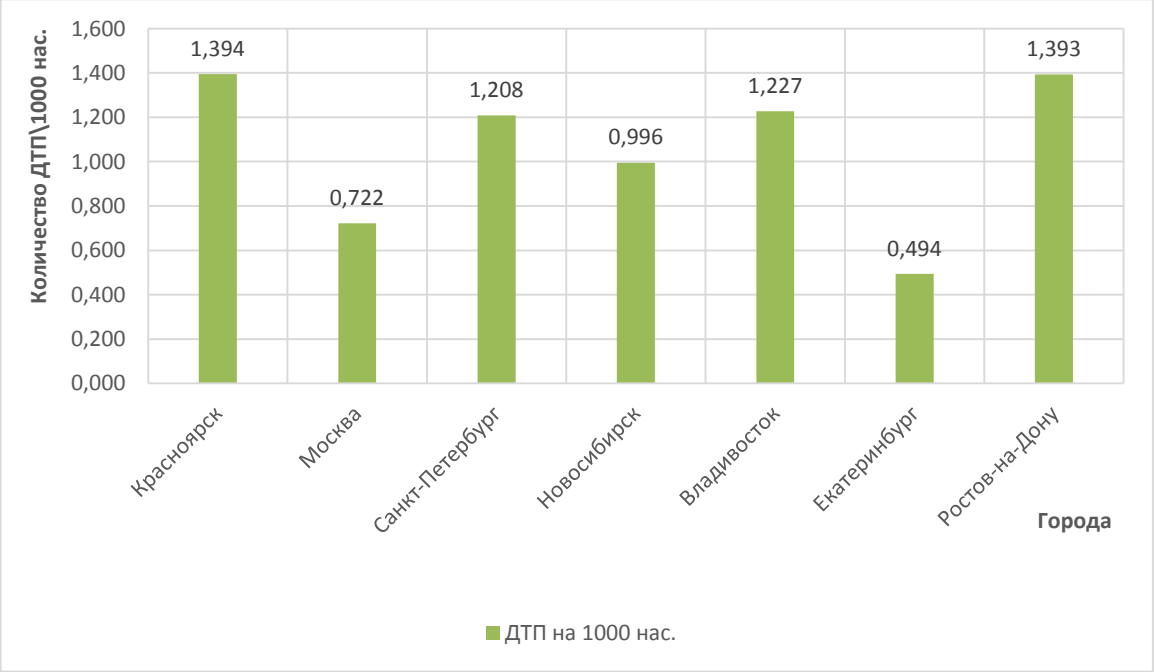


Рисунок 1.4 – Количество ДТП на 1000 населения по городам России за 2017 г.

Наибольшее значение аварийности по удельному показателю наблюдается в г. Красноярске. Это говорит о необходимости принятия мер по снижению количества ДТП путем применения всех возможных способов:

совершенствование организации дорожного движения, снижение числа нарушений ПДД с помощью экономических рычагов воздействия, ведения активной пропаганды соблюдения ПДД, применение дополнительных технических средств организации дорожного движения и т.д.

Распределение количества ДТП за период 2013 – 2017 гг. по районам города Красноярска представлено в таблице 1.4 и на рисунке 1.5.

Таблица 1.4 – Распределение количества ДТП в г. Красноярске за период 2013 – 2017 гг. по районам города

Районы города	Год				
	2013	2014	2015	2016	2017
Железнодорожный	162	164	180	134	151
Кировский	233	235	197	180	146
Ленинский	279	244	239	227	195
Октябрьский	287	279	266	272	232
Свердловский	245	227	219	196	145
Советский	623	516	522	478	397
Центральный	314	266	279	279	223
г. Красноярск	2221	1931	1902	1766	1489

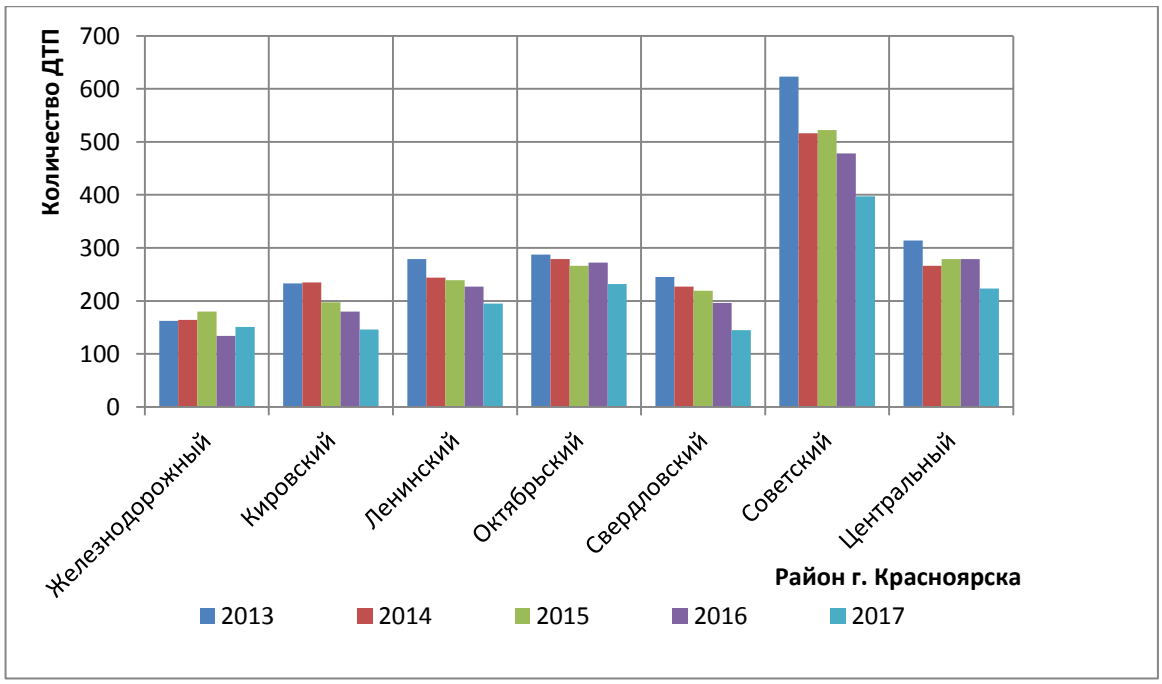


Рисунок 1.5 – Распределение количества ДТП за период 2013 – 2017 гг. по районам г. Красноярска

В 2017 году наблюдается резкое снижение аварийности по всем районам города. Скорее всего это связано с повсеместной установкой камер фото- и видеофиксации, водители, зная о наказании за нарушение ПДД, стараются соблюдать правила. Также на уменьшение числа ДТП повлияло ужесточение ответственности как участников, так и организатором дорожного движения. Однако, статистика всё еще остается в угрожающих пределах.

Рассмотрим подробнее такой вид ДТП как наезд на пешехода в зависимости от места наезда. Распределение количества ДТП приведено в таблице 1.5 и на рисунке 1.6.

Таблица 1.5 – Распределение количества ДТП, погибших и раненых, связанных с наездом на пешеходов вне и на пешеходных переходах в г. Красноярске за 2016-2017 гг.

ДТП с пешеходами	2016			2017		
	ДТП	Погибло	Ранено	ДТП	Погибло	Ранено
На нерегулируемых пешеходных переходах	165	4	166	156	5	157
На регулируемых пешеходных переходах	114	3	115	106	8	104
Всего на пешеходных переходах	279	7	281	262	13	261
Вне пешеходных переходов	374	24	360	303	22	285
Всего	653	31	641	565	35	546

Рисунок 1.6 – Количество ДТП, погибших и раненых, связанных с наездом на пешеходов вне и на пешеходных переходах в г. Красноярске за 2016-2017 гг.

Очевидно, что вне пешеходных переходов количество ДТП и число погибших и пострадавших значительно выше, чем на пешеходных переходах, а регулируемые пешеходные перехода надежнее нерегулируемых. Количество погибших в ДТП с пешеходами за 2017 год выросло на 12,9 %. В таблице 1.6 и на рисунке 1.7 представлена статистика ДТП, связанных с наездом на пешеходов, по районам города.

Таблица 1.6 – Распределение количества ДТП, погибших и пострадавших, связанных с наездом на пешеходов, по районам г. Красноярска

Район города	2016			2017		
	ДТП	Погибло	Ранено	ДТП	Погибло	Ранено
Железнодорожный район	50	0	53	51	1	50
Кировский район	88	3	89	67	4	63
Ленинский район	94	4	94	77	5	73
Октябрьский район	92	5	89	94	8	89
Свердловский район	72	3	69	53	7	50
Советский район	186	14	175	146	5	147
Центральный район	71	2	75	77	5	76
Всего	653	31	644	565	35	546

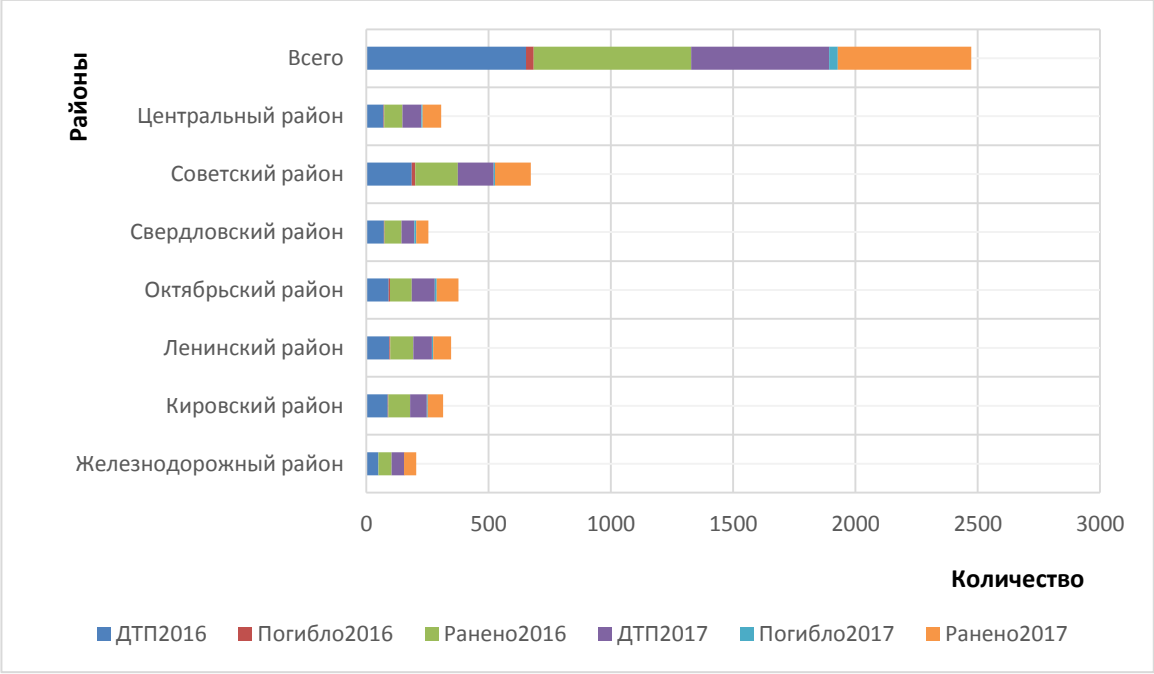


Рисунок 1.7 – Распределение количества ДТП, погибших и пострадавших, связанных с наездом на пешеходов, по районам г. Красноярска

Октябрьский район занимает второе место по количеству погибших в результате наезда, хотя по общему количеству ДТП с пешеходами только третьем в 2016 году. В 2017 году максимальное количество погибших наблюдается в Октябрьском районе. В этой части города располагается деревни Универсиады – 2019, а, значит, проблема безопасности пешеходов стоит особенно остро, необходимо уделить особое внимание обустройству пешеходных переходов вблизи таких точек генерации пешеходных потоков как остановочные пункты общественного транспорта.

Для оценки обеспечения безопасности на остановочных пунктах необходимо провести анализ ДТП за период 2016 –2017 гг. на остановочных пунктах города Красноярска.

1.1.3 Анализ состояния аварийности на остановочных пунктах г. Красноярска

Особенностью ДТП с наездом на пешеходов на остановочных пунктах является наличие большого количества пострадавших. Основными причинами аварийных ситуаций могут быть заносы транспортных средств в связи с неудовлетворительными дорожными условиями, неисправности самих транспортных средств, например, отказ рулевого управления, а также плохая подготовка водителей и их недобросовестное поведение. Ниже представлены характерные ДТП, произошедшие в г. Красноярске, на остановочных пунктах городского общественного транспорта. Дислокация остановочных пунктов, на которых произошли наезды на пешеходов в 2017 году представлена на рисунке 1.8.

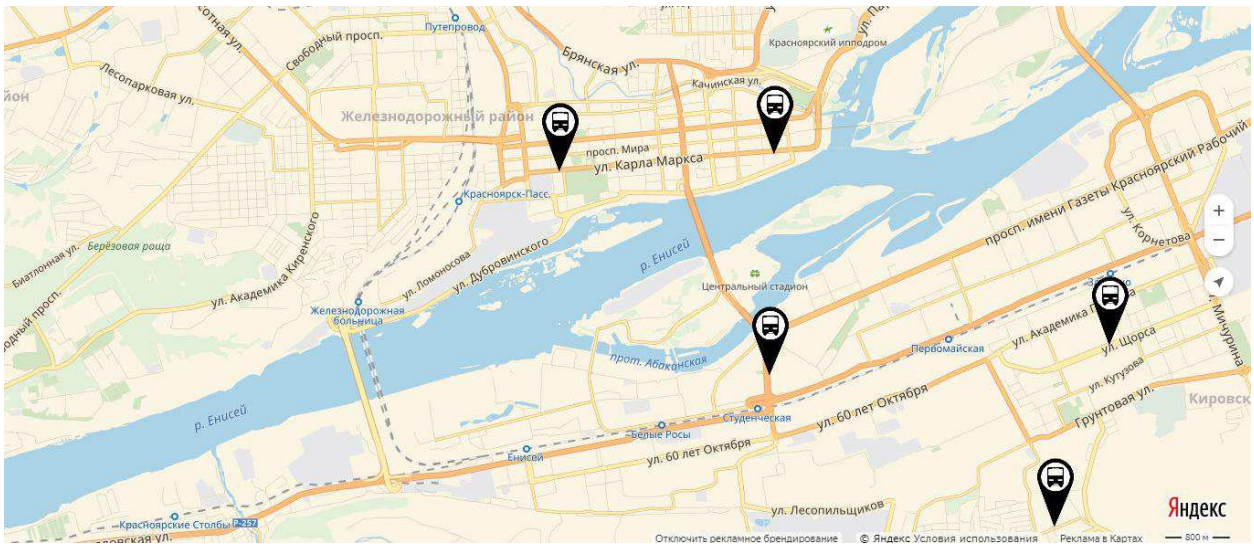


Рисунок 1.8 – Дислокация остановочных пунктов, на которых произошли наезды на пешеходов в 2017 г.

22 декабря 2017 год в Центральном районе Красноярска возле дома №21 на ул. Карла Маркса. 17-летний парень, не справился с управлением и врезался в столб и павильон на остановке «Гостиница Октябрьская» (рисунок 1.9). Подростка увезли в больницу, его жизни ничего не угрожает.

Школьник, оказавшийся за рулем родительского автомобиля Lexus, ехал на большой скорости и совершал резкие перестроения.

Рисунок 1.9 – ДТП на остановочном пункте «Гостиница Октябрьская»

ДТП на остановочном пункте «Гостиница Октябрьская» произошло из-за халатности и плохой подготовки водителя автомобиля. В результате Lexus вылетел на остановочный, который не был оборудован заездным «карманом». ДТП можно было избежать только используя дополнительные заградительные устройства.

Инцидент произошел во вторник, 3 января 2017, на улице Щорса. Автомобиль «Лексус» после столкновения с легковой иномаркой КИА отбросило на остановку общественного транспорта. Пострадали пятилетняя пассажирка корейского автомобиля и 78-летняя горожанка, ожидавшая автобус. Пенсионерка госпитализирована.

На ул. Карла Маркса автомобиль Lada Granta после ДТП наехал на женщину, которая стояла на остановке. Авария произошла в пятницу, 3 марта 2017 года. Женщина, управляя автомобилем Opel Astra, при повороте столкнулась с автомобилем Lada Granta, который ехал по полосе встречного

движения. В результате Lada Granta наехала на 38-летнюю женщину, которая в это время стояла на остановке. Пострадавшую госпитализировали в больницу, но затем отправили на амбулаторное лечение. В ГИБДД добавили, что автомобилист на отечественной машине также повредил дорожный знак.

Водитель легковой машины в Красноярске не справился с управлением и врезался в автобусную остановку, сбив трех человек, сообщила пресс-служба регионального управления МВД. ДТП произошло примерно в 20:27 17 ноября на улице Алеши Тимошенкова в Свердловском районе города. Subaru Impresa под управлением 27-летнего водителя занесло и развернуло на дороге, после чего машину вынесло на остановку. От удара двух молодых людей отбросило в сторону, еще одного иномарка задела по касательной. Пострадавшие были госпитализированы с многочисленными травмами.

По данным УГИБДД по Красноярскому краю, у водителя Subaru накопилось достаточно штрафов за нарушение скоростного режима. Мужчина двигался по обледенелой дороге с превышением скорости. Кроме того, как показал первичный осмотр, протектор установленных на машине зимних шин был сильно изношен.

ДТП на остановочном пункте произошло по двум причинам: халатность водителя и неудовлетворительные дорожные условия. На данной остановке не был организован заездной «карман», высота бордюрного камня ниже требуемой.

23 ноября 2017 года: 20-летний водитель Renault Megane не справился с управлением и врезался в автобусную остановку с людьми. По данным ГИБДД, в результате аварии пострадали двое пешеходов, водитель был трезв (рисунок 1.10).

Причинами ДТП на ул. Матросова стали неудовлетворительные дорожные условия и недостаточный опыт вождения у водителя легкового автомобиля.

Рисунок 1.10 – Фото с места ДТП на улице Матросова

Для обоснованной и комплексной оценки ситуации необходимо рассмотреть статистику ДТП в г. Красноярске за период 2016 – 2017 годы. Данные о состоянии аварийности г. Красноярска за период с 2016 по 2017 год на остановочных пунктах представлены в таблице 1.7 и на рисунке 1.11.

Таблица 1.7 – Количество ДТП на остановочных пунктах в г. Красноярске за период с 2016 по 2017 гг.

Район	ДТП	
	2016	2017
Железнодорожный	7	11
Кировский	15	11
Ленинский	18	15
Октябрьский	22	19
Свердловский	8	9
Советский	24	28
Центральный	8	9
Всего по городу	102	102

Анализ статистических данных за период с 2016 по 2017 годы показывает, что количество ДТП на остановочных пунктах в г. Красноярске по всему городу не изменилось, но существуют некоторые незначительные колебания по районам города, что видно по рисунку 1.11. Наиболее аварийными районами города являются Октябрьский и Советский районы. Это обусловлено значительной территорией районов, большим количеством генерирующих и притягивающих пешеходов точек.

В результате ДТП на остановочных пунктах городского общественного транспорта погибло 3 человека и ранено 210 человек за период с 2016 по 2017 гг. Из них 3 человека погибли и 104 ранено в 2016 году, 106 человек пострадали в 2017 году.

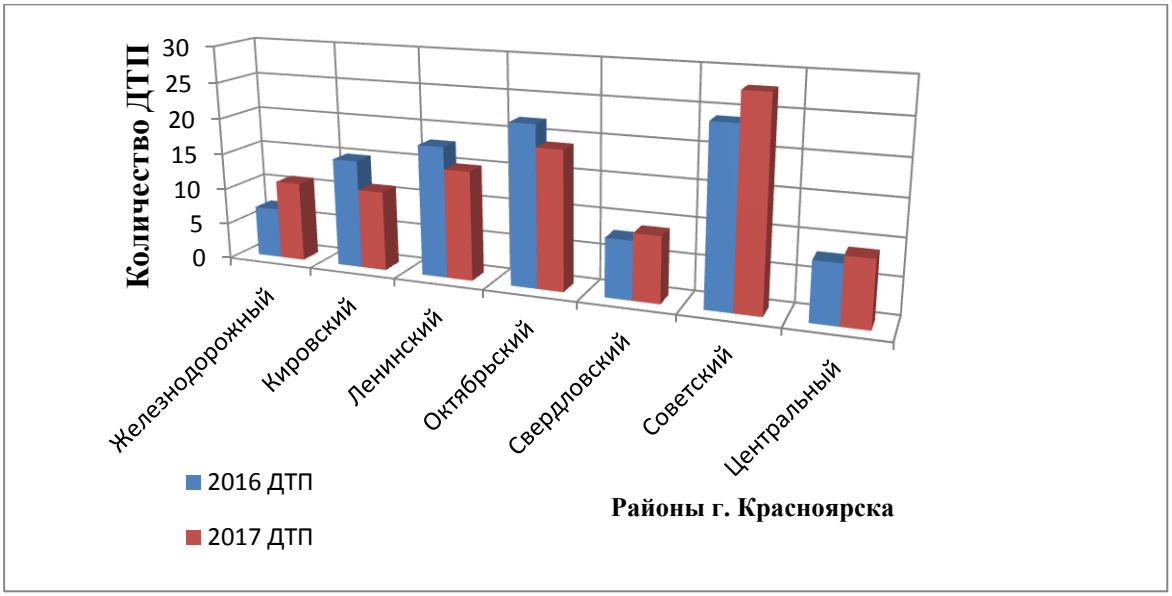


Рисунок 1.11 – Распределение количества ДТП на остановочных пунктах по районам г. Красноярска за период 2016-2017 гг.

Рассмотрим распределение количества ДТП по основным видам происшествия в г. Красноярске: наезд на препятствие, наезд на пешехода, падение пассажира, столкновение, наезд на стоящее ТС и иной вид ДТП, отраженные в таблице 1.8 и представленные на рисунке 1.12.

Таблица 1.8 – Распределение количества ДТП на остановочных пунктах по видам происшествия в г. Красноярске за 2016 – 2017 гг.

Вид ДТП	ДТП	
	2016	2017
Наезд на препятствие	3	2
Наезд на пешехода	17	8
Падение пассажира	66	77
Столкновение	8	9
Опрокидывание	1	0
Наезд на стоящее ТС	2	0
Иной вид ДТП	3	6

Проанализировав данные таблицы 1.8 и рисунок 1.12, можно сделать вывод, что преобладающим видом ДТП в г. Красноярске на общественном транспорте является падение пассажира, но наибольшее количество погибших от наездов на пешеходов на остановках общественного транспорта.

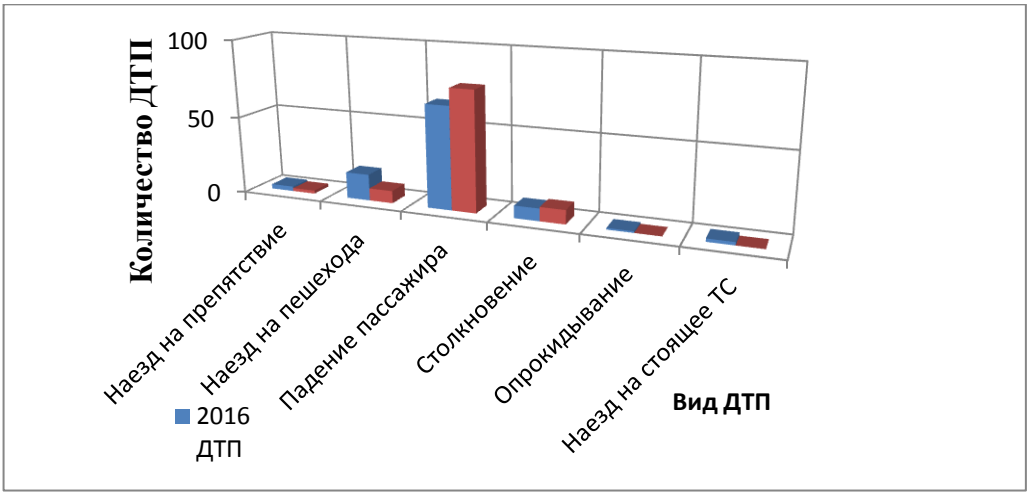


Рисунок 1.12 – Распределение количества ДТП на остановочных пунктах по видам происшествий в г. Красноярске за 2016 – 2017 гг.

Показатель тяжести последствий ДТП рассчитывают по формуле [3]:

——— , (1.1)

где $n_п$ – количество погибших в результате ДТП,

$n_р$ – количество раненых в результате ДТП.

В таблице 1.9 представлены данные расчета показателей тяжести последствий ДТП на УДС г. Красноярска по наездам на пешеходов за 2016 – 2017 годы.

За 2016 год наибольший уровень показателя тяжести последствий наблюдается в Советском и Октябрьском районах, при этом значение показателя находится в пределах 7%.

В 2017 году значение показателей тяжести последствий резко повышается до 12% в Свердловском районе, а также в Октябрьском районе с 5% до 8%.

Таблица 1.9 – Распределение показателей тяжести последствий ДТП с наездом на пешеходов по районам г. Красноярска за 2016 – 2017 гг.

Район города	2016			2017		
	Погибло	Ранено	Показатель тяжести	Погибло	Ранено	Показатель тяжести
Железнодорожный район	0	53	0,00	1	50	0,02
Кировский район	3	89	0,03	4	63	0,06
Ленинский район	4	94	0,04	5	73	0,06
Октябрьский район	5	89	0,05	8	89	0,08
Свердловский район	3	69	0,04	7	50	0,12
Советский район	14	175	0,07	5	147	0,03
Центральный район	2	75	0,03	5	76	0,06
Всего	31	644	0,05	35	546	0,06

При анализе безопасности дорожного движения на УДС города, показатель тяжести последствий ДТП имеет большое значение, так как он показывает колебания количества погибших относительно пострадавших в результате происшествия. Чем выше этот показатель, тем хуже обеспечена безопасность на УДС города.

В Октябрьском районе, где находятся основные объекты Универсиады-2019, значение показателя тяжести последствий растет. Следовательно, для обеспечения безопасности передвижения участников и гостей Игр необходимо совершенствование ОДД на участке УДС и принятие дополнительных мер по повышению безопасности.

Исходя из перечисленного выше, можем сделать вывод, что остановочные пункты общественного транспорта являются местом повышенной опасности, а, следовательно, возникает необходимость соблюдать требования нормативно-технической документация, принимать дополнительные меры обеспечения безопасности.

Для формирования верного представления о безопасности нахождения на остановочных пунктах общественного транспорта, а также о способах оценки состояния и обустройства данного объекта транспортной инфраструктуры необходимо проанализировать предыдущий опыт изучения проблемы.

1.2 Обзор существующих работ в области обеспечения безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта

Обозначив необходимость обеспечения безопасности на остановочных пунктах общественного транспорта в населенном пункте, требуется провести обзор литературы по данной тематике, изучить и проанализировать научные работы, статьи, а также нормативно-техническую документацию.

В Республике Беларусь Требования к улицам и автомобильным дорогам с регулярным автобусным и троллейбусным движением были сформулированы в 1978 г. Министерством транспорта и коммуникаций. Актуализированный документ «Элементы обустройства автомобильных дорог и улиц. Термины и определения. Классификация» утвержден в 2006 г. В них предписывались обязательные требования по обустройству остановочных пунктов общественного транспорта.

В РФ были разработаны рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах, в которых указываются некоторые требования к автобусным остановкам.

Одной из наиболее актуальных работ является диссертация Липенкова А.В. «Повышение эффективности функционирования городского пассажирского транспорта на основе управления пропускной способностью остановочных пунктов», в которой автор разрабатывает модель функционирования остановочного пункта, в частности, рассматривает вопрос его расположения. [4]

Вопрос пересечения пешеходных и транспортных потоков на остановочных пунктах и путях подхода к ним раскрывает Чигаева Н.Н. в статье «Организация остановок общественного транспорта и пешеходных зон в г. Чите: проблемы и перспективы». Однако также не рассматривается состояние самого элемента транспортной инфраструктуры. [5]

В статье Дудникова А.Н. «Методика оценки безопасности движения городского пассажирского маршрутного транспорта в зонах остановок» не учитывается влияния на безопасность на остановочных пунктах и возможность наезда на пешеходов личного транспорта. [6]

Следовательно, во всех изученных работах и документах содержится только качественная оценка параметров остановочных пунктов общественного транспорта в населенных пунктах. Возникает необходимость разработки методики обобщенной количественной оценки безопасности.

Исходя из вышеизложенного были сформулированы основные задачи выпускной квалификационной работы. Исследования состояния остановочных пунктов городского общественного транспорта включают следующие задачи:

- разработка методики исследования состояния остановочных пунктов общественного городского транспорта и выявления нарушений требований, предъявляемым к ним нормативно-технической документацией;

- анализ полученных результатов обследования с помощью методов обработки статистических данных;

- разработка методики комплексной оценки безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта;

- определить коэффициенты соответствия требованиям безопасности для остановочных пунктов городского общественного транспорта.

По результатам проведенных исследований необходимо:

- произвести реконструкцию и расчет геометрических параметров объектов транспортной инфраструктуры;

- создать проект остановочного пункта городского общественного транспорта с учетом современных тенденций по обустройству объектов транспортной инфраструктуры;

- оценить эффективность предлагаемых мероприятий по совершенствованию состояния остановочных пунктов общественного транспорта с помощью программы моделирования и реконструкции механизма ДТП PC-Crash;

- произвести расчет экономической эффективности предлагаемых мероприятий по совершенствованию организации и обеспечению безопасности на остановочных пунктах городского общественного транспорта.

2 Исследовательская часть

Актуальность проводимого исследования состоит в том, что возникла проблема, связанная с состоянием аварийности на остановочных пунктах городского общественного транспорта. В соответствии с методикой [2] риск ДТП на остановочных пунктах общественного транспорта социально значим, тяжесть последствий – особо тяжелая, а вероятность – высокая. Однако, на данный момент не существует методики, с помощью которой можно было бы оценить уровень обеспечения безопасности на остановочных пунктах.

Объект исследования: остановочные пункты общественного транспорта на УДС Октябрьского района г. Красноярска.

Предмет исследования:

- закономерность изменения безопасности на остановочных пунктах;

- математическая модель, отражающая изменения безопасности остановочных пунктов;

- рекомендации по повышению безопасности движения на остановочных пунктах.

В соответствии с заданием к выпускной квалификационной работе (связанного с проведением Международной зимней универсиады 2019) для проведения обследования остановочных пунктов городского общественного транспорта был выбран Октябрьский район г. Красноярска, в котором сконцентрированы наиболее значимые объекты Универсиады-2019. Карта района представлена на рисунке 2.1.

На рисунке 2.2 приведена карта-схема обследуемых в соответствии с заданием магистралей движения. На карте-схеме они обозначены красным цветом.

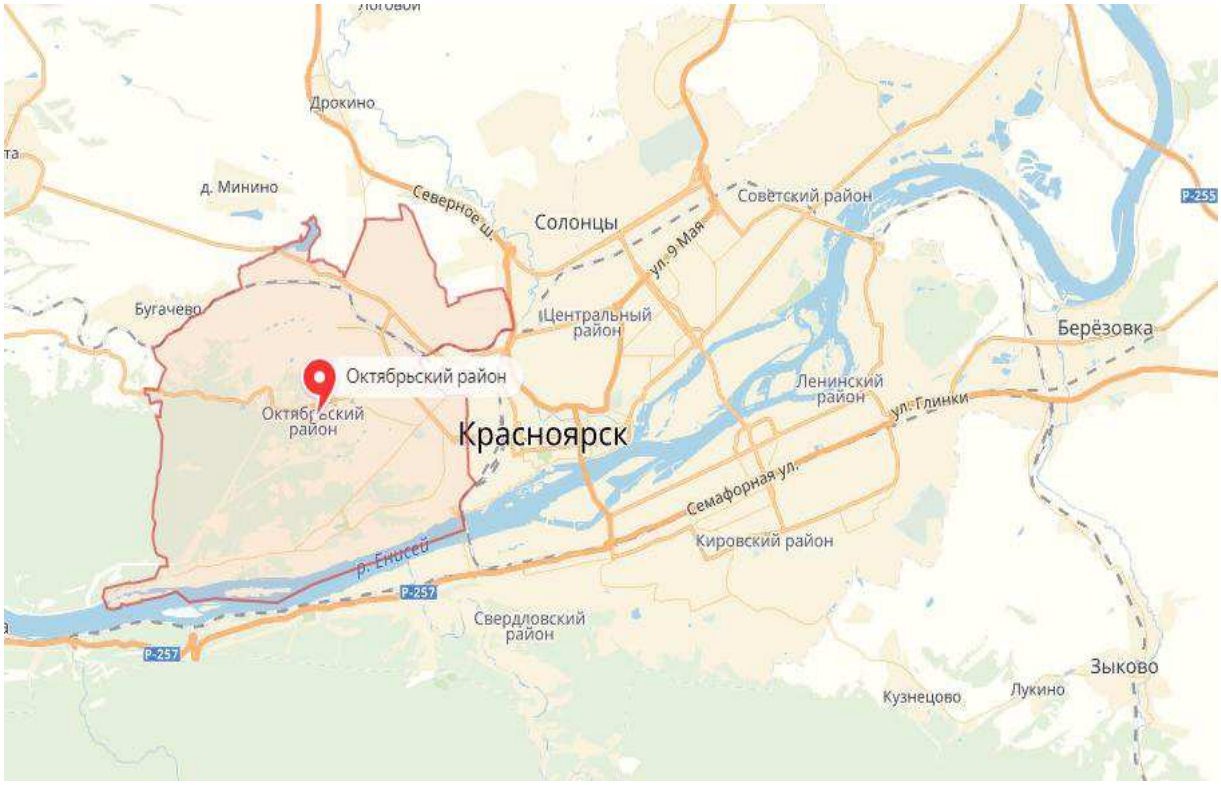


Рисунок 2.1 – Карта-схема Октябрьского района г. Красноярска

Рисунок 2.2 – Карта – схема расположения площадки №2 Деревни Универсиады-2019

Основные улицы в районе расположения Резиденции волонтёров:

- ул. Борисова – улица местного значения в жилой застройке. По ней не проходит общественный транспорт, движения транспортных средств осуществляется в две полосы в разных направлениях, по краю проезжей части обустроен тротуар для пешеходов;

- ул. Ак. Киренского – магистральная улица районного значения, по которой проходят все маршруты от жилого комплекса.

Далее в работе подробнее рассмотрим ул. Ак. Киренского, по которой осуществляются транспортные связи Резиденции волонтеров с другими объектами Универсиады-2019.

Улица берёт свое начало в красивом лесном массиве, рядом с Академгородком. Поворачивая на север, улица проходит район Студенческого городка, где расположено самое крупное структурное подразделение Сибирского федерального университета – Политехнический институт, и, минуя район Николаевки, где идет комплексное освоение застроенных территорий, улица заканчивается в районе ГорДК на пересечении с пр. Свободный. Протяженность улицы Академика Киренского – 4,5 километра.

По ул. Ак.Киренского осуществляется двухстороннее движение в 4 полосы, по 2 в каждом направлении. Проезжая часть слишком узкая для 4 полос движения.

От ул. Копылова до ул. Ленинградской расположено 8 остановочных пунктов, через которые проходят 1 троллейбусный маршрут и 7 автобусных маршрутов.

Для упорядоченности и планомерности рабочего процесса необходимо сформулировать методику обследования остановочных пунктов городского общественного транспорта.

2.1 Разработка методики обследования состояния остановочных пунктов городского общественного транспорта

Для проведения обследования остановочных пунктов на участке УДС Октябрьского района г. Красноярска была применена следующая нормативно-техническая документация:

- ГОСТ Р 52766–2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования»;

- ОСТ 218.1.002–2003 «Автобусные остановки на автомобильных дорогах. Общие технические требования»;

- ГОСТ 25869–83 «Отличительные знаки и информационное обеспечение подвижного состава пассажирского наземного транспорта, остановочных пунктов и пассажирских линий. Общие технические условия»;

- СНиП 2.05.02–85 «Автомобильные дороги»;

- ГОСТ Р 52289–2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств».

Требования к обустройству остановочных пунктов на данной категории дорог следующие:

- на дорогах скоростного и улицах непрерывного движения – вне габаритов проезжей части в непосредственной близости от внеуличных пешеходных переходов, на боковых проездах (в случае их наличия);

- на магистральных дорогах и улицах общегородского значения с регулируемым движением и районных при уровне загрузки не более 0,6 – в габаритах проезжей части (рисунок 2.3);

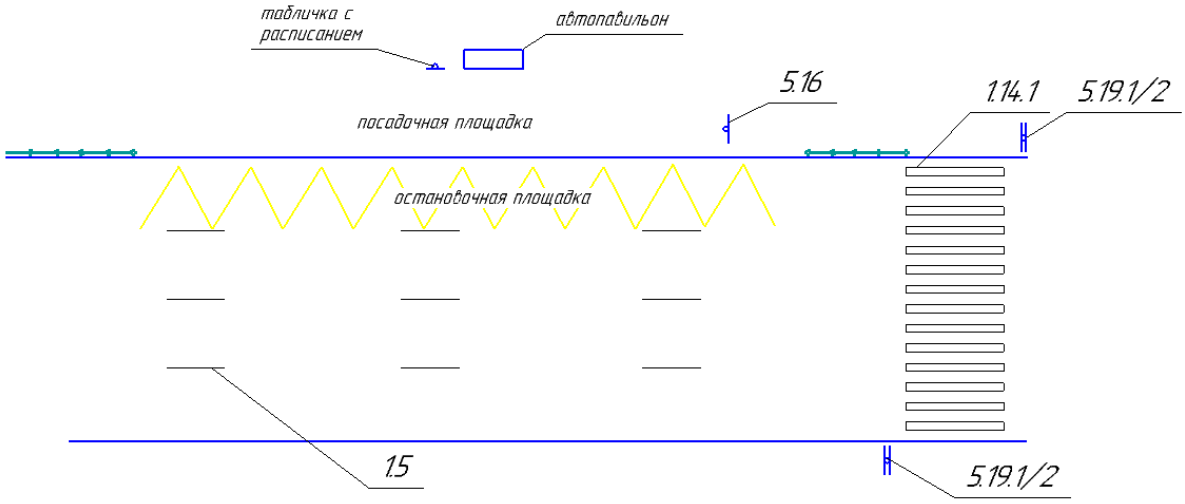


Рисунок 2.3 – Схема остановочного пункта в габаритах проезжей части

- на магистральных дорогах и улицах с проезжей частью в одну-две полосы движения в одном направлении при уровне загрузки более 0,6 – в заездных "карманах" (рисунок 2.4);

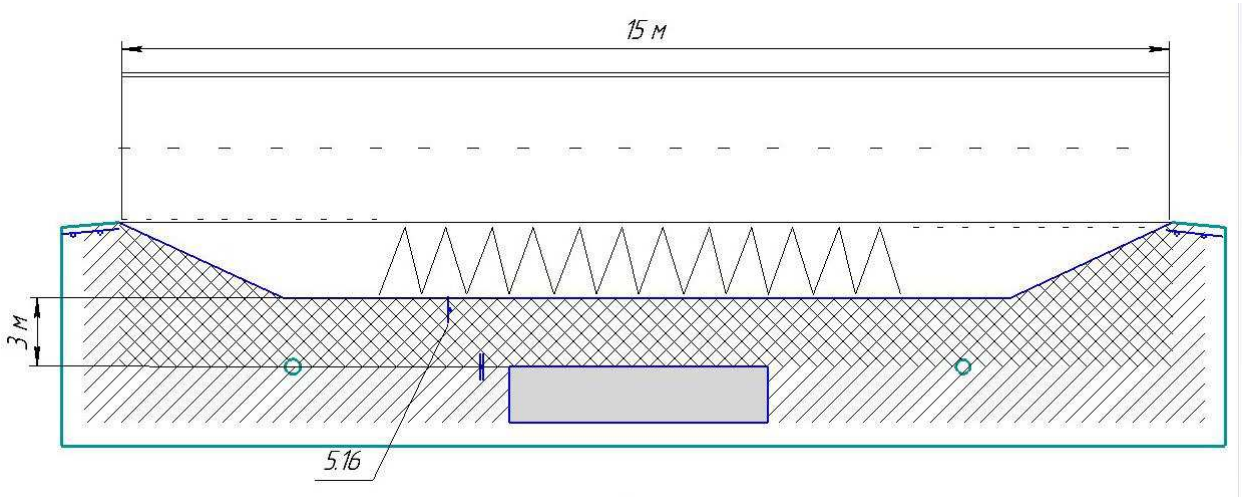


Рисунок 2.4 – Схема остановочного пункта с заездным карманом

- заездные "карманы" на магистралях должны иметь: участки отгонов по 20 - 30 м, участок торможения по 30 м и разгона по 40 м;

- остановочные пункты на линиях троллейбуса и автобуса на магистральных улицах общегородского значения (с регулируемым движением) и на магистралях районного значения следует размещать за перекрестком или за наземным пешеходным переходом на расстоянии не менее 25 м и 5 м соответственно;

- длину остановочной площадки принимают в зависимости от одновременно стоящих транспортных средств из расчета 20 м на один автобус или троллейбус, но не более 60 м;

- посадочную площадку размещают в пределах тротуара или полосы, отделяющей проезжую часть от тротуара;

- возвышение посадочной площадки над остановочной площадкой должно составлять 0,20 м;

- поверхность посадочных площадок должна иметь покрытие на площади не менее 10х2 м и на подходе к павильону;

- ближайшая грань павильона для пассажиров должна быть расположена не ближе 3 м от кромки остановочной площадки;

- с целью обеспечения безопасных условий движения на перегонах улиц с проезжей частью шириной менее 15 м расстояние между остановочными пунктами автобусов и троллейбусов встречных направлений следует принимать от 30 до 50 м один от другого;

- посадочные площадки на всех остановочных пунктах в районах с холодным климатом должны быть, как правило, оборудованы павильонами для пассажиров, а в районах с умеренным или жарким климатом – навесами;

- в павильонах должны быть установлены скамья и урна для мусора;

- остановочные пункты оборудуют дорожными знаками по ГОСТ Р 52289 и дорожной разметкой по ГОСТ Р 51256, которые применяют по ГОСТ Р 52290;

- для упорядочения движения пешеходов на остановочных пунктах, размещенных у надземных или подземных пешеходных переходов,

устанавливают пешеходные ограждения, размещаемые от границы посадочной площадки до пешеходного перехода;

- на дорогах с разделительной полосой пешеходные ограждения устанавливают на разделительной полосе на расстоянии по 100 м в обе стороны от места расположения подземного или наземного пешеходного перехода;

- допускается установка пешеходных ограждений у остановочных пунктов с наземными пешеходными переходами, при этом ограждения размещают от начала посадочной площадки до ближайшей границы пешеходного перехода. [7]

Допускается размещение остановочных пунктов троллейбуса и автобуса перед перекрестком на расстоянии не менее 40 м в случае, если:

- до перекрестка расположен крупный пассажирообразующий пункт или вход в подземный пешеходный переход;

- пропускная способность улицы до перекрестка больше, чем за перекрестком;

- сразу же за перекрестком начинается подъезд к транспортному инженерному сооружению (мосту, тоннелю, путепроводу) или находится железнодорожный переезд. [7]

Важным моментом обустройства остановочных пунктов является организация пешеходного перехода. Кроме требований, предъявляемых для остановочных пунктов, пешеходные переходы должны удовлетворять следующим по ГОСТ Р 52766-2007:

- пешеходные переходы через автомобильные дороги в населенных пунктах располагают через 200-300 м, при этом выбор мест их размещения осуществляют с учетом сформировавшихся регулярных пешеходных потоков, расположением остановок маршрутных транспортных средств, объектов притяжения пешеходов;

- пешеходный переход должен быть оборудован дорожными знаками, разметкой, стационарным наружным освещением (с питанием от распределительных сетей или автономных источников);

- на дорогах с шириной проезжей части 15 м и более наземные пешеходные переходы должны быть оборудованы островками безопасности;

- на переходах со светофорным регулированием пешеходные светофоры могут быть дополнены цифровыми табло, показывающими время, оставшееся до включения разрешающего сигнала пешеходного светофора, а также звуковым сигналом, действующим во время горения разрешающего сигнала;

- у наземных пешеходных переходов со светофорным регулированием должны быть установлены ограничивающие пешеходные ограждения перильного типа с двух сторон дороги на расстоянии не менее 50 м в обе стороны от пешеходного перехода;

- на дорогах с разделительной полосой в местах нахождения внеуличных пешеходных переходов (подземных и надземных) должны быть установлены ограничивающие пешеходные ограждения перильного типа или ограждения в виде сеток длиной не менее 20 м на разделительной полосе в обе стороны от пешеходного перехода (при отсутствии на разделительной полосе удерживающих ограждений для автомобилей). [7]

Исходя из перечисленных условий выявлен тот факт, что при обустройстве остановочных пунктов и пешеходных переходов установка пешеходных ограждений становится обязательной. Далее опишем основные требования к пешеходным ограждениям по ГОСТ 52289-2004 и ГОСТ Р 52607-2006.

Ограничивающие пешеходные ограждения применяют:

- перильного типа или сетки на разделительных полосах шириной не менее 1 м между основной проезжей частью и местным проездом — напротив остановок общественного транспорта с подземными или надземными пешеходными переходами в пределах длины остановочной

площадки, на протяжении не менее 20 м в каждую сторону за ее пределами, при отсутствии на разделительной полосе удерживающих ограждений для автомобилей;

- перильного типа — у наземных пешеходных переходов со светофорным регулированием с двух сторон дороги, на протяжении не менее 50 м в каждую сторону от пешеходного перехода, а также на участках, где интенсивность пешеходного движения превышает 1000 чел ./ч на одну полосу тротуара при разрешенной остановке или стоянке транспортных средств и 750 чел ./ч — при запрещенной остановке или стоянке. [8]

Удерживающие пешеходные ограждения (перила) устанавливают у внешнего края тротуара на насыпях на расстоянии не менее 0,3 м от бровки земляного полотна. [8]

Ограничивающие пешеходные ограждения устанавливают:

- перильного типа или сетки — на разделительной полосе между основной проезжей частью и местным проездом на расстоянии не менее 0,3 м от кромки проезжей части;

- перильного типа — у внешнего края тротуара у наземных пешеходных переходов со светофорным регулированием, на расстоянии не менее 0,3 м от лицевой поверхности бортового камня. [8]

Высота пешеходных удерживающих ограждений (перил) должна быть не менее 1,1 м. [8] Высота ограждений ограничивающих перильного типа должна быть 0,8 – 1,0 м, сеток – 1,2 – 1,5 м. [8]

Ограждения перильного типа высотой 1,0 м должны иметь две перекладины, расположенные на разной высоте. [8]

Проверять все предъявляемые нормативно-технической документацией требования по организации и обустройству в рамках задач ВКР не целесообразно, поэтому был отобран ряд критериев. Для того, чтобы остановочный пункт можно было считать безопасным, он должен удовлетворять следующим требованиям:

1) ширину остановочных площадок следует принимать равной ширине основных полос проезжей части;

2) значение длины принимают в зависимости от числа одновременно останавливающихся автобусов и их габаритов по длине, но не менее 13 м;

3) дорожную одежду на остановочных площадках следует предусматривать равнопрочной с дорожной одеждой основных полос движения;

4) посадочные площадки должны быть приподняты на 0,2 м над поверхностью остановочных площадок;

5) ширину посадочной площадки принимают не менее 1,5 м, а длину - не менее длины остановочной площадки;

6) длина посадочной площадки должна быть не менее длины остановочной площадки;

7) с целью обеспечения безопасных условий движения на перегонах улиц с проезжей частью шириной менее 15 м расстояние между остановочными пунктами автобусов и троллейбусов встречных направлений следует принимать от 30 до 50 м один от другого;

8) автопавильон может быть закрытого типа или открытого (в виде навеса). Закрытый павильон должен иметь стены, доходящие до перекрытия павильона не менее чем с трех сторон. Открытый павильон имеет стены, не доходящие до перекрытия, или не более двух стен. Выбор конструкции павильона осуществляют в зависимости от климатических условий района размещения автобусной остановки. В климатических условиях Красноярского края должны быть установлены автопавильоны закрытого типа;

9) наличие урны для мусора;

10) наличие скамьи;

11) заездной карман состоит из остановочной площадки и участков въезда и выезда на площадку. Остановочные пункты устраивают в заездных «карманах» длиной не менее 15 м;

12) наличие освещения (при расстоянии до места возможного подключения к распределительным сетям не более 500 м);

13) наличие пешеходных ограждений от границы посадочной площадки до пешеходного перехода;

14) пешеходный переход размещают между автобусными остановками перед посадочными площадками по ходу движения. Расположение остановочного пункта за наземным пешеходным переходом на расстоянии не менее 5 м;

15) расположение остановочного пункта за перекрестком на расстоянии не менее 25 м либо перед перекрестком на расстоянии не менее 40 м;

16) наличие расписания движения маршрутов общественного транспорта;

17) наличие разметки, соответствующей требованиям ГОСТ Р 51256;

18) наличие дорожных знаков, соответствующих требованиям ГОСТ 10807;

На рисунке 2.5 приведена схема обустройства остановочного пункта в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

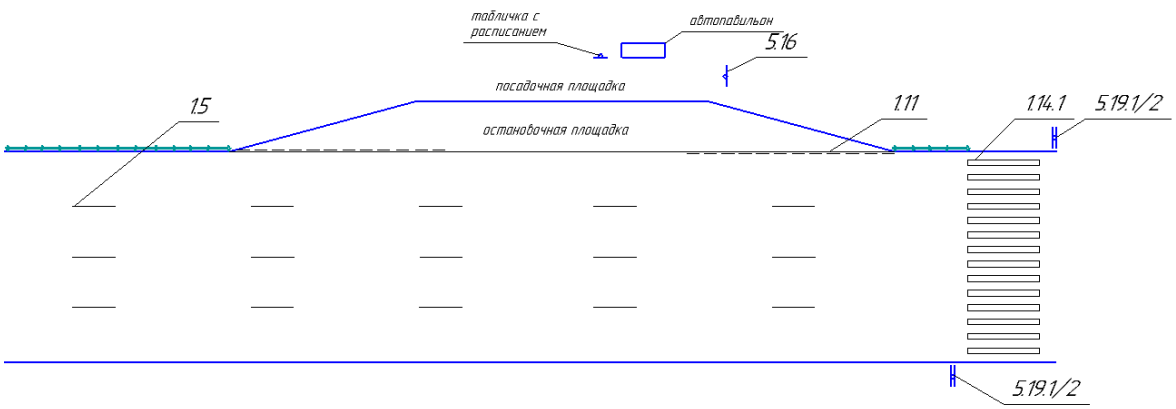


Рисунок 2.5 – Схема элементов остановочного пункта

Выбранные 18 требований указываются в протоколе результатов обследования, в соответствии с которым проводилась оценка состояния остановочного пункта. Форма протокола представлена на рисунке 2.6. В колонках таблицы протокола 1-18 ставится знак «+» или «-» в зависимости от выполнения условия.

Условия, которые должны соблюдаться при обследовании: светлое время суток, теплый период года. Каждый конкретный остановочный пункт оценивается отдельно группой из двух человек для удобства выполнения замеров. Обследование проводится путем визуального осмотра и необходимых измерений посредством рулетки и лазерного дальномера. В таблице 2.1 приведены условия и параметры, с учетом которых должны проводиться обследования остановочных пунктов городского общественного транспорта.

Таблица 2.1 – Условия и параметры проведения обследования остановочных пунктов городского общественного транспорта

Условия и параметры обследования	Показатели
Время года	Теплый период
Время суток	Светлое
Количество экспертов	2
Приборы и оборудование	Карандаш НВ, протокол, лазерный дальномер, рулетка (5 - 8 м), фотографирующее устройство (2 шт.)

ПРОТОКОЛ
результатов обследования остановочных пунктов

Район г. Красноярска Октябрьский район
Улица (участок УДС) _____
Дата обследования «__»_____201_ г.
Время обследования ___час ___мин.
Время окончания обследования ___час ___ мин.

Название остановки (проходящие маршруты)	1. Ширина остановочных площадок равна ширине основных полос проезжей части	2. Соответствие длины в зависимости от числа одновременно останавливающихся автобусов и их габаритов по длине, но не менее 13 м	3. Дорожная одежда на остановочных площадках равнопрочна дорожной одежде основных полос движения	4. Посадочная площадка приподнята на 0,2 м над поверхностью остановочных площадок, ограждена бордюром	5. Ширина посадочной площадки не менее 1,5 м	6. Длина посадочной площадки - не менее длины остановочной площадки	7. С проезжей частью шириной менее 15 м расстояние между остановочными пунктами автобусов и троллейбусов встречных направлений следует принимать от 30 до 50 м один от другого	8. Наличие пассажирского павильона закрытого типа	9. Наличие урны для мусора	10. Наличие скамьи	11. Остановочные пункты устраивают в заездных «карманах» длиной не менее 15 м	12. Наличие освещения (при расстоянии до места возможного подключения к распределительным сетям не более 500 м)	13. Наличие пешеходных ограждений от границы посадочной площадки до пешеходного перехода	14. Расположение остановочного пункта за наземным пешеходным переходом на расстоянии не менее 5 м	15. Расположение остановочного пункта за перекрестком на расстоянии не менее 25 м либо перед перекрестком на расстоянии не менее 40 м	16. Наличие расписания движения маршрутов	17. Наличие разметки, соответствующей требованиям	18. Наличие дорожных знаков, соответствующих требованиям
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Рисунок 2.6 – Форма протокола результатов обследования остановочных пунктов

Всего за летний период 2017 года было обследовано 184 остановочных пункта на УДС Октябрьского района города Красноярска, обнаружены нарушения требований нормативно-технической документации на всех остановках.

В Приложении А приведены протоколы с данными обследования остановочных пунктов городского общественного транспорта, а также их фотографии, по основным магистральным улицам Октябрьского района, которые оцениваются в рамках данной работы (ул. Ак. Киренского).

Полученные в ходе работы результаты должны быть оценены и проанализированы с помощью методов обработки статистических данных. Необходимо сравнить существующие методы статистической обработки данных и сделать выбор наиболее предпочтительного для обследования.

2.2 Анализ методов статистической обработки данных

Методами обработки статистических данных называют математико-статистические приемы, способы расчетов, применяемые для получения количественных показателей, обобщающих и систематизирующих результаты экспериментов.

Выделяют три группы методов статистической обработки. Первая позволяет характеризовать выборочное распределение данных. В них входят такие, как:

- выборочное среднее;
- выборочная дисперсия;
- стандартное среднеквадратическое отклонение;
- мода;
- медиана и др.

Методы, позволяющие судить о динамике изменения некоторых статистик:

- дисперсионный анализ;

- регрессионный анализ.

Последние позволяют судить о существующих статистических связях между несколькими изменяющимися величинами:

- корреляционный анализ;

- факторный анализ;

- методы сравнения.

Также все методы обработки статистических данных делятся на первичные и вторичные. Первичные методы непосредственно характеризуют полученные результаты, а вторичные – определяют закономерности в статистических данных на основе первичных методов обработки.

К первичным методам относятся методы первой группы, к вторичным – остальные.

Для обработки результатов проведенных обследований воспользуемся методами первой группы, так как остальные методы в условиях данной задачи не применимы, переменная в расчетах присутствует одна, а, значит, построение закономерностей невозможно.

Для полученных результатов применимы только размах, выборочное среднее, выборочная дисперсия и стандартное среднеквадратическое отклонение. Расчет моды и медианы не имеют практической ценности для работы.

Размах (R) представляет собой разность между минимальным и максимальным значениями выборки. Он позволяет оценить на сколько могут отличаться результаты по разным пунктам требований.

Выборочное среднее ( ) в рамках данной работы представляет собой среднее арифметическое полученных результатов.

Выборочная дисперсия ( ) позволяет оценить разброс данных относительно среднего значения, но она требует приведения к единицам измерения выборки. Вычисляется по формуле [9]:

———, (2.1)

где n – количество значений выборки;

– определенное значение выборки;

– выборочная средняя величина.

Для этого используют стандартное среднеквадратическое отклонение (s) [9]:

—. (2.2)

С помощью выбранных методов статистической обработки данных будут оценены результаты обследования остановочных пунктов городского общественного транспорта на УДС Октябрьского района г. Красноярска.

2.3 Анализ результатов обследования остановочных пунктов городского общественного транспорта на УДС Октябрьского района г. Красноярска

В ходе обследования остановочных пунктов была проведена оценка 184 объектов транспортной инфраструктуры. Полученные данные из протоколов были переработаны и упрощены.

На рисунке 2.7 приведена диаграмма, построенная на основании переработанных данных протоколов обследования, на которой представлено распределение количества остановочных пунктов с нарушениями по пунктам требований. Очевидна проблема нанесения разметки на дорогах города (99,5% всех остановок имеют нарушения по пункту 17, рисунок 2.6), практически везде она отсутствует полностью, имеет физический износ либо нанесена с нарушениями требований ГОСТа 10807.

Возле 137 остановочных пунктов (74,5%) отсутствуют пешеходные ограждения, что приводит к несанкционированному выходу пешеходов на проезжую часть. Так как остановочные пункты общественного транспорта являются местами скопления людей, то наблюдается значительное количество нарушений ими правил дорожного движения (ПДД).

На 101 остановке (54,9%) нарушен 14 пункт требований: расположение остановочного пункта за наземным пешеходным переходом на расстоянии не менее 5 м; неправильное расположение пешеходного перехода, что в данном случае чревато последствиями: при расположении пешеходного перехода после остановочного пункта автобус, стоящий на остановке, ограничивает видимость водителям других транспортных средств, которые могут не заметить пешехода, ступившего на проезжую часть.

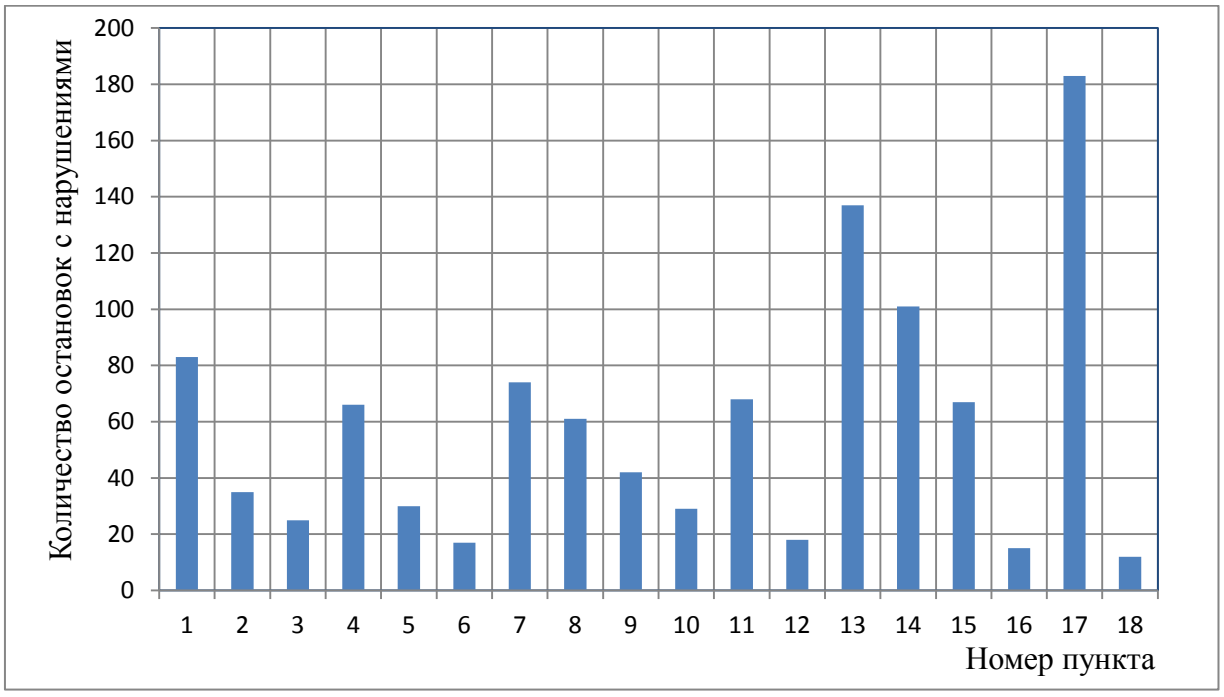


Рисунок 2.7 – Распределение количества остановочных пунктов с нарушениями по пунктам требований

Обнаружено 83 нарушения (45,1%) пункта 1: ширину остановочных площадок следует принимать равной ширине основных полос проезжей

части. Это требование важно не только для обеспечения безопасности движения (водители, объезжающие автобус, вынуждены менять траекторию движения), но и для сокращения времени задержек в пути транспортных средств.

В общем, по всем пунктам имеются нарушения, даже если их не так много – это не значит, что все нормально. Например, пункт 12 – Наличие освещения (при расстоянии до места возможного подключения к распределительным сетям не более 500 м) – всего 9,8% нарушений, однако, оказывает огромное влияние на безопасность движения, так как снижает видимость.

Далее представлен расчет статистик для полученных результатов.

Максимальное значение нарушений равно 183, минимальное значение – 12. Тогда размах данных:

$$R = 183 - 12 = 171.$$

В пределах значений получившейся разницы будут находится все числа нарушений по пунктам. Далее находим выборочное среднее:

$$\overline{\quad} \quad .$$

Усредненное число нарушений, приходящееся на каждый пункт требований, по 184 остановочным пунктам равно 59. Найдем выборочную дисперсию:

$$\overline{\quad} \quad .$$

По этому значению вывод сделать невозможно, в соответствии с пунктом 2.2, следовательно, вычисляем стандартное среднеквадратическое отклонение:

.

Значение отклонения велико, составляет более половины от выборочного среднего, что говорит о высоком рассеянии значений. Все расчеты подтверждают случайность полученных результатов, перепады значений. Однако, в данной задаче не требовалось установить закономерностей, а лишь сделать общие оценки полученным результатам.

Необходимо вывести общую количественную оценку с учетом всех требований нормативно-технической документации для остановочных пунктов городского общественного транспорта, что позволит определять необходимость в реконструкции.

2.4 Разработка методики комплексной оценки безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта

Для оценки соответствия остановочных пунктов требования нормативно-технической документации и, связанной с ними обеспечением безопасности, необходимо определить коэффициенты, которые определяются из отношения фактических значений параметров к нормируемым. В таблице 2.3 представлены предлагаемые значения коэффициентов соответствия по каждому проверяемому по протоколу пункту.

Таблица 2.3 – Коэффициенты соответствия требованиям безопасности для остановочных пунктов общественного городского транспорта

№ п/п	Параметры в соответствии с ГОСТ Р 52766-2007	Коэффициент	Предлагаемый критерий оценки
1	Ширина остановочных площадок равна ширине основных полос проезжей части	$К_ш$	—, где a – существующая ширина остановочной площадки, м; a_0 – ширина проезжей части, м
2	Соответствие длины в зависимости от числа одновременно останавливающихся автобусов и их габаритов по длине, но не менее 13 м	$К_д$	—, где b – существующая длина остановочной площадки, м; b_0 – требуемая длина остановочной площадки в соответствии со СНиП, м;
3	Дорожная одежда на остановочных площадках равнопрочна дорожной одежде основных полос движения	$К_о$	$К_о$ = 1 при соответствии требованию; $К_о$ = 0,5 при неоднородном покрытии схожего материала; $К_о$ = 0 при грунтовом или песчаном покрытии остановочной площадки с твердым покрытием основной проезжей части
4	Посадочная площадка приподнята на 0,2 м над поверхностью остановочных площадок, ограждена бордюром	$К_в$	—, где h – высота посадочной площадки, м
5	Ширина посадочной площадки не менее 1,5 м	$К_{шп}$	—, где $a_п$ – ширина посадочной площадки, м
6	Длина посадочной площадки - не менее длины остановочной площадки	$К_{дп}$	—, где $b_п$ – длина посадочной площадки, м; b – существующая длина остановочной площадки, м
7	С проезжей частью шириной менее 15 м расстояние между остановочными пунктами автобусов и троллейбусов встречных направлений следует принимать от 30 до 50 м один от другого	$К_{вн}$	—, где r – существующее расстояние между остановочными пунктами встречных направлений, м; r – требуемое расстояние между остановочными пунктами встречных направлений, м;

Продолжение таблицы 2.3

№ п/п	Параметры в соответствии с ГОСТ Р 52766-2007	Коэффициент	Предлагаемый критерий оценки
8	Наличие пассажирского павильона закрытого типа	$К_п$	= 1 при наличии пассажирского павильона закрытого типа; = 0,6 при наличии пассажирского павильона открытого типа; = 0 при отсутствии пассажирского павильона закрытого типа
9	Наличие урны для мусора	–	–
10	Наличие скамьи	–	–
11	Остановочные пункты устраивают в заездных «карманах» длиной не менее 15 (считается для определенной категории улиц и дорог)	$К_к$	–, где l – существующая длина заездного «кармана», м; l_0 – требуемая длина заездного «кармана», м
12	Наличие освещения (при расстоянии до места возможного подключения к распределительным сетям не более 500 м)	$К_{свет}$	$К_{свет}$ = 1 – освещение присутствует; $К_{свет}$ = 0 – освещение отсутствует
13	Наличие пешеходных ограждений от границы посадочной площадки до пешеходного перехода	$К_{по}$	$К_{по}$ = 1 – наличие пешеходных ограждение; $К_{по}$ = 0 – отсутствие пешеходных ограждений
14	Расположение остановочного пункта за наземным пешеходным переходом на расстоянии не менее 5 м	$К_{пп}$	, —, где с – расстояние от остановочного пункта до наземного пешеходного перехода, м; $с_0$ – требуемое расстояние от остановочного пункта до наземного пешеходного перехода, м; Кпп2 = 0,5 при расположении остановочного пункта за наземным пешеходным переходом; Кпп2 = 0 при расположении остановочного пункта перед наземным пешеходным переходом

Окончание таблицы 2.3

№ п/п	Параметры в соответствии с ГОСТ Р 52766-2007	Коэффициент	Предлагаемый критерий оценки
15	Расположение остановочного пункта за перекрестком на расстоянии не менее 25 м либо перед перекрестком на расстоянии не менее 40 м	$К_{пер}$	$\frac{d}{d_0}$, где d – расстояние от перекрестка до остановочного пункта, м; d_0 – требуемое расстояние от перекрестка до остановочного пункта, м
16	Наличие расписания движения маршрутов	–	–
17	Наличие разметки, соответствующей требованиям	$К_р$	$К_р$ = 1 при наличии разметки, соответствующей требованиям; $К_р$ = 0,5 при наличии разметки, не соответствующей требованиям, либо разметка изношена менее, чем на 30%; $К_р$ = 0 при отсутствии разметки;
18	Наличие дорожных знаков, соответствующих требованиям	$К_з$	$К_з$ = 1 при наличии дорожных знаков, соответствующих требованиям; $К_з$ = 0 при отсутствии дорожных знаков, соответствующих требованиям

С помощью предложенных коэффициентов определяется коэффициент безопасности $К_Б$:

$$\frac{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}. \qquad (2.3)$$

Регламентированная установка противотаранных боллардов на остановочном пункте вдоль проезжей части позволяют считать $К_Б$ = 1 при всех прочих недостатках.

В зависимости от полученного значения коэффициента безопасности остановочный пункт можно отнести к одной из следующих категорий:

1) $К_Б$ = 0,9 – 1 – остановочный пункт низкой опасности;

2) $К_Б$ = 0,7 – 0,9 – остановочный пункт повышенной опасности;

3) $К_Б$ = 0,5 – 0,7 – остановочный пункт высокой опасности;

4) $К_Б$ = 0 – 0,5 – остановочный пункт особой опасности.

При $К_Б$ > 1 остановочный пункт общественного городского транспорта относится к категории низкой опасности.

В соответствии с категорией определяется необходимость реконструкции остановочного пункта городского общественного транспорта. Остановки высокой и чрезвычайно высокой опасности требуют незамедлительной реконструкции и устранения всех нарушений требований безопасности. Остановки средней опасности являются следующими на очереди для переобустройства. Остановочный пункты низкой опасности не требуют реконструкции как таковой с точки зрения безопасности.

2.5 Анализ состояния остановочных пунктов общественного транспорта при существующей схеме ОДД на участке УДС ул. Ак.Киренского

Для анализа состояния остановочных пунктов городского общественного транспорта необходимо провести качественную и количественную оценки в соответствии с разработанными методиками (п. 2.1, п. 2.4)

Оценка остановочных пунктов будет проводится на ул. Ак. Киренского.

Для определения параметров в соответствии с протоколом результатов обследования необходимо знать количество маршрутов, останавливающихся на конкретном остановочном пункте. В таблице 2.4 приведены номера маршрутов городского общественного транспорта, проходящие по ул. Ак. Киренского.

Таблица 2.4 – Номера маршрутов городского общественного транспорта, проходящие по ул. Ак. Киренского

Остановка общественного транспорта	Автобусные маршруты	Троллейбусные маршруты
«Комсомольская площадь» в сторону ул. Телевизорной	2, 38, 90, 99	–
«Комсомольская площадь» в сторону Академгородка		
«Киренского» в сторону ул. Телевизорной	2, 38	
«Киренского» в сторону Академгородка		
«Луначарского» в сторону ул. Телевизорной	2, 35, 38	
«Луначарского» в сторону Академгородка		
«Луначарского (по требованию)» в сторону Академгородка	3, 31, 63, 83	5
«Кинотеатр Ударник» в сторону ул. Телевизорной	2, 3, 31, 35, 38, 63, 83	
«Кинотеатр Ударник» в сторону Академгородка		
«Станция Юннатов» в сторону ул. Телевизорной		
«Станция Юннатов» в сторону Академгородка		
«Поликлиника» в сторону ул. Телевизорной		
«Поликлиника» в сторону Академгородка		
«Студгородок» в сторону ул. Телевизорной		
«Студгородок» в сторону Академгородка		
Конечная на «Студгородке»	3	

Максимальное количество маршрутов общественного транспорта, останавливающихся на остановке, восемь, минимально – два. На тех остановочных пунктах, где проходят восемь маршрутов общественного транспорта, наблюдаются очереди ожидающих автобусов, либо недобросовестные водители высаживают пассажиров, не доезжая до места остановки. В этом случае минимальная длина остановочной площадки

должна увеличиваться для остановки хотя бы для двух автобусов одновременно, но при этом не должна превышать 30 м.

Для оценки загруженности остановочных пунктов рассчитаем пропускную способность остановочных пунктов, расположенных по ул. Ак. Киренского по методике [10].

Процесс обслуживания подвижного состава на остановочном пункте состоит из следующих операций:

- заезд на остановочный пункт;
- открытие и закрытие дверей;
- посадка и высадка пассажиров;
- освобождение остановочного пункта. [10]

Таким образом, общее время занятия остановочного пункта транспортной единицей (T_o) можно определить по формуле [10]:

, (2.4)

где t_1 – время, затраченное на маневр заезда на остановочный пункт;

t_2 – время, затраченное на открытие и закрытие дверей;

t_3 – время, затраченное на посадку и высадку пассажиров;

t_4 – время, затраченное на освобождение остановочного пункта.

Время, затраченное на подход и остановку, предлагается определять по формуле [10]:

—
—, (2.5)

где l – промежуток безопасности между транспортными единицами при подходе к остановке, м;

b – замедление при торможении, м/с^2 , по методике [11] установившееся замедление с загрузкой автобуса 0,5 на сухом асфальте равно 5,6 м/с^2.

Время, затраченное на посадку и высадку пассажиров, можно определить по формуле [10]:

———— , (2.6)

где $q_{вх}$, $q_{вых}$ – среднее количество входящих и выходящих пассажиров соответственно, пасс;

$t_{пасс}$ – время, затраченное одним пассажиром на вход или выход, с;

$n_д$ – количество дверей;

$t_{прр}$ – время, необходимое водителю на принятие решения о закрытии дверей.

Время, затраченное на освобождение остановочного пункта, можно рассчитать по формуле [10]:

—
—, (2.7)

где l_o – промежуток безопасности между транспортным средством, отходящим от остановочного пункта, и транспортным средством, приближающимся к остановочному пункту, м;

а – ускорение движения при трогании с места, м/с^2.

В соответствии с приведенной методикой [10] для остановочных пунктов г. Красноярска значения некоторых параметров, необходимых для расчета, можно принять:

- промежуток безопасности между транспортным средством, отходящим от остановочного пункта и транспортным средством, приближающимся к остановочному пункту – не менее 50 м;

- время, затраченное на открытие и закрытие дверей – 3 – 4 с;

- время, необходимое водителю на принятие решения о закрытии дверей – порядка 5 с;

- время на вход или выход пассажира – 1,3 – 1,5 с.

Время, затраченное на подход и остановку, предлагается определять по формуле:

(с).

Время, затраченное на открытие и закрытие дверей:

(с).

Время, затраченное на посадку и высадку пассажиров, можно определить по формуле:

(с).

Время, затраченное на освобождение остановочного пункта, можно рассчитать по формуле:

(с).

Время занятия остановочного пункта транспортной единицей (T_0) можно определить по формуле:

(с).

Пропускная способность автобусной остановки равна [10]:

—, (2.8)

— (авт./час).

В результате, значение пропускной способности на исследуемых остановочных пунктах равно 126 авт./час. В режиме пропускной способности на остановочных пунктах появляются те же проблемы, что и на других участках дорог: подвижной состав создаст очереди, возникнут задержки других транспортных потоков, что может привести к транспортному затору. Вследствие этого, для снижения простоев автобусов в очереди (выполнение ими расписания движения) вынуждают водителей нарушать ПДД, что в свою очередь влечёт повышение аварийности и связанной с этим тяжести последствий. Устройство остановочных пунктов в заездных карманах с требуемой длиной позволяют избежать последствий повышенной загрузки остановки.

С учетом полученных данных проводим качественную оценку остановочных пунктов по ул. Ак. Киренского.

Вид остановочного пункта «Студгородок» на ул. Ак. Киренского в сторону ул. Телевизорной приведен на рисунке 2.8.

По остановочному пункту «Студгородок» на ул. Ак. Киренского в сторону ул. Телевизорной были выявлены следующие нарушения:

1) отсутствие заездного кармана, только местное уширение проезжей части;

2) остановочные пункты разных направлений расположены напротив друг друга, что при данной ширине проезжей части недопустимо;

3) отсутствие пешеходных ограждений;

4) остановочный пункт располагается перед пешеходным переходом, что с точки зрения движения пешеходов небезопасно;

5) напротив остановочного пункта расположен Т-образный перекресток;

6) износ дорожной разметки.

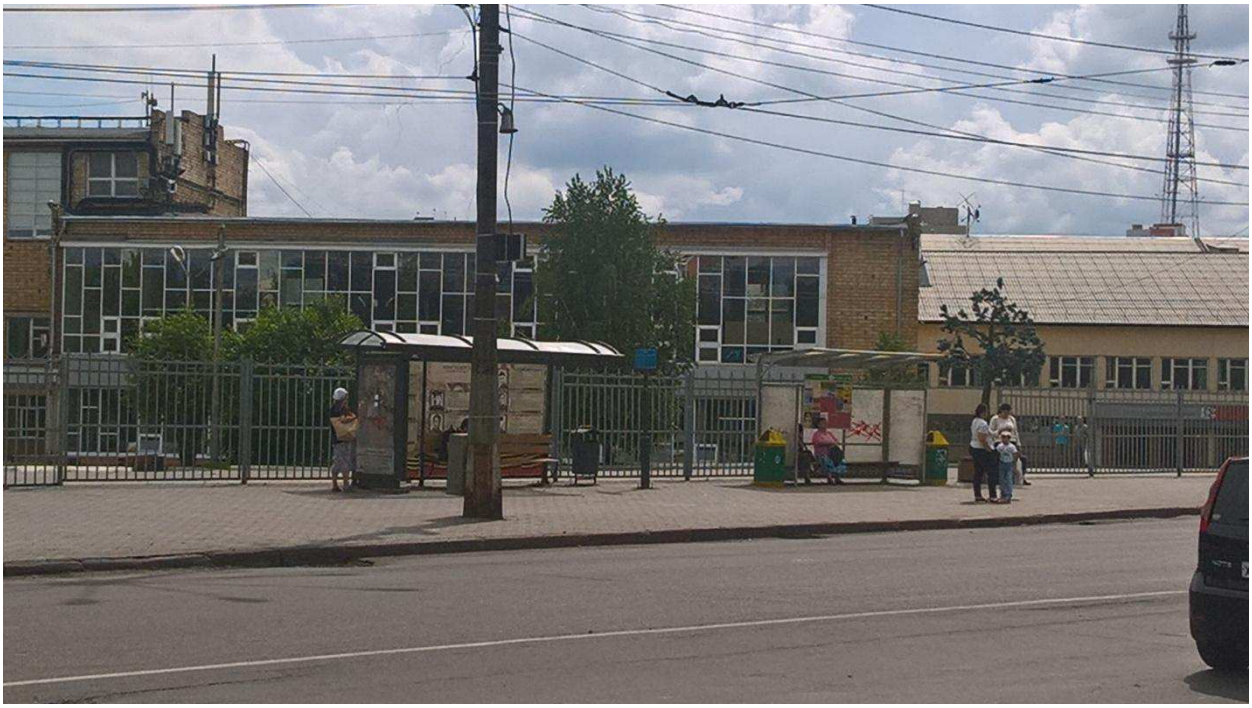


Рисунок 2.8 – Вид остановочного пункта «Студгородок» на ул. Ак. Киренского в сторону ул. Телевизорной

На рисунке 2.9 представлен вид остановочного пункта «Студгородок» на ул. Ак. Киренского в сторону Академгородка.

В ходе обследования были обнаружены следующие недостатки состояния остановочного пункта:

1) недостаточная ширина остановочной площадки;

2) длина остановочной площадки менее 13 м;

3) расположение остановочных пунктов разных направлений относительно друг друга не соответствует нормам;

4) отсутствие пешеходных ограждений от границы посадочной площадки до пешеходного перехода;

5) наземный пешеходный переход расположен менее чем в 5 м от остановочного пункта;

6) остановочный пункт расположен на повороте Т-образного перекрестка;

7) износ дорожной разметки.

Рисунок 2.9 – Вид остановочного пункта «Студгородок» на ул. Ак. Киренского в сторону Академгородка

Все остановочные пункты, приведенные в таблице 2.2, были проанализированы аналогично приведенным выше. Наиболее часто встречающиеся нарушения:

- ширина остановочных площадок менее ширины основных полос движения проезжей части;

- бордюрный камень поврежден, высота посадочной площадки менее 0,2 м;

- расстояние между остановочными пунктами автобусов и троллейбусов встречных направлений не соответствует требованиям;

- отсутствие пешеходных ограждений от границы посадочной площадки до пешеходного перехода;

- небезопасное расположение наземного пешеходного перехода относительно остановочного пункта общественного транспорта;

- износ дорожной разметки.

Большинство остановочных пунктов находится в неудовлетворительном состоянии с жесткими нарушениями требований безопасности и требует реконструкции в ближайшее время.

В таблице 2.5 приведены значения коэффициентов в соответствии с данными таблицы 2.3 для обследуемых остановочных пунктов Октябрьского района г. Красноярска.

По всем остановочным пунктам были обнаружены нарушения требований нормативно-технической документации. Полученные значения итогового коэффициента безопасности лежат в диапазоне от 0,5 до 1. На рисунке 2.10 приведено распределение остановочных пунктов по ул. Ак. Киренского по категориям опасности.

Рисунок 2.10 – Распределение остановочных пунктов по ул. Ак. Киренского по категориям опасности

Таблица 2.5 – Данные расчёта коэффициентов соответствия требованиям безопасности для остановочных пунктов по ул. Ак. Киренского Октябрьского района г. Красноярска

Наименование остановочного пункта	$К_ш$	$К_д$	$К_о$	$К_в$	$К_{шп}$	$К_{дп}$	$К_{вн}$	$К_п$	$К_к$	$К_{свет}$	$К_{по}$	$К_{пп}$	$К_{пер}$	$К_р$	$К_з$	$К_Б$
«Комсомольская площадь» в сторону ул. Телевизорной	0,09	1	1	0,5	1	1	0	0,6	1	1	0	0,7	1	0	1	0,66
«Комсомольская площадь» в сторону Академгородка	1	0,69	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0,5	1	0	1	0,55
«Киренского» в сторону ул. Телевизорной	1	1	1	0,5	1	1	1	0	0	1	0	1	0,68	0,5	1	0,71
«Киренского» в сторону Академгородка	1	1	1	0,75	1	1	1	1	0	1	0	0,9	1	0,5	1	0,81
«Луначарского» в сторону ул. Телевизорной	1	1	1	0,6	1	1	0	0	0	1	0	0,5	1	0	1	0,61
«Луначарского» в сторону Академгородка	1	1	1	0,6	1	1	0	1	0	1	0	0,5	1	0,5	1	0,71
«Луначарского (по требованию)» в сторону Академгородка	1	1	1	0,63	1	1	1	0	0	1	0	0,5	0,6	0,5	0	0,62
«Кинотеатр Ударник» в сторону ул. Телевизорной	1	0,77	1	0,5	0,83	1	0,3	1	0	1	0	1	0	0	1	0,63
«Кинотеатр Ударник» в сторону Академгородка	1	0,5	1	0,5	0,8	1	0,3	0	0	1	0	1	0,24	0	1	0,56
«Станция Юннатов» в сторону ул. Телевизорной	0,29	1	1	0,6	1	1	1	1	0,87	1	1	0,5	1	0	1	0,82
«Станция Юннатов» в сторону Академгородка	0,26	0,77	1	0,63	1	1	1	0,6	0,67	1	0	0	0	0	1	0,6
«Поликлиника» в сторону ул. Телевизорной	1	1	1	0,75	1	1	0,33	0	0	1	0	0,5	0	0	1	0,57
«Поликлиника» в сторону Академгородка	1	1	1	0,4	1	1	0,33	1	0	1	0	0,5	0,2	0	1	0,63
«Студгородок» в сторону ул. Телевизорной	1	1	1	0,5	1	1	0	1	0	1	0	0,5	0	0	1	0,6
«Студгородок» в сторону Академгородка	1	0,77	1	0,5	1	1	0	1	0,67	1	0	0,5	0	0	1	0,63

Все остановочные пункты по ул. Ак. Киренского можно отнести только к двум категориям: повышенной и высокой опасности. При этом большая часть (73 %) относятся к категории высокой опасности, которая требует незамедлительной реконструкции и устранения нарушений требований.

Однако, проведенная количественная оценка может не соответствовать действительности, так как все коэффициенты равнозначны по влиянию на итоговый коэффициент безопасности. Это значит, что коэффициент, который менее влияет на безопасность, сглаживает минимальное значение коэффициента, играющего более значимую роль в обеспечении безопасности на остановочном пункте. Для адекватной оценки остановочных пунктов требованиям безопасности необходимо оценить уровни значимости коэффициентов.

2.6 Анализ методов определения значимости коэффициентов модели

Метод анализа иерархий – математический инструмент системного подхода принятия решений в сложных ситуациях. Суть данного метода заключается в выборе альтернативного решения согласно критериям, расположенным в соответствии с уровнем.

Основные возможности при использовании метода:

- анализ проблемы, разные аспекты которой распределяются по иерархиям;
- сбор информации по проблеме;
- идентификация и минимизация противоречий информации;
- коллективная оценка;
- оценка устойчивости принятого решения;
- оценка важности каждого аспекта проблемы, влияющего на ее решение.

Метод анализа иерархий может служить моделью для получения достоверной формулы итогового коэффициента, но нет необходимости в разделение критериев на кластеры и подкластеры для принятия решения о значимости параметра. В данной задаче каждый параметр должен рассматриваться отдельно, так как определенной связи между ними нет.

Одним из наиболее популярных методов оценки значимости коэффициентов являются методы экспертных оценок. Этот метод позволяет дать обобщенную оценку важности показателя с помощью мнения специалистов (экспертов в данной области). При чем оценка считается достоверной только в том случае, когда мнения экспертов согласованы.

Последовательность действий при использовании метода экспертных оценок следующая:

1 выбор экспертного состава для проведения оценки;

2 выбор параметров оценки, формирование шкалы оценивания параметров;

3 непосредственное проведение оценки значимости параметров экспертной группой и сбор результатов;

4 анализ экспертных оценок: оценка согласованности мнений, оценка компетентности экспертов, интерпретация полученных результатов;

5 формирования итоговой таблицы полученной оценки значимости.

Базисная основа данного метода заключается в мнении специалистов, основанном на научном, практическом и профессиональном опыте.

Методы делятся на индивидуальные и коллективные. Индивидуальные методы подвержены влиянию человеческого фактора, оценка получается субъективной, поэтому будем рассматривать только коллективные методы оценки. Существуют следующие модификации методов коллективной оценки:

- метод совещаний (комиссий);

- метод «круглого стола»;

- метод Дельфи;

- метод «мозговой атаки»;

- метод «суда» и другие.

Единственная модификация, которая имеет возможность количественной оценки, это метод Дельфи. Простейший способ получения обобщенной оценки – нахождение среднего значения.

Тогда, используя метод Дельфи, получим формулу итогового коэффициента следующего вида:

, (2.9)

где $К_i$ – коэффициенты безопасности согласно таблице 2.1;

g_i – уровень значимости i-того коэффициента. При этом [12]:

. (2.10)

Степень согласованности экспертного мнения оценивают с помощью коэффициента конкордации, который вычисляют по формуле [12]:

———, (2.11)

где S – суммы квадратов отклонений сумм рангов, полученных по каждому критерию, от средней суммы рангов;

m – число экспертов;

n – количество критериев оценивания.

Исходя из проведенного анализа методов определения значимости коэффициентов, приходим к выводу о том, что в данном случае наиболее приемлемым и достоверным является метод Дельфи. С помощью данного метода была выведена формула (2.9) для определения итогового

коэффициента безопасности. При допустимом значении коэффициента конкордации результат можно считать истинным.

При подробном изучении вопроса и выражении итогового коэффициента его функциональная зависимость может выражаться и нелинейной детерминированной моделью, которая обладает большей точностью и гибкостью. Наиболее распространенными среди нелинейных моделей при описании технических систем являются:

- полиномиальные функции [13]:

, (2.12)

- позиномные функции [13]:

, (2.13)

- тригонометрические функции [13]:

, (2.14)

- экспоненциальные функции [13]:

. (2.15)

Обычно задачи нелинейного программирования сводят путем преобразований к линейной модели, решение которой близко по значению к оптимальному. Таким образом, вывод формулы итогового коэффициента представляется сложной задачей на данном этапе и требует полного анализа факторов, влияющих на его значение.

В соответствии с разработанной методикой исследования проведено обследование 184 остановочных пунктов в Октябрьском районе г. Красноярска. По результатам обследования была построена гистограмма распределения количества остановочных пунктов с нарушениями требований по безопасности (рисунок 2.7). Для обработки и анализа результатов обследования были применены математические методы статистической обработки данных.

Выявлены наиболее часто встречающиеся виды нарушений:

- отсутствие дорожной разметки, соответствующей ГОСТу (99.5%);

- отсутствие пешеходных ограждений (74.5%);

- расположение наземного пешеходного перехода относительно остановочного пункта (54.9%).

Исходя из критериев оценки определили коэффициенты соответствия требованиям безопасности для остановочных пунктов городского общественного транспорта (таблица 2.3) Итоговый коэффициент безопасности ($К_Б$) для остановочных пунктов получен как среднее арифметическое коэффициентов соответствия.

В зависимости от полученного значения итогового коэффициента безопасности остановочные пункты были распределены по категориям:

1) низкой опасности ($К_Б = 0,9 – 1$);

2) повышенной опасности ($К_Б = 0,7 – 0,9$);

3) высокой опасности ($К_Б = 0,5 – 0,7$);

4) особой опасности ($К_Б = 0 – 0,5$).

На основании категорирования были оценены остановочные пункты по ул. Ак. Киренского, которая является одной из улиц для движения участников Универсиады-2019. По категориям остановочные пункты по ул. Ак. Киренского распределились следующим образом: 27% – повышенной опасности; 73% – высокой опасности (рисунок 2.10).

Данные значения распределения показывают, что требуется принятие срочных мер для обеспечения безопасности остановочных пунктов.

3 Разработка мероприятий по обеспечению безопасности на остановочных пунктах городского общественного транспорта

По результатам проведенных обследований необходимо рассмотреть следующие практические вопросы:

- проект совершенствования обеспечения безопасности остановочных пунктов по ул. Ак. Киренского;
- организация наземных пешеходных переходов у остановочных пунктов;
- мероприятия по повышению безопасности остановочных пунктов;
- моделирование видов ДТП с применением программы PC-Crash.

Проведение XXIX Всемирной зимней Универсиады-2019 требует разработки комплекса мероприятий по совершенствованию организации движения и обеспечению безопасности на остановочных пунктах, которые будут предложены на примере остановочных пунктов «Студгородок», «Поликлиника», «Станция Юннатов» и «Кинотеатр Ударник».

3.1 Проект совершенствования обеспечения безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта по ул. Ак. Киренского

По ул. Ак. Киренского располагаются остановочные пункты, которые являются точками тяготения пешеходных потоков. Большая часть пассажиров в этом районе – студенты, то есть целевая аудитория Универсиады-2019. Это говорит о том, что возникнет острая необходимость в должной организации транспортной инфраструктуры с учетом требований ФИСУ, а также нормативно-технической документацией РФ.

Остановочные пункты «Студгородок», «Поликлиника», «Станция Юннатов», «Кинотеатр Ударник» отнесены к категории высокой опасности в

соответствии с пунктом 2.4. Схема расположения остановочных пунктов по ул. Ак. Киренского на карте г. Красноярске приведена на рисунке 3.1.

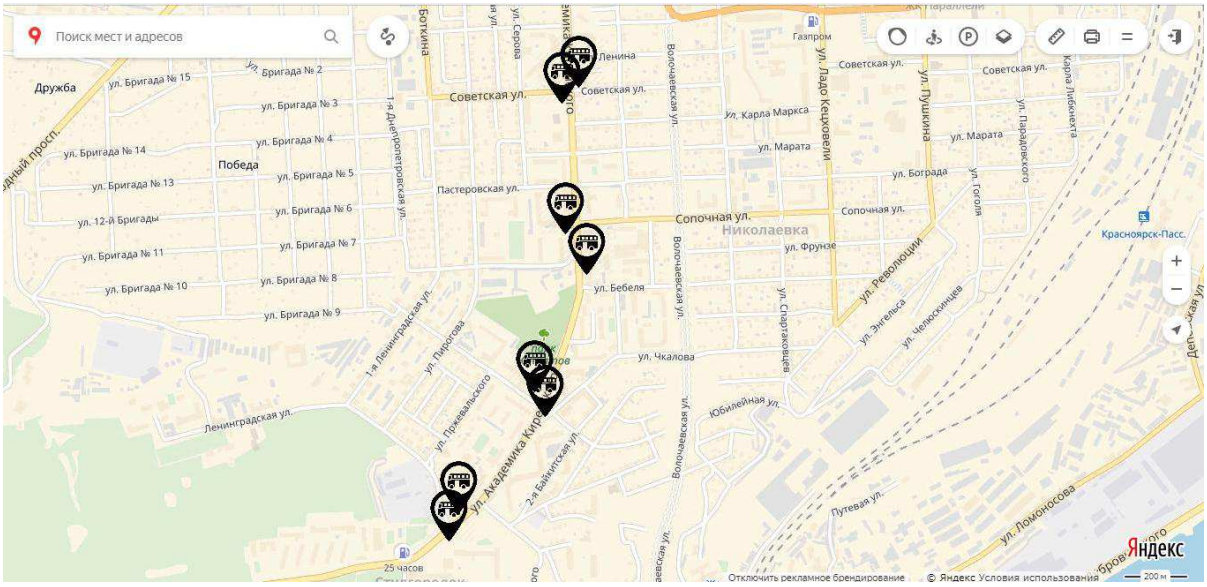


Рисунок 3.1 – Схема расположения рассматриваемых остановочных пунктов по ул. Ак. Киренского на карте г. Красноярске

Организация движения на УДС возле остановочных пунктов разных направлений «Студгородок» на ул. Ак. Киренского имеет двустороннее движение в две полосы в каждую сторону. На рисунке 3.2 представлена существующая ОДД на участке УДС возле остановочных пунктов разных направлений «Студгородок» на ул. Ак. Киренского.

Остановочный пункт «Студгородок» в сторону Академгородка расположен на перекрестке ул. Ак. Киренского – ул. Ленинградская, поэтому остановка будет перенесена в сторону ул. Телевизорная вместе с пешеходным переходом, обустроена заездным «карманом» шириной 3,5 м. Остановочный пункт «Студгородок» в сторону ул. Телевизорная не может быть перенесен, хотя расположена напротив перекрестка, в связи с большой концентрацией пешеходным потоков и наибольшим удобством для них, поэтому наилучшим вариантом для обеспечения безопасности является

оборудование боллардами. На рисунке 3.3 представлена проектная схема ОДД возле остановочных пунктов разных направлений «Студгородок» по ул. Ак. Киренского.

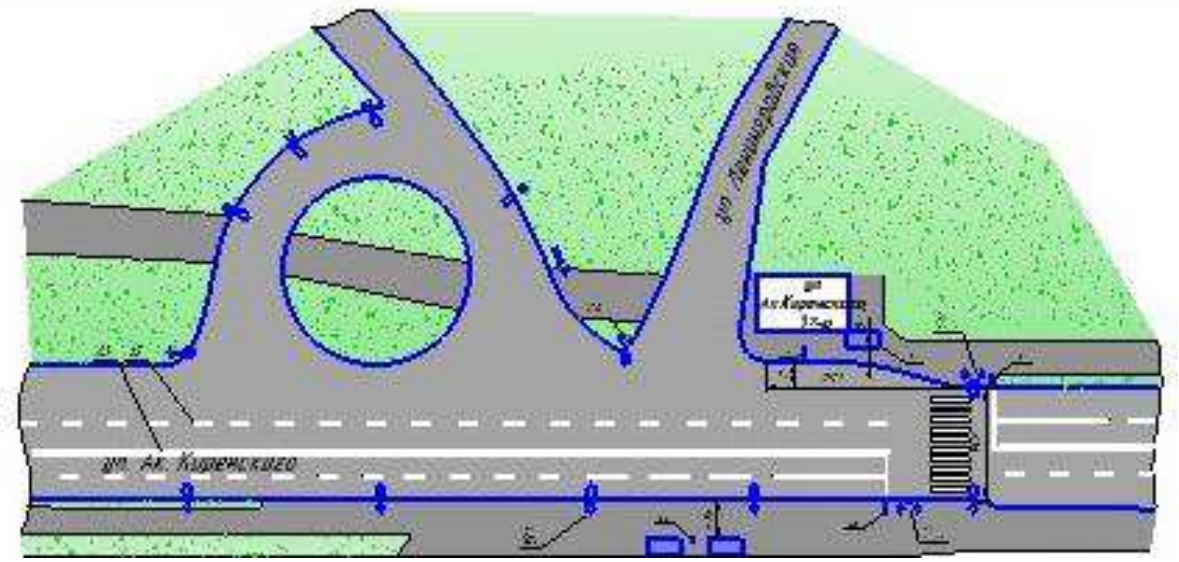


Рисунок 3.2 – Схема существующей ОДД на участке УДС возле остановочных пунктов «Студгородок» на ул. Ак. Киренского

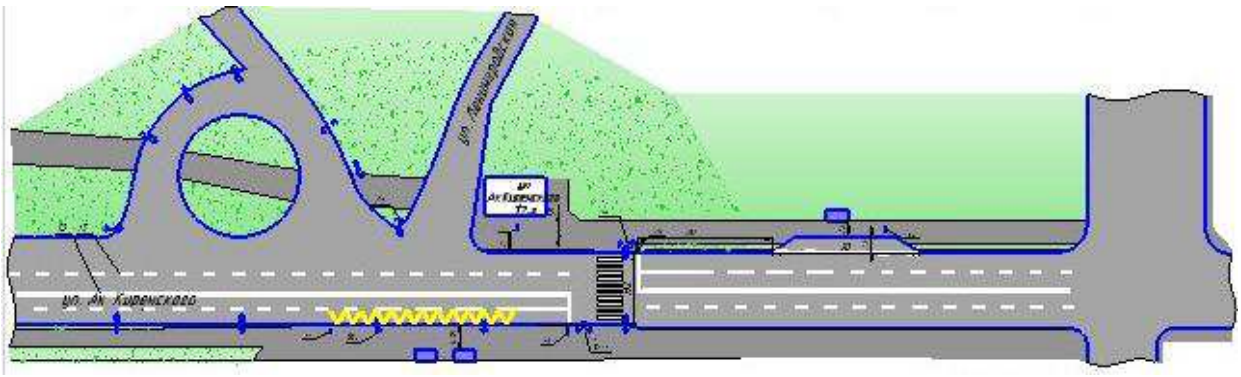


Рисунок 3.3 – Схема проектируемой ОДД возле остановочных пунктов разных направлений «Студгородок» на ул. Ак. Киренского

В таблице 3.1 представлена дислокация дорожных знаков, а в таблице 3.2 – дорожной разметки на остановочных пунктах «Студгородок» по ул. Ак. Киренского.

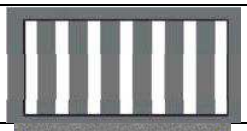
Таблица 3.1 – Дислокация дорожных знаков на остановочных пунктах «Студгородок» по ул. Ак. Киренского

Вид	Номер и наименование	Место установки	Количество	Способ установки
	5.16 «Место остановки автобуса и(или) троллейбуса»	ул. Ак. Киренского	2	стойка
	5.19.1/2 «Пешеходный переход»	ул. Ак. Киренского	2	стойка
	6.16 «Стоп-линия»	ул. Ак. Киренского	2	стойка

Таблица 3.2 – Дислокация дорожной разметки на остановочных пунктах «Студгородок» по ул. Ак. Киренского

Вид	Номер разметки	Тип разметки	Место нанесения
	1.1	сплошная	ул. Ак. Киренского непосредственно перед пешеходным переходом до разметки 1.12
	1.3	двойная сплошная	ул. Ак. Киренского по всей протяженности
	1.5	прерывистая	до пешеходного перехода перед разметкой 1.6
	1.6	линия приближения	до пешеходного перехода перед разметкой 1.1
	1.11	сплошная с прерывистой	в заездном «кармане» на остановочном пункте

Окончание таблицы 3.2

Вид	Номер разметки	Тип разметки	Место нанесения
	1.12	стоп-линия	непосредственно перед регулируемым пешеходного перехода
	1.14.1	пешеходный переход «зебра»	на пешеходном переходе
	1.17	ломаная	место остановки

Возле остановочного пункта «Поликлиника» организовано двустороннее движение транспортных средств в одну полосу в каждую сторону, однако, автомобили едут в две полосы, так как ширина проезжей части соответствует трем полосам движения по СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», а интенсивность потока такова, что при движении в 2 полосы возникает заторовая ситуация. На рисунке 3.4 приведена схема существующей ОДД возле остановочных пунктов разных направлений «Поликлиника».

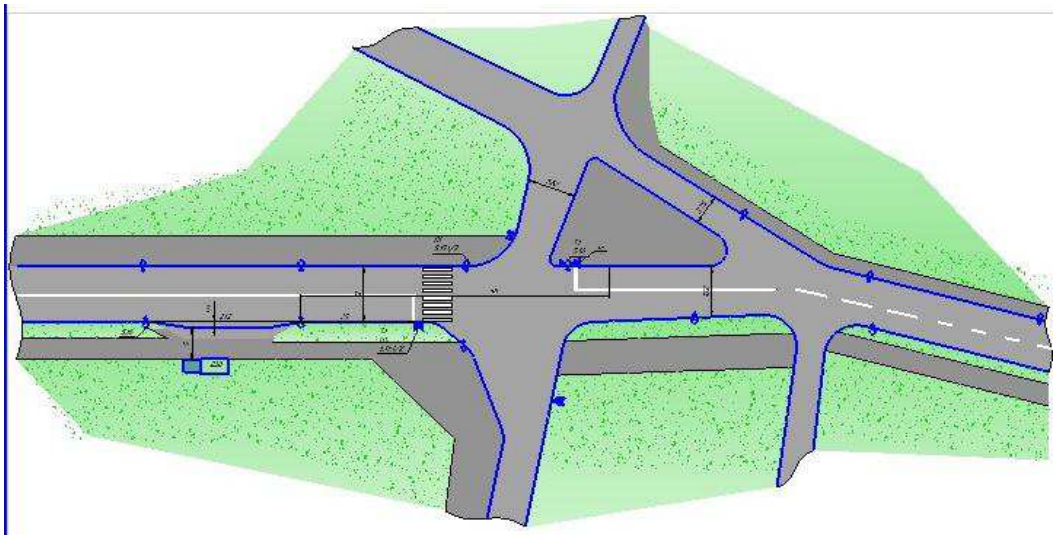


Рисунок 3.4 – Схема существующей ОДД возле остановочных пунктов «Поликлиника» на ул. Ак. Киренского

Проезжая часть будет расширена до 15 м по ул. Ак. Киренского, остановочный пункт «Поликлиника» в сторону ул. Телевизорная будет перенесен в сторону остановочного пункта «Станция Юннатов». Остановочный пункт «Поликлиника» в сторону Академгородка будет отнесен от перекрестка на 40 м. На рисунке 3.5 представлена схема проектируемой ОДД возле остановочных пунктов «Поликлиника».

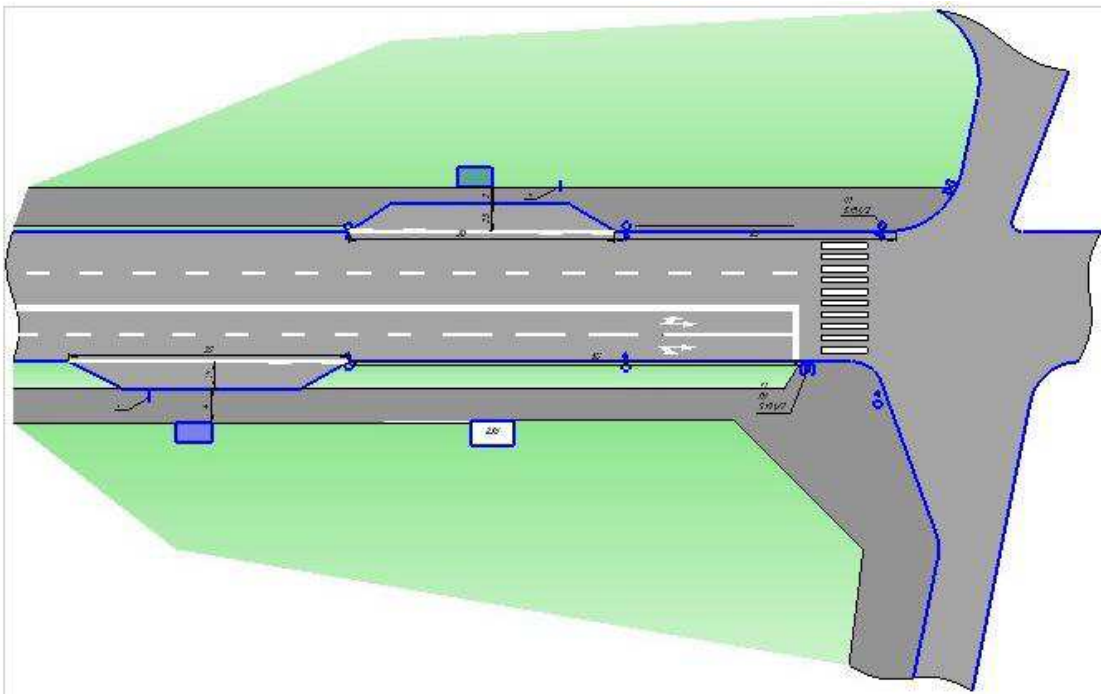


Рисунок 3.5 – Схема проектируемой ОДД возле остановочных пунктов «Поликлиника» на ул. Ак. Киренского

Дислокация дорожных знаков и дорожной разметки аналогична дислокации на остановочных пунктах «Студгородок», представленной в таблицах 3.1 и 3.2.

Возле остановочных пунктов «Станция Юннатов» также не хватает ширины проезжей части, поэтому полосы движения необходимо расширить. Остановочный пункт «Станция Юннатов» в сторону Академгородка находится на перекрестке ул. Ак. Киренского – ул. Сопочная без заездного «кармана». Также сразу за остановочным пунктом расположен регулируемый

пешеходный переход, остановка автобусов затрудняет проезд автомобилей на светофоре. На рисунке 3.6 приведена схема существующей ОДД возле остановочного пункта «Станция Юннатов» по ул. Ак. Киренского.

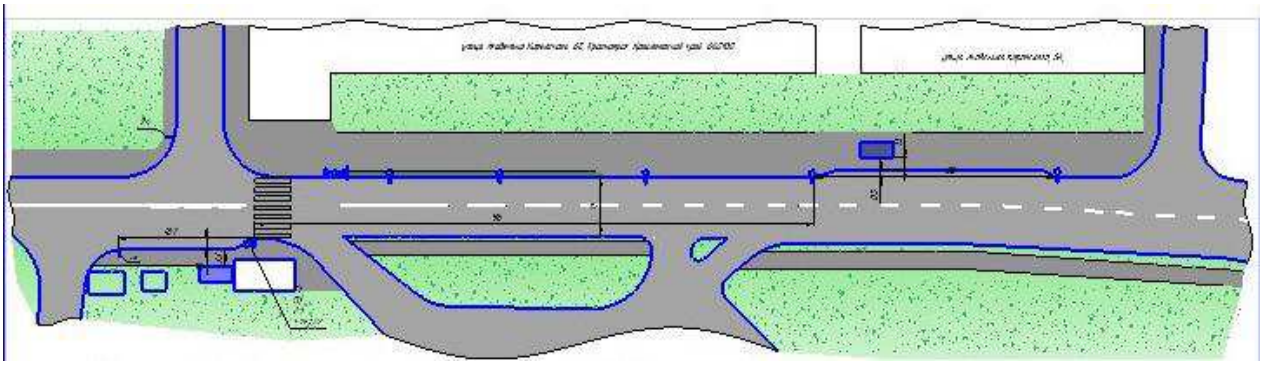


Рисунок 3.6 – Схема существующей ОДД возле остановочного пункта «Станция Юннатов» на ул. Ак. Киренского

Остановочный пункт «Станция Юннатов» будет перенесен в сторону Академгородка и обустроен напротив остановочного пункта обратного направления, оба заездных «кармана» расширены до 3,5 м. Схема проектируемой ОДД остановочных пунктов «Станция Юннатов» на ул. Ак. Киренского представлена на рисунке 3.7.

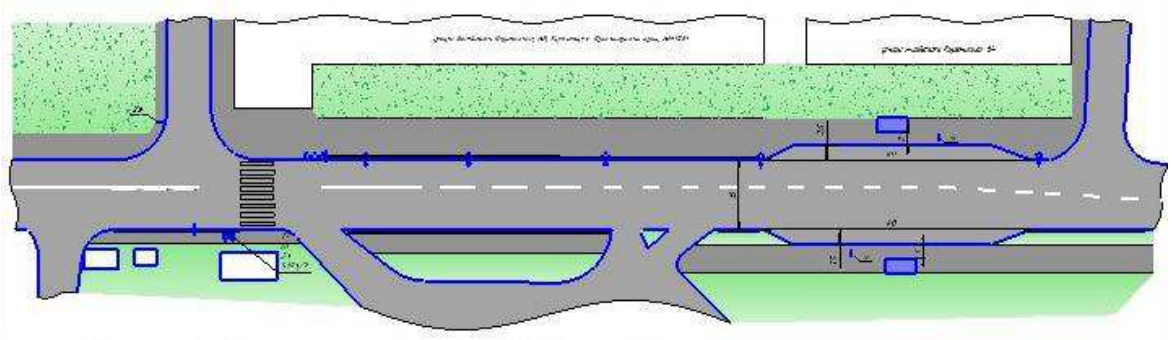


Рисунок 3.7 – Схема проектируемой ОДД остановочных пунктов «Станция Юннатов» на ул. Ак. Киренского

Дислокация дорожных знаков и дорожной разметки аналогична дислокации на остановочных пунктах «Студгородок», которая приведена в таблицах 3.1 и 3.2.

ОДД возле остановочных пунктов «Кинотеатр Ударник» по ул. Ак. Киренского требует изменений и переноса остановок. Также, как и в предыдущих случаях проезжая часть должна быть расширена. На рисунке 3.8 представлена схема существующей ОДД при остановочных пунктах «Кинотеатр Ударник» на ул. Ак. Киренского.

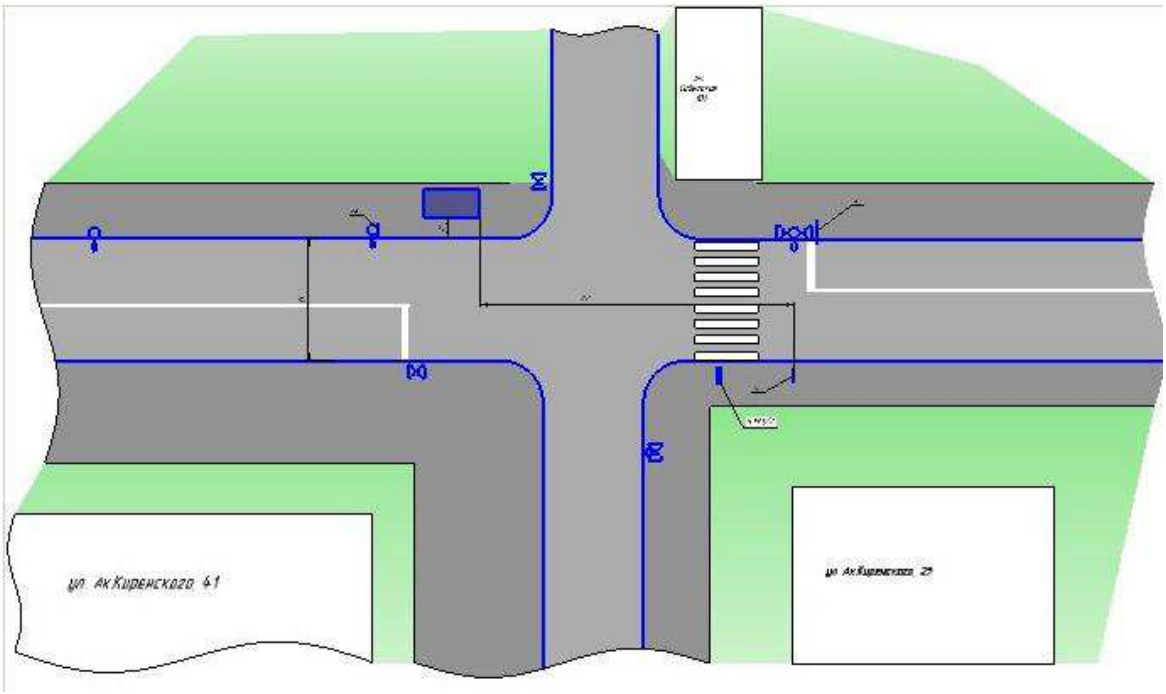


Рисунок 3.8 – Схема существующей ОДД при остановочных пунктах «Кинотеатр Ударник» на ул. Ак. Киренского

Расположение дорожных знаков и дорожной разметки аналогична дислокации на остановочных пунктах «Студгородок» на ул. Ак. Киренского, представленной в таблице 3.1 и 3.2.

В соответствии с ГОСТ Р 52766-2007 остановочные пункты необходимо отнести на расстояние 40 м до перекрестка и 25 м – за

перекрестком. В обоих случаях будут организованы заездные «карманы», чтоб совершающий посадку-высадку пассажиров общественный транспорт не создавал помех основному потоку. Схема проектируемой ОДД возле остановочных пунктов «Кинотеатр Ударник» на ул. Ак. Киренского представлена на рисунке 3.9.

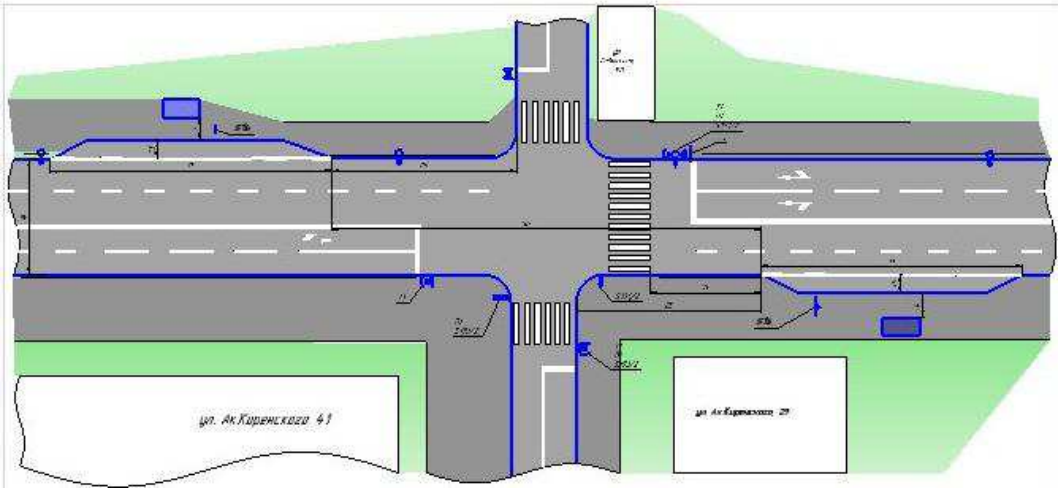


Рисунок 3.9 – Схема проектируемой ОДД возле остановочных пунктов «Кинотеатр Ударник» на ул. Ак. Киренского

При организации остановочных пунктов городского общественного транспорта необходимо учитывать требования нормативно-технической документации, однако, в условиях сложившейся застройки приходится более гибко планировать обустройство объектов транспортной инфраструктуры. Рассмотренные схемы ОДД при остановочных пунктах городского общественного транспорта являются типичными для г. Красноярска, поэтому мероприятия по реорганизации, предложенные в работе, применимы практически ко всем остановочным пунктам на УДС Октябрьского района.

3.2 Организация наземных пешеходных переходов у остановочных пунктов городского общественного транспорта

При определении параметров оценки остановочных пунктов общественного транспорта рассматривается расположение наземного пешеходного перехода относительно остановки.

Остановочный пункт – точка тяготения пешеходных потоков, а, значит, требует организации пешеходных подходов к ней. Во избежание несанкционированного перехода людей через проезжую часть в местах скопления людей организуют пешеходные переходы.

Согласно требованиям нормативно-технической документации, наземный пешеходный переход располагают на расстоянии 5 м перед остановочным пунктом городского общественного транспорта. Это необходимо для обеспечения попадания пешехода при переходе через проезжую часть в треугольник видимости водителя.

В соответствии с СП 42.13330-2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» для условий «пешеход-транспорт» длины катетов прямоугольного треугольника видимости при скорости движения автомобилей 60 км\ч должны быть равны 10 и 50 м. В пределах треугольника видимости не допускается размещать насаждения, заградительные элементы высотой более 0,5 м. В случаях, когда невозможно организовать треугольники видимости в условиях капитальной застройки, безопасность движения пешеходов обеспечивают средствами регулирования и специального технического оборудования.

Для выбора вариантов размещения наземного пешеходного перехода относительно остановочного пункта городского общественного транспорта необходимо выполнить схемы возможного расположения объектов инфраструктуры.

1 Расположение наземного пешеходного перехода за остановочным пунктом без заездного «кармана».

На рисунке 3.10 приведена схема расположения наземного пешеходного перехода за остановочным пунктом без заездного «кармана». На рисунке 3.10 (а) в треугольник видимости попадает автобус, стоящий на остановке. Такое расположение наземного пешеходного перехода влияет на безопасного нахождения пешехода на проезжей части, водителя автомобиля вовремя не увидит идущего человека и не успеет остановиться, что приведет к ДТП.

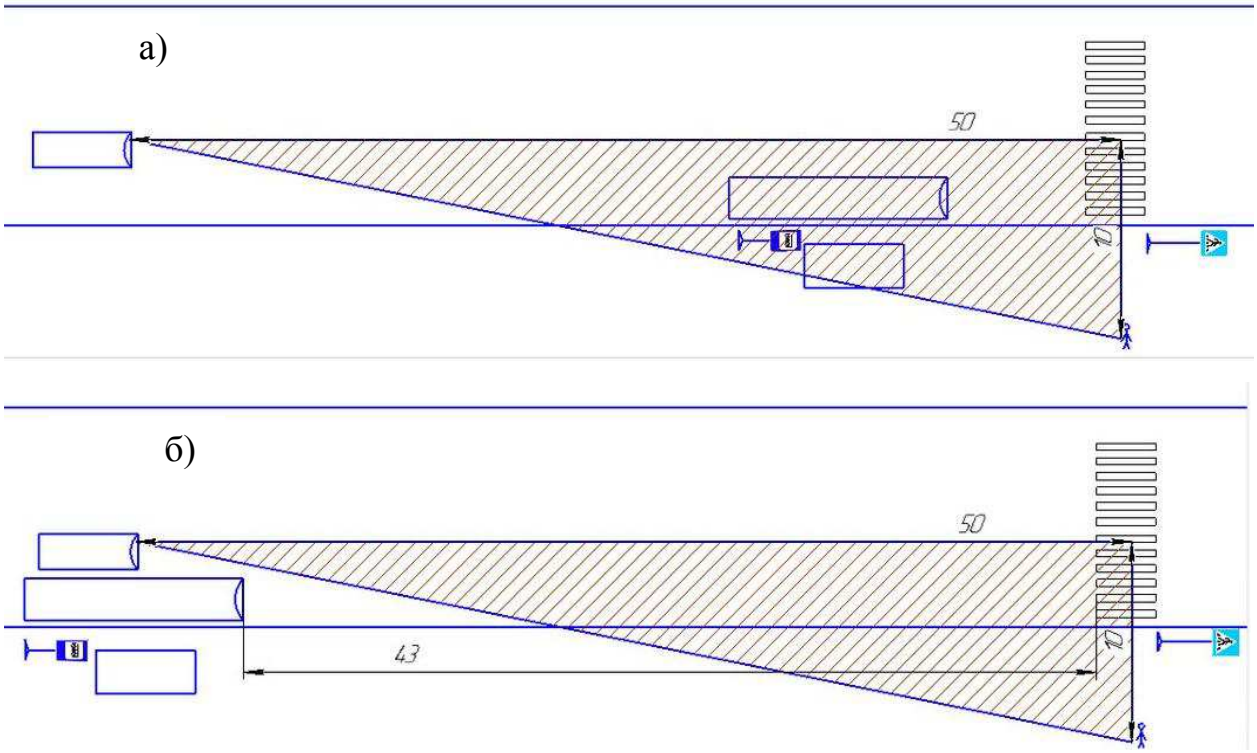


Рисунок 3.10 – Схема расположения наземного пешеходного перехода за остановочным пунктом без заездного «кармана»

а) вблизи остановочного пункта

б) отнесенный на некоторое расстояние

Однако, в случаях, когда по-другому невозможно расположить наземный пешеходный переход, можно отнести его от остановочного на

расстояние 43 м в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3.10 (б).

2 Расположение наземного пешеходного перехода за остановочным пунктом с заездным «карманом», регламентированных размеров.

На рисунке 3.11 представлены схемы расположения наземного пешеходного перехода за остановочным пунктом с заездным «карманом». Как можно заметить, на схеме 3.11 (а) при размещении остановочного пункта перед наземным пешеходным переходом, оборудование первого заездным «карманом» не меняет ситуации. Такое расположение недопустимо.

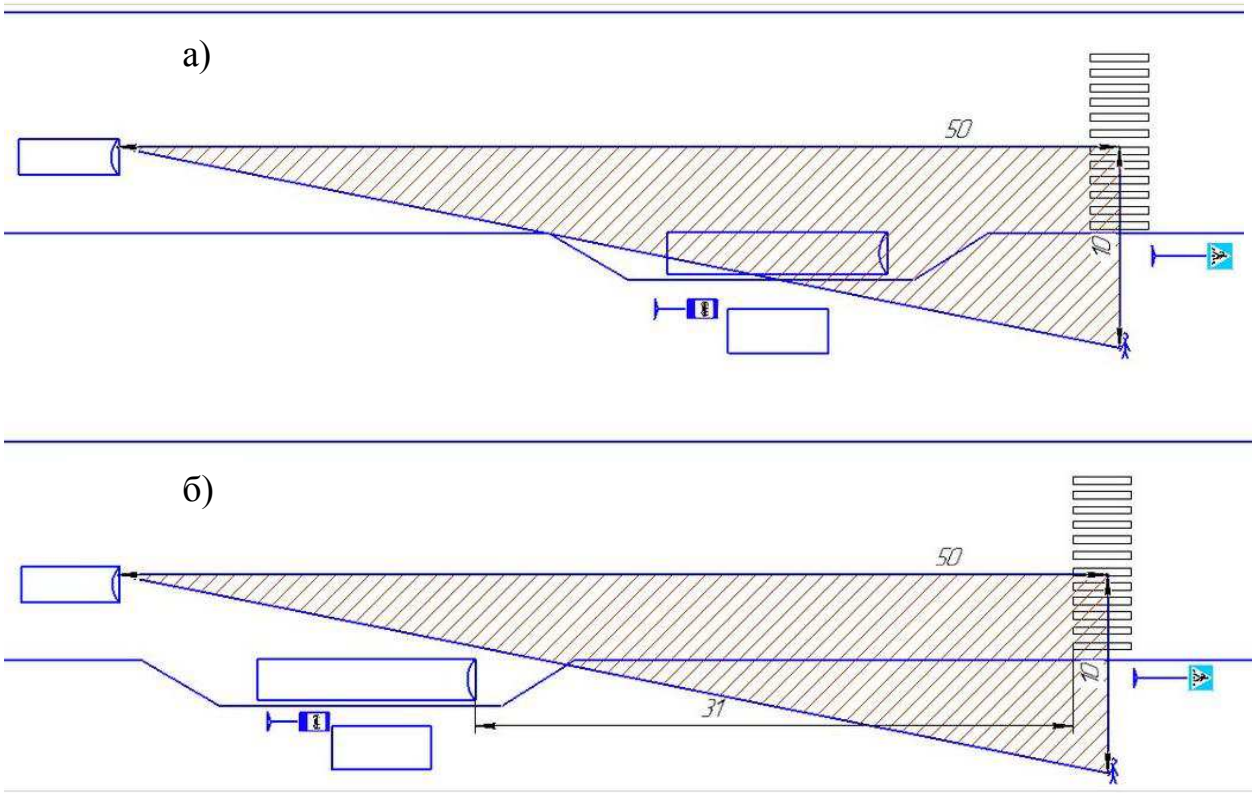


Рисунок 3.11 – Схема расположения наземного пешеходного перехода за остановочным пунктом с заездным «карманом»

а) вблизи остановочного пункта

б) отнесенный на расстояние от остановочного пункта

Тем не менее в условиях капитальной застройки располагать остановочный пункт с заездным «карманом» перед наземным пешеходным переходом возможно, если последний отнести на расстояние 31 м, как показано на рисунке 3.11 (б).

3 Расположение наземного пешеходного перехода перед остановочным пунктом без заездного «кармана»

На рисунке 3.12 показана схема расположения наземного пешеходного перехода перед остановочным пунктом без заездного «кармана». Она полностью удовлетворяет требованиям видимости.

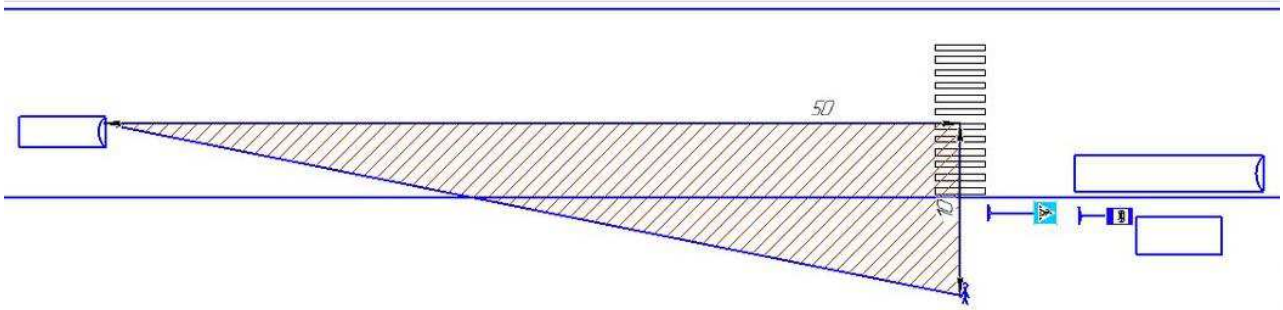


Рисунок 3.12 – Схема расположения наземного пешеходного перехода перед остановочным пунктом без заездного «кармана»

4 Расположение наземного пешеходного перехода перед остановочным пунктом с заездным «карманом», регламентированных размеров

На рисунке 3.13 представлена схема расположения наземного пешеходного перехода перед остановочным пунктом с заездным «карманом». При таком размещении объектов инфраструктуры обеспечивается безопасность движения пешеходов через проезжую часть.

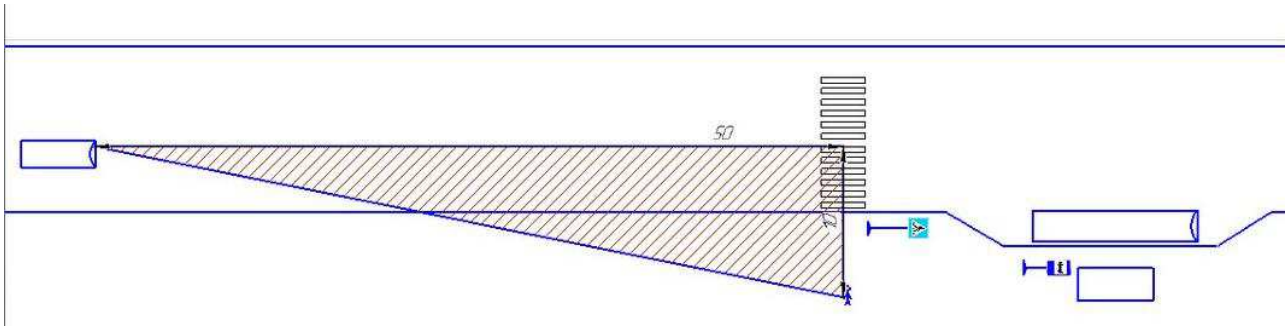


Рисунок 3.13 – Схема расположения наземного пешеходного перехода перед остановочным пунктом с заездным «карманом»

Таким образом, при расположении пешеходного перехода относительно остановочного пункта необходимо учитывать треугольники видимости для избежание аварийных ситуаций. Из проанализированных схем имеются те, которые удовлетворяют условиям обеспечения безопасности: расположение наземного пешеходного перехода за остановочным пунктом без заездного «кармана» (либо с заездным «карманом»), отнесенного на расстояние 43 м (31 м – с заездным «карманом»), расположение наземного пешеходного перехода перед остановочным пунктом без заездного «кармана» (либо с заездным «карманом»). Наличие данных схем размещения позволяет воплотить разные варианты в условиях сложившейся застройки, при этом обеспечивая соответствующий уровень безопасности для пешеходов.

3.3 Мероприятия по повышению безопасности остановочных пунктов городского общественного транспорта

Даже при организации остановочного пункта в соответствии со всеми требованиями нормативно-технической документации не исключены случаи вылета автомобилей на посадочную площадку и площадку ожидания. Для

того, чтобы предотвратить подобные ДТП, устанавливают дополнительные заграждающие устройства – болларды.

Болларды – это специальные устройства, предназначенные для временного перекрытия дороги, предотвращения несанкционированного доступа транспортных средств, ограждения тротуаров и пешеходных аллей.

В зависимости от своей мобильности болларды делятся на четыре группы:

- выдвижные (автоматические) болларды;
- полуавтоматические;
- съемные болларды;
- стационарные болларды.

Выдвижной или заградительный элемент болларда – собственно выдвижной столб. Столбы выдвигаются за счет встроенного или внешнего привода из земли, состоят из подземной части (цоколя), в которой располагаются элементы привода, автоматика, подогрев и элементы контроля положения.

Съемные болларды имеют две составляющие части – цоколь и заградительный элемент, который монтируется на стационарном цоколе с помощью специальных фиксирующих устройств. Заградительный элемент болларда может быть демонтирован для обеспечения временного проезда транспортных средств.

Стационарные болларды – это заградительные устройства, которые стационарно устанавливаются на проезжей части или вдоль тротуара, ограничивая тем самым проезд транспортных средств. Ярким примером стационарного болларда являются тротуарные столбики, расположенные вдоль дорог в центрах европейских городов, которые появляются и в крупных российских городах.

Если более подробно остановится на конструкции автоматических боллардов, то их разновидностей на рынке представлено множество. Основными характеристиками являются следующие:

- диаметр столба, расположенного на поверхности;

- высота выдвижного элемента или возвышение над проезжей частью;

- толщина стенки болларда;

- тип используемого привода (электромеханические, гидравлические с внешней или встроенной гидростанцией, пневматические)

- удерживающие характеристики;

- пригодность применения в желаемой климатической зоне;

- время поднятия;

- способ управления (ручной или с помощью пульта управления).

Виды боллардов в зависимости от конструкции схематически представлены на рисунке 3.14.

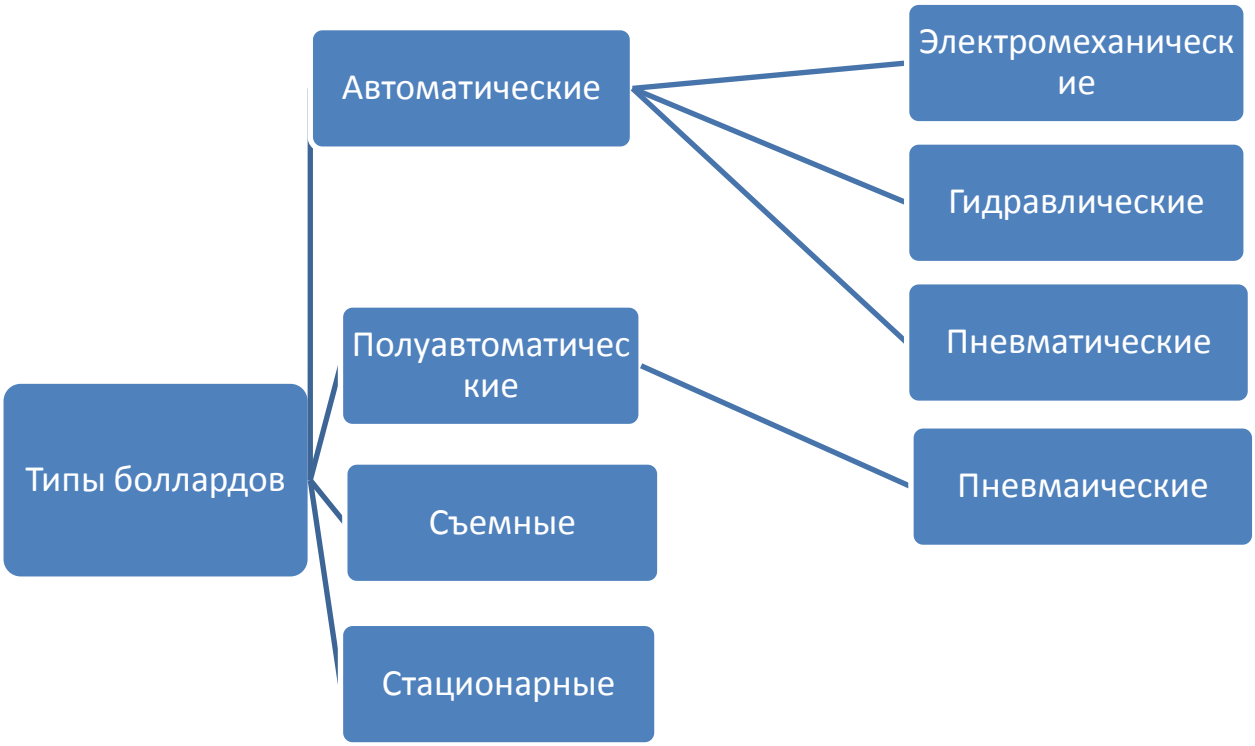


Рисунок 3.14 – Виды боллардов в зависимости от конструкции

Общая схема установки автоматических боллардов представлена на рисунке 3.15. При использовании в конструкции заградительных элементов разных типов привода видоизменяется и схема установки.

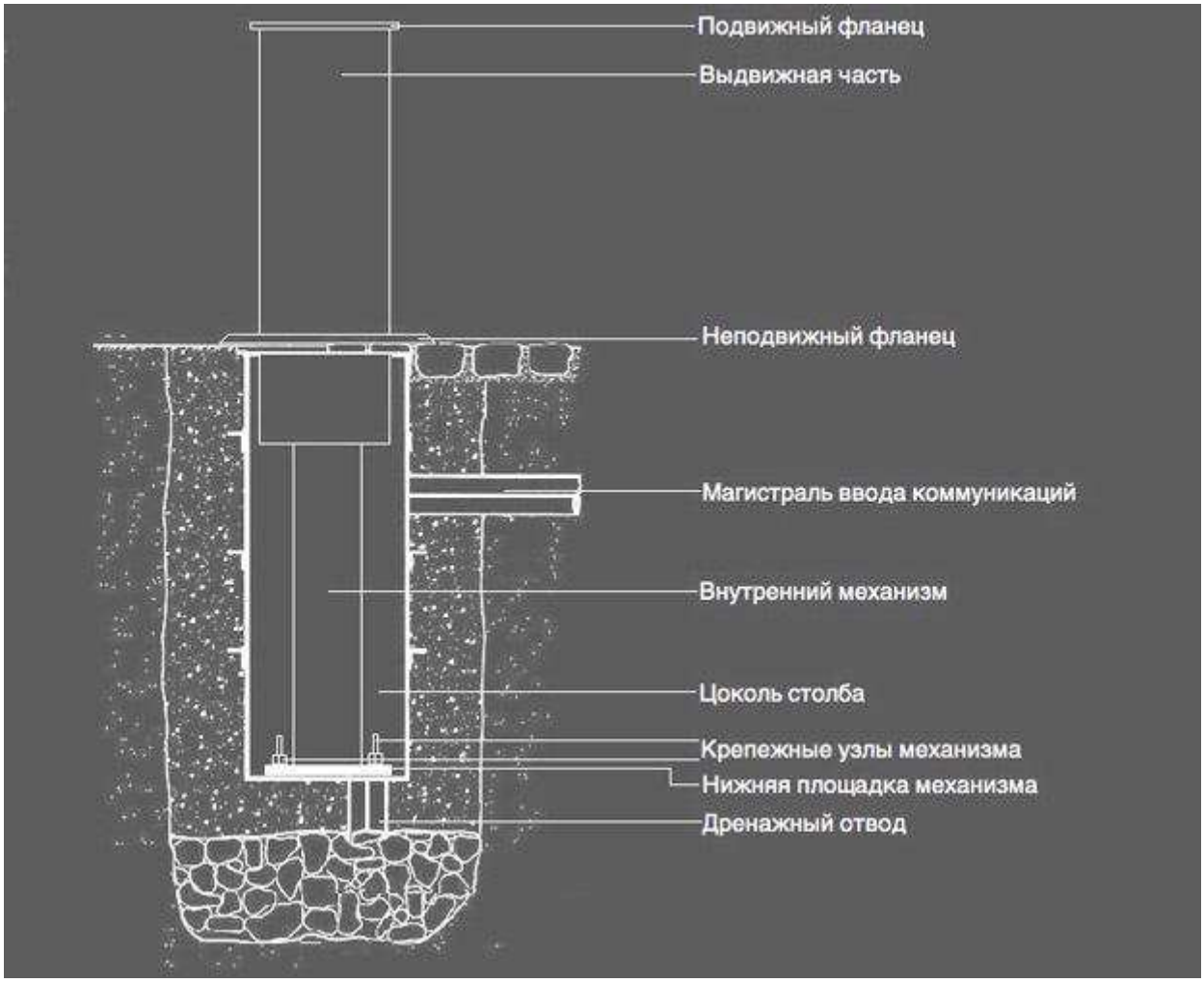


Рисунок 3.15 – Общая схема установки автоматических боллардов

Первым видом является пневматический привод. Он достаточно быстро поднимается, но для его работы обязательным условием является наличие работающей компрессорной станции. Такая установка ведет к шумовому загрязнению городской среды, поэтому обычно монтируют на территориях заводов.

Гидравлические болларды со встроенной гидростанцией несколько удобнее, если нет возможности прокладки специальной гидромагистрали.

Это экономит пространство территории при размещении насосной станции. Ко всему прочему у этого варианта имеется дополнительная защита от погодных климатических изменений.

Гидравлические болларды с внешней гидростанцией требуют четкой организации места под соответствующее оборудование. Это достаточно мощное и сложное инженерное сооружение. Такие болларды характеризуются высокой степенью защиты. Способствует этому факту особенность большой массы подвижного цилиндра. На рисунке 3.16 представлена схема устройства блокиратора с гидравлическим приводом.

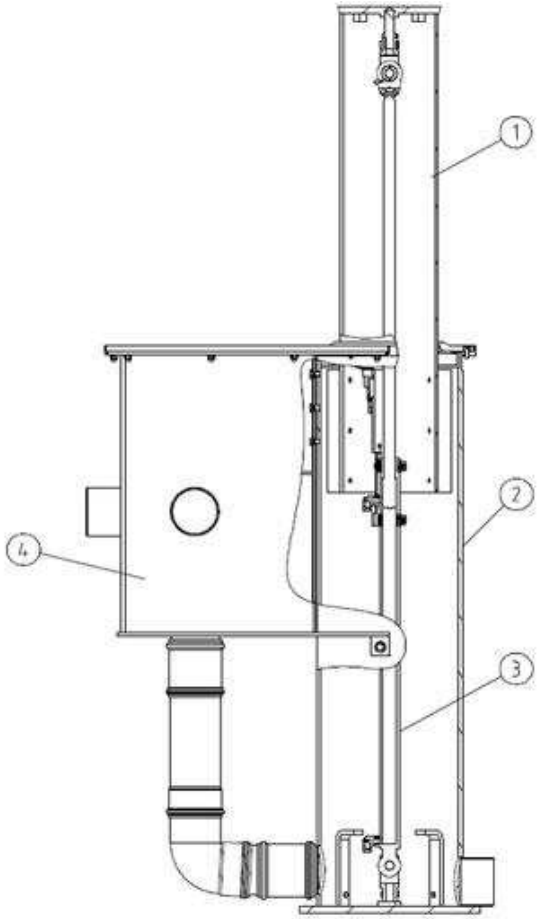


Рисунок 3.16 – Схема устройства блокиратора с гидравлическим приводом

1 – столб блокиратора

2 – монтажное основание

3 – гидравлический цилиндр

4 – блок управления гидравлическим модулем

Особенными преимуществами пневматических боллардов являются невысокая стоимость в сравнении с гидравлическими и пневматическими, компактные размеры и достаточная простота установки, а также в случае необходимости переустановка.

Полуавтоматические болларды имеют газовую пружину, что упрощает технологию их производства, но уменьшает комфортные условия использования.

Также болларды можно классифицировать по их удерживающей способности на противотаранные и заградительные.

Противотаранные болларды предназначены для применения на объектах с реальной угрозой террористической атаки или где существует опасность не контролируемого выезда транспортных средств на территорию, где находятся люди. Основная задача противотаранных боллардов гарантированно остановить таранящее транспортное средство и нанести ему урон, не позволяющий двигаться дальше, что должно быть подтверждено испытаниями.

Заградительный боллард, или легкий противотаранный боллард, предназначен для регулирования потоков транспортных средств, например, въездов во дворы или на территорию частных парковок. Данные модели боллардов должны выдерживать легкие удары транспортных средств без ущерба для конструкции болларда, но они не рассчитаны на предотвращения реальной опасности.

При установке боллардов необходимо учитывать, что расстояние между ними должно быть таким, чтобы автомобиль не смог проехать между блокираторами. Ниже на рисунке 3.17 приведена схема установки боллардов, исполненная для проезда шириной 6 м.

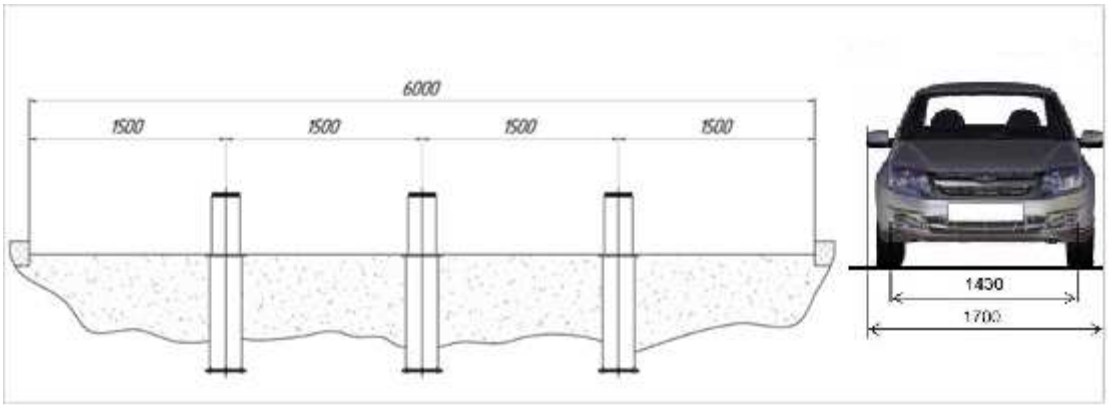


Рисунок 3.17 – Схема установки боллардов, исполненная для проезда шириной 6 м

Максимальное расстояние между осями боллардов принимается 1500 мм. Как видно, ширина среднестатистического автомобиля для России автомобиля Lada Granta составляет 1700 мм.

Таким образом, в городской среде для обеспечения безопасности на остановочных пунктах общественного транспорта наиболее целесообразна установка стационарных боллардов, так как их конструкция помимо необходимых прочностных характеристик, сравнительно дешевле прочих. Однако, наиболее отвечают комфортным и безопасным условиям автоматические болларды, а именно, гидравлические, так как создают меньше шумовой нагрузки и способны работать в климатических условиях Сибирской территории России.

Для оценки эксплуатационных характеристик заградительных боллардов необходимо провести расчет на прочность конструкции. Если груз Q действует на систему статически, то ее деформация будет равна $\delta_{ст}$. Если тот же груз с некоторой скоростью v окажет воздействие на систему, то ее деформация будет отличаться от $\delta_{ст}$. При этом в результате удара конструкция получит некоторую «динамическую» деформацию $\delta_{д}$.

Динамический коэффициент в этом случае найдем так [14]:

—. (3.1)

Так как в соответствии с законом Гука напряжения прямо пропорциональны деформациям, то можем записать также [14]:

. (3.2)

Таким образом, для того, чтобы найти напряжения в системе при ударе, необходимо рассмотреть ту же конструкцию, нагруженную теми же силами статически, найти напряжения в элементах конструкции в этом случае, а затем увеличить найденные напряжения на динамический коэффициент.

Условие прочности в данном случае имеет вид [14]:

, (3.3)

где [δ]– допускаемое нормальное напряжение.

Полагая, в соответствии с первым допущением, что кинетическая энергия Т ударяющего тела полностью переходит в потенциальную энергию $U_д$. деформации упругой системы, запишем равенство [14]:

$T = U_д$. (3.4)

Кинетическая энергия при ударе легкового автомобиля полной массой m = 37850 кг, двигающегося со скоростью v = 16,67 м\с (или 60 км\ч) будет равна:

—, (3.5)

———— 5259047,4 Н = 5259,047 кН.

Вычислим теперь потенциальную энергию при ударе $U_д$. При статической деформации в пределах действия закона Гука потенциальная энергия деформации определяется [14]:

– , (3.6)

где Р – вес груза, Н.

Статическая деформация равна [14]:

——, (3.7)

——, (3.8)

где с – коэффициент пропорциональности;

Е – модуль упругости Юнга, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа;

l – высота болларда, м;

J_x – осевой момент инерции относительно оси Х, $м^4$, для круглого сечения [14]:

— — , (3.9)

где D – диаметр болларда, D = 0,325 м;

d – внутренний диаметр болларда, d = 0,265 м.

Таким образом, статическая деформация может быть определена отношением [14]:

–. (3.10)

Тогда [14]:

– . (3.11)

При мгновенном приложении нагрузки коэффициент деформации равен 2. По аналогии со статическим приложением нагрузки рассмотрим и ударное ее приложение. По закону Гука напряжения и усилия пропорциональны деформации, поэтому [14]:

, (3.12)

, (3.13)

где g – ускорение свободного падения, g = 9,8 м/с^2.

Теперь стало возможным посчитать динамическую деформацию [14]:

———, (3.14)

——————————— МПа.

Для боллардов используется сталь 20, предел прочности которой составляет [δ] = 420 МПа. Как видно, полученное значение динамической деформации во много раз ниже предела прочности, а это значит, что противотаранный боллард легко справится с нагрузкой, действующей от удара грузового автомобиля.

3.4 Моделирование видов ДТП в компьютерной программе для моделирования и реконструкции механизмов ДТП PC-Crash

Для анализа видов ДТП на остановочных пунктах используем программу моделирования столкновений PC Crash, в которой создадим три модели ДТП на остановочных пунктах грузового автомобиля: на обычном остановочном пункте без заездного «кармана», на остановочном пункте с заездным «карманом» и на остановочном пункте, оборудованном боллардами.

3.4.1 Функциональные возможности программы моделирования и реконструкции механизмов ДТП PC-Crash

Компьютерная программа PC-Crash – одна из самых распространённых и функциональных на сегодняшний день компьютерных программ для анализа и моделирования механизма ДТП, создатель которой фирма Dr. Steffan Datentechnik Ges.m.b.H(DSD). [15]

В программе PC-Crash нашли применение несколько различных моделей расчёта столкновений: классическая модель удара, а также более совершенные – силовая и сеточная модели столкновения.

Важным преимуществом программы является возможность вести расчёт параметров движения в динамике с учётом действительных параметров транспортных средств, окружающей среды и управляющих воздействий. [15]

Кроме того, в программе нашли применение и кинематические модули расчёта. Результаты моделирования, полученные при работе с программой PC-Crash, могут быть представлены как текстовые файлы, содержащие исходные и расчётные данные, а также могут быть выведены на экран в виде диаграмм и таблиц. Для визуализации служат 2D анимация (вид сверху на рабочий стол) и 3D анимация (пространственный вид).

Программа реконструкции механизма дорожно-транспортного происшествия "PC-CRASH" обеспечивает:

- динамическое моделирование движения транспортных средств (в виде трехмерной модели);

- динамическое моделирование столкновений транспортных средств, при этом учитываются особенности технического состояния ТС, его загрузки, особенности рельефа поверхности дорожного покрытия, его состояния;

- динамическое изображение реконструированного механизма ДТП в аксонометрической проекции, создание видеороликов с расположением камеры в произвольной точке пространства: на дороге, на обочине, на возвышении, на двигающемся транспортном средстве, на водительском месте в транспортном средстве. [16]

Программа позволяет моделировать не только механизм движения изолированного транспортного средства, но и сцепки из нескольких ТС с учетом их технического состояния, загрузки, особенностей конструкции. Моделирование возможно в различных дорожных условиях: при наличии участков с различными коэффициентами сцепления покрытия, с разными уклонами поверхности, с учетом сопротивления воздуха (ветровой нагрузки). Важным достоинством программы является возможность определения скоростей движения ТС перед столкновением (на основании моделирования механизма столкновения) по известным исходным данным: месту столкновения, взаимному положению ТС в момент столкновения, конечным положениям после столкновения, режимам движения ТС после столкновения до места остановки. При моделировании движения транспортного средства учитываются в частности следующие параметры: характеристики работы двигателя, параметры трансмиссии (ее передаточные числа), модель шин каждого колеса, параметры работы подвески, распределение нагрузки в ТС, время срабатывания тормозной системы, рулевого привода, скорость вращения рулевого колеса, угол поворота управляемых колес, параметры

работы тормозной системы. Посредством задания участков с разными режимами движения транспортного средства моделируется его траектория, максимально повторяющая фактическую, что позволяет рассматривать ряд вопросов, которые иными экспертными средствами решить невозможно. [16]

3.4.2 Моделирование видов ДТП на остановочных пунктах с помощью программы PC-Crash

Сначала создаем остановочным пункт без заездного «кармана», на площадке ожидания которого стоят три человека (многомассовые системы, которые позволяют оценить последствия столкновения для человека). На скорости 50 км/ч в автопавильон врезается грузовой автомобиль, модель которого равна по характеристикам с Ford E-450. Модель начального положения до наезда представлена на рисунке 3.18.

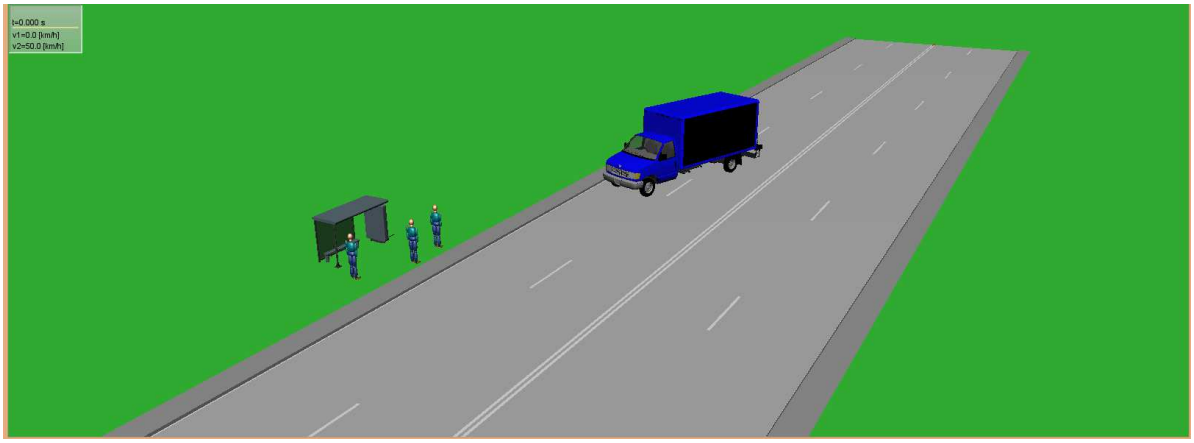


Рисунок 3.18 – Модель начального положения грузового автомобиля до наезда на остановочном пункте

Затем необходимо обозначить фазы ДТП в меню, которые соответствуют реальным. На рисунке 3.19 приведено меню с обозначением фаз ДТП грузового автомобиля на остановочном пункте.

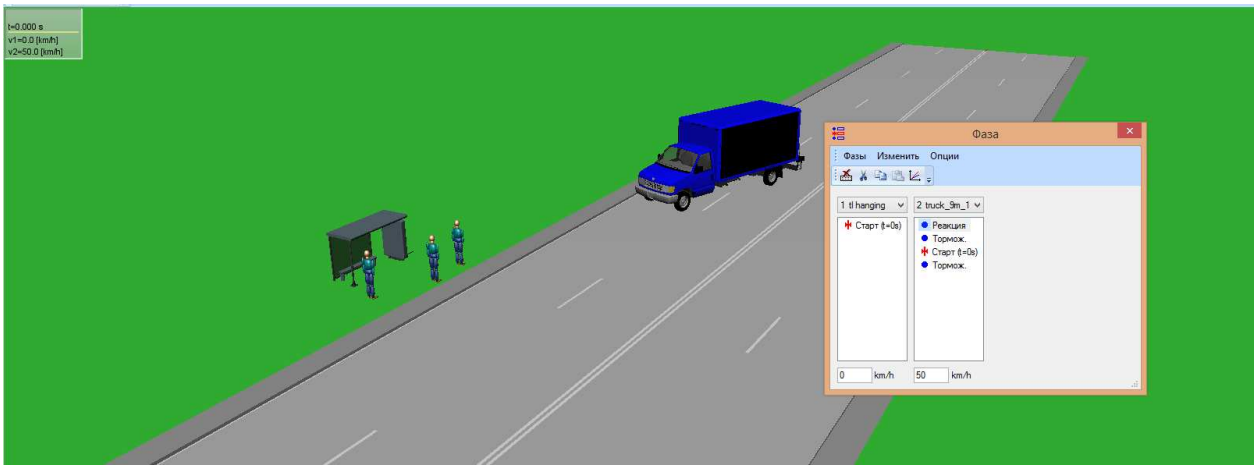


Рисунок 3.19 - Меню с обозначением фаз ДТП грузового автомобиля на остановочном пункте

Теперь можно запускать модуляцию и анализировать полученные результаты. Основные характеристики ДТП грузового автомобиля на остановочном пункте приведены на рисунке 3.20.

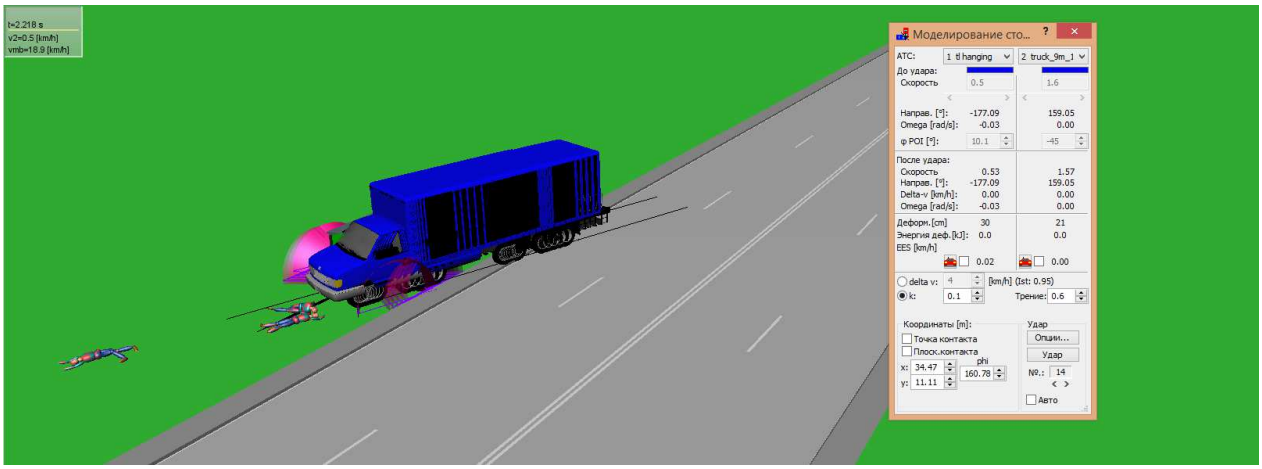


Рисунок 3.20 – Основные характеристики ДТП грузового автомобиля на остановочном пункте

Как видно на рисунке 3.20, все пешеходы, ожидавшие транспорт на остановочном пункте, сбиты, грузовой автомобиль протаранил автопавильон, скорость грузовика после столкновения равна 1,57 км/ч при интенсивности

торможения 5,89 м/с^2 и коэффициенте сцепления колес с дорогой 0,7, что характерно для сухой асфальтированной проезжей части.

Следующая модель – ДТП на остановочном пункте с заездным «карманом» шириной 3,5 м и бордюром высотой 0,2 м. Также, как и в предыдущем случае, на площадке ожидания стоят три человека (многомассовые системы), а в сторону остановочного пункта движется грузовой автомобиль со скоростью 50 км/ч. Модель начального положения грузового автомобиля при наезде на остановочном пункте с заездным «карманом» представлена на рисунке 3.21.

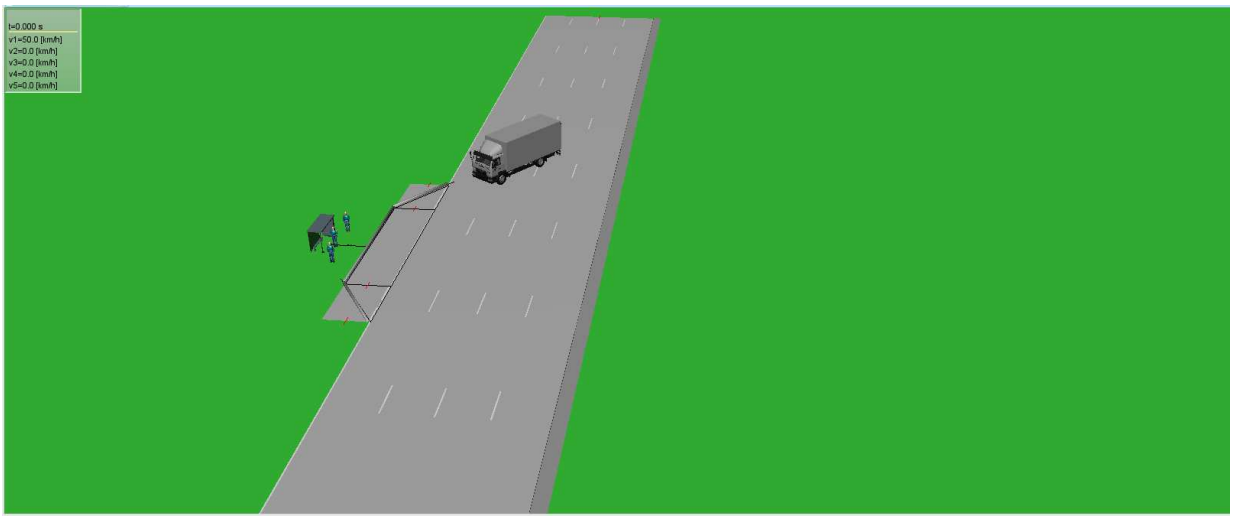


Рисунок 3.21 – Модель начального положения грузового автомобиля при наезде на остановочном пункте с заездным «карманом»

В меню «Фазы столкновения» устанавливаем необходимые этапы, а также начальную скорость транспортного средства и интенсивность торможения. На рисунке 3.22 представлены фазы ДТП грузового автомобиля на остановочном пункте с заездным «карманом».

После моделирования и оптимизации ДТП можно оценить основные параметры наезда, представленные на рисунке 3.23.

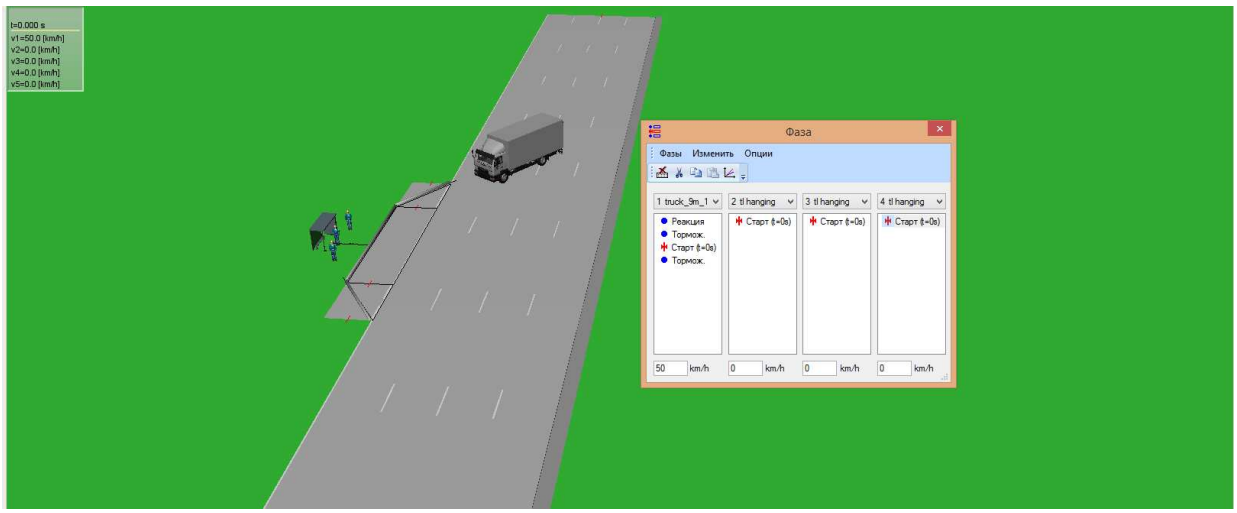


Рисунок 3.22 – Фазы ДТП грузового автомобиля на остановочном пункте с заездным «карманом»

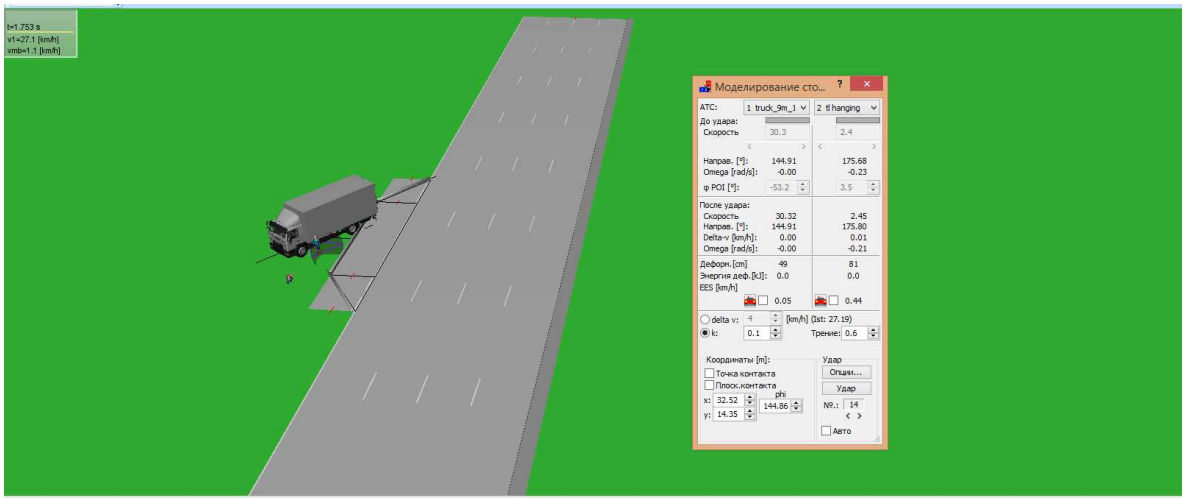


Рисунок 3.23 – Основные параметры наезда грузового автомобиля на остановочном пункте с заездным «карманом»

Грузовой автомобиль в данном случае совершает наезд на одного пешехода и проезжает в нескольких метров от двух других. Скорость транспортного средства после наезда на автопавильон при интенсивности торможения 5,89 м/с^2 равна 30,32 км/ч, а деформация кузова 49 см при коэффициенте трения в точке контакта 0,6.

Отсюда можно сделать вывод о том, что наличие заездного «кармана» на остановочном пункте не решает проблему обеспечения безопасности для пешеходов, однако, он добавляет дополнительное расстояние, которое преодолевает транспортное средство прежде, чем произойдет ДТП. За время, которое пройдет автомобиль это расстояние, водитель может успеть снизить скорость движения транспортного средства или остановиться.

Последняя модель, которая была построена – наезд на остановочном пункте, оборудованном заградительными устройствами – боллардами. На рисунке 3.24 представлена 3D-схема начального положения грузового автомобиля перед ДТП на остановочном пункте, оборудованном боллардами.

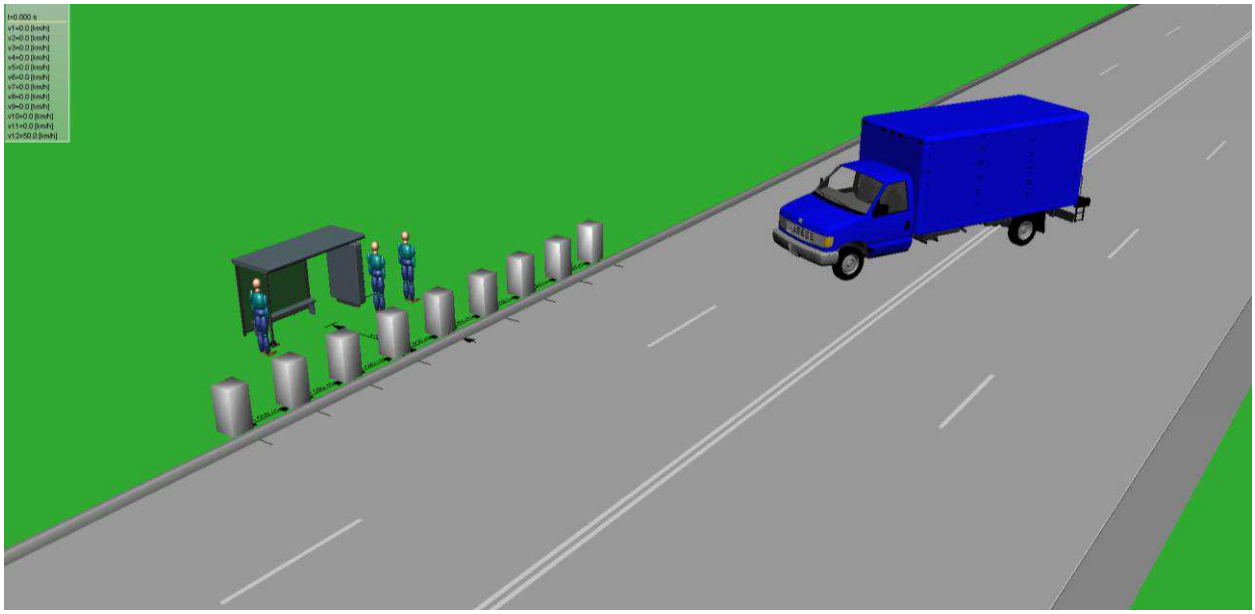


Рисунок 3.24 – 3D-схема начального положения грузового автомобиля перед ДТП на остановочном пункте, оборудованном боллардами

Грузовой автомобиль движется в сторону остановочного пункта со скоростью 90 км/ч, превышая скоростной режим, по четырехполосной проезжей части. На площадке ожидания установлены три многомассовые системы. Фазы ДТП грузового автомобиля на остановочном пункте, оборудованном боллардами, представлены на рисунке 3.25.

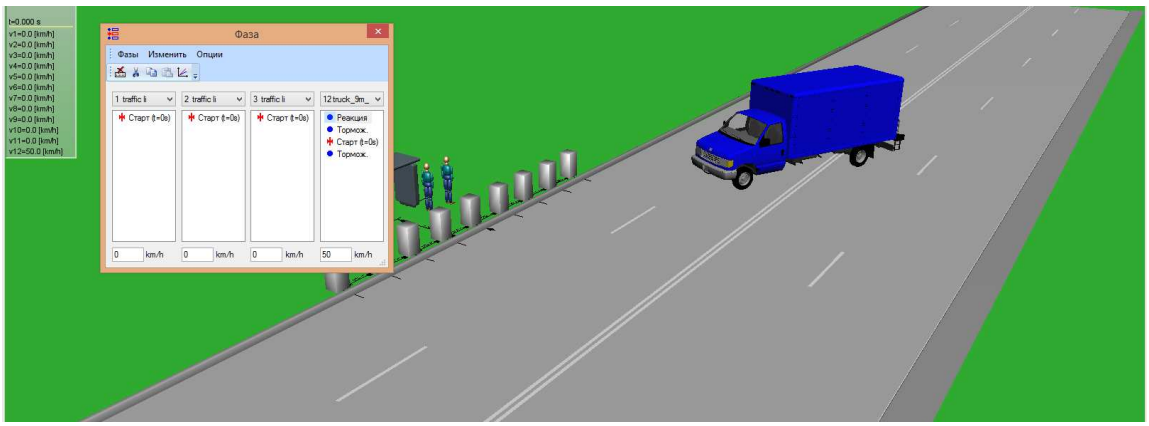


Рисунок 3.25 – Фазы ДТП грузового автомобиля на остановочном пункте, оборудованном боллардами

После моделирования и оптимизации столкновения на экран выводятся основные характеристики ДТП, которые представлены на рисунке 3.26.

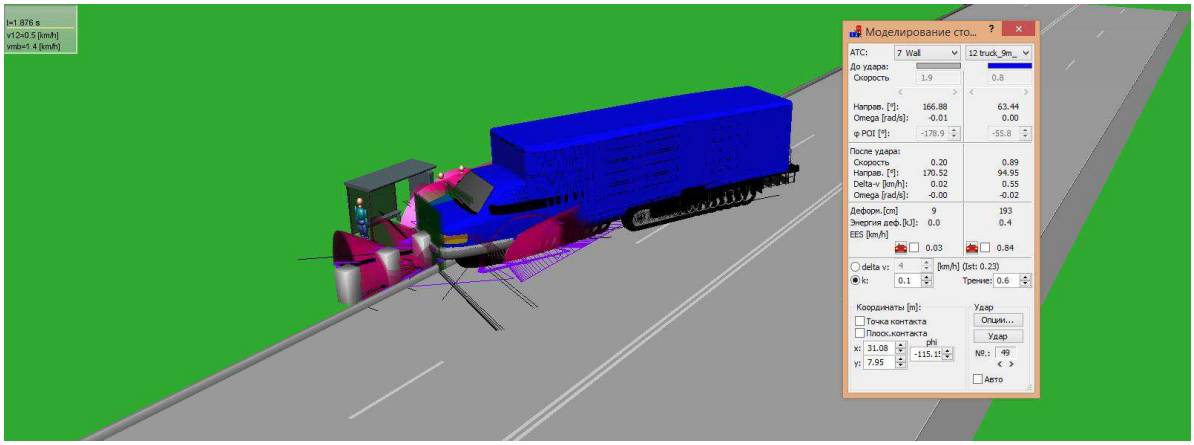


Рисунок 3.26 – Основные характеристики ДТП грузового автомобиля на остановочном пункте, оборудованном боллардами

На рисунке 3.26 показаны плоскости наезда грузового автомобиля на боллардами. При наезде автомобиль меняет свою траекторию движения и ударяется сразу о несколько боллардов, не задевая при этом людей, стоящих на площадке ожидания. Скорость автомобиля после происшествия равна 0

км/ч, а его деформация 193 см в общем по кузову при коэффициенте трения в точке контакта 0,6.

В таблице 3.3 представлены результаты моделирования видов ДТП на остановочных пунктах в зависимости от их обустройства.

Таблица 3.3 – Результаты моделирования видов ДТП на остановочных пунктах в зависимости от их обустройства

Параметры	Значения параметров		
	Остановочный пункт без заездного «кармана»	Остановочный пункт с заездным «карманом»	Остановочный пункт с боллардами
Скорость до удара, км/ч	50	50	50
Скорость после удара, км/ч	1,57	30,32	0
Деформация ТС, см	21	49	193
Деформация неподвижного препятствия, см	30	81	9

Таким образом, выполнение всех требований нормативно-технической документации не предотвращает возможности несчастного случае на остановочном пункте. Однако, установка противотаранных боллардов гарантирует безопасность нахождения пешеходов на остановочном пункте даже при происшествии с грузовым автомобилем.

3.5 Проект автопавильонов остановочных пунктов городского общественного транспорта

Многие жители крупных городов каждый день пользуются общественным транспортом и проводят какую-то часть своей жизни на остановках, ожидая автобус или другой вид транспорт. Сегодня уже начинают появляться остановки, оснащенные технологическими достижениями и другими элементами комфорта.

Конструктивное решение остановочного пункта, а именно автопавильона, зависит от климата, вида местных строительных материалов, индустриальной базы строительства и принятого архитектурного образа. Могут применяться, как естественные (камень, дерево), так и искусственные (кирпич, блоки, панели) материалы, а также, при соответствующем обосновании, металл, пластик, стекло.

Для несущих конструкций автопавильонов чаще всего предлагаются различные современные материалы, сборные деревянные и железобетонные элементы поточного заводского производства, металлоконструкции.

В проектировании остановки общественного транспорта могут применяться сборные железобетонные конструкции, представляющие собой индустриальное направление. Такой способ обеспечивает поточное возведение, минусом которого является ограничение номенклатуры элементов. Здесь стоит задача создавать разнообразные по своим решениям типы павильонов. Плюсом является строгая идентичность элементов, точность геометрии и обработки.

Монолитный железобетон из-за трудоёмкости редко применяется в поточном строительстве павильонов, чаще по индивидуальным проектам.

Для индивидуальных проектов с высокой архитектурной выразительностью предлагаются легкие тонкостенные конструкции (такие конструкции, как оболочки), которые по большей части применимы в сухих и южных районах страны.

В последние годы особую популярность получили проекты остановок из металлоконструкций, представляющие собой стальной каркас с ограждающими конструкциями и покрытием из гофрированного алюминия или стеклопластика.

Дерево как материал в своё время популярно использовалось в конструкциях остановок общественного транспорта, позволяя органично вписывать в среду объект. Но было вытеснено из-за качеств: относительной недолговечности и требующейся постоянной обработки (пропитка, защита).

На практике строительства павильонов в советский период в разных районах нашей страны широко применялись местные материалы: ракушечник, бутовый камень и др.

В настоящее время для заполнения панелей стен, каркасов, кровли павильонов используются: древесно-стружечные плиты, плиты из различных пластиков и стеклопластиков, керамические блоки, стеклоблоки, водоустойчивые фанеры и др. Яркими по композиционному решению являются различные вантовые, тентовые и подвесные конструкции с покрытиями в виде сложных пространственных оболочек.

Использование стекла для заполнения панелей стен и крыши недопустимо, так как при ударе оно рассыпается на острые большие осколки, которые могут травмировать человека, стоявшего в павильоне или возле него. Тем не менее покрытие боковых стен должно быть прозрачным, чтоб пассажиры могли видеть приближающийся транспорт, поэтому заменой стекла может стать пластик или триплекс (комбинация из двух листов обычного или закалённого стекла, склеенных прозрачным и упругим слоем синтетического полимера), которые, разбиваясь, не дают острых осколков.

Для остановок общественного транспорта рекомендуется:

- высотные отметки низа перекрытия (крыши) устанавливать на уровне 2,5 – 3 м, обеспечивая этим внутренний комфорт, но максимальная высотная отметка конструкции в зависимости от замысла может достигать 4,5 – 5 м;

- обеспечить необходимый зрительный обзор изнутри павильона в сторону подъезда автобуса.

- учитывать условия продуваемости остановки (ветрозащитные стенки в павильонах полузакрытого типа делают минимальной высоты 2,2 м);

- нежелательно обилие декоративно-художественных элементов;

- павильоны оборудуют скамьями и урнами;

- естественной частью интерьера могут стать скамьи со спинками, стенды-витрины с объявлениями и расписанием маршрутов транспорта, архитектурно-декоративные детали, элементы освещения;

- озеленение может решаться посадкой небольших групп деревьев, кустарников (до 0,5 м, дабы не ограничивать видимость).

В соответствии с данными рекомендациями были проработаны несколько вариантов оформления автопавильонов для остановочных пунктов г. Красноярска. Макеты были оформлены в стилистике Универсиады-2019, использованная символика спортивных Игр представлена на рисунках 3.27 – 3.29.

Рисунок 3.27 – Логотип «Универсиады-2019»

Рисунок 3.28 – Талисман «Универсиады-2019» U-лайка

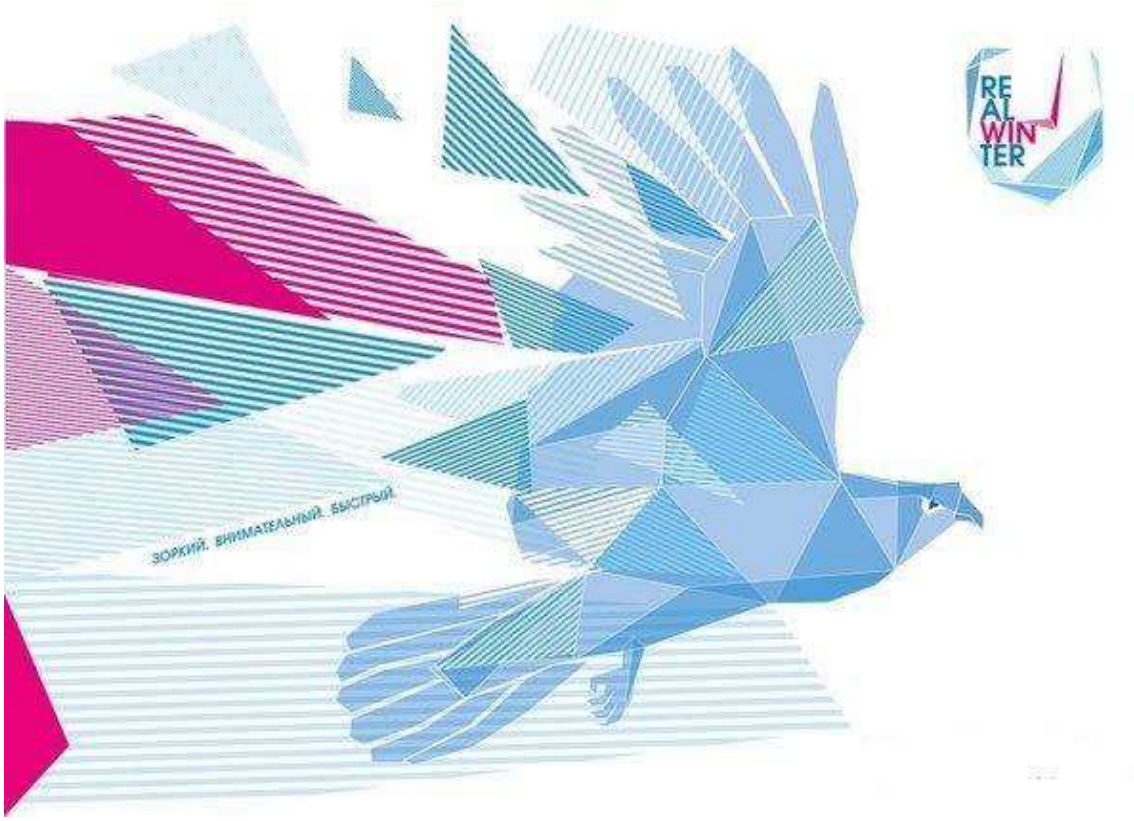


Рисунок 3.29 – Оригинальная графика «Универсиады-2019»

На рисунке 3.30 (а,б) представлены макеты автопавильонов для остановочных пунктов, выполненные в стилистике «Универсиады-2019».

а)

б)

Рисунок 3.30 – Макеты автопавильонов для остановочных пунктов, выполненные в стилистике «Универсиады-2019»

На рисунке 3.30 (а) представлен макет автопавильона на основе проекта голландских специалистов, который был назван транзитное укрытие (Traffic Shelter System). Лицевая панель и боковые стенки выполнены из прозрачного материала. Выход к подошедшему автобусу осуществляется через автоматическую раздвижную дверь. Комфортное ожидание своего рейса обеспечивает кондиционер или отопительная установка, в зависимости от климата. В зависимости от трафика пассажиров на транспортном направлении павильон может составляться из двух и более секций. Этот вариант легко адаптировать к различным условиям за счет энергосберегающих климатических установок и подбора электронных коммуникационных систем. Главная идея – это максимальная изоляция пассажиров от условий внешней среды: температуры, осадков и шума автомагистрали.

На рисунке 3.30 (б) изображен макет автопавильона для остановочных пунктов с небольшим пассажиропотоком и непродолжительным ожиданием транспорта. Задняя и левая боковая стены остаются прозрачными, чтобы пассажиры, находящиеся в павильоне, могли видеть приближающийся автобус. На правой половине задней стенки может располагаться карта маршрутов, проходящих через остановочный пункт. Также в павильоне находятся скамейка и урна, создающие удобство пассажиров, используются металлоконструкция для формирования стен и крыши, пластик - для самой крыши, а стены сделаны из триплекса.

При создании модели автопавильона остановочного пункта должны учитываться не только требования безопасности, но и комфорт пассажиров, ожидающих свой транспорт, а также создание гармонии городской среды и дизайна объекта транспортной инфраструктуры.

4 Определение экономической эффективности мероприятий по совершенствованию остановочных пунктов на рассматриваемых участках УДС

В расходы бюджетов бюджетной системы РФ входят расходы на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, ремонт и содержание действующей сети автомобильных дорог общего пользования, поэтому все планировочные решения по переоборудованию и переносу объектов транспортной инфраструктуры должны быть достаточно обоснованы, а экономический эффект от мероприятия должен превышать расходы на его организацию.

Целью реконструкции существующего расположения остановочных пунктов «Студгородок», «Поликлиника», «Станция Юннатов» и «Кинотеатр Ударник» по ул. Ак. Киренского является обеспечение безопасности нахождения пешеходов на остановке, предотвращение возможных ДТП с наездом на пешеходов. Предложенные мероприятия приведут к сокращению расходов, связанных с получением травм людьми.

В ВКР были предложены следующие мероприятия по реконструкции остановочных пунктов:

- расширение проезжей части по ул. Ак. Киренского с 12 до 15 м от остановочного пункта «Станция Юннатов» до остановочного пункта «Кинотеатр Ударник»;

- обустройство остановочных пунктов «Поликлиника», «Станция Юннатов» и «Кинотеатр Ударник» по ул. Ак. Киренского и «Студгородок» по ул. Ак. Киренского в сторону Академгородка заездными «карманами» с бордюрами высотой 0,2 м;

- установка противотаранных стационарных боллардов вдоль остановочного пункта «Студгородок» по ул. Ак. Киренского в сторону ул. Телевизорная;

- установка новых дорожных знаков на рассматриваемых остановочных пунктах;

- нанесение дорожной разметки на рассматриваемом участке УДС по ул. Ак. Киренского;

- организация пешеходного движения возле рассматриваемых остановочных пунктов.

4.1 Расчет экономии от предотвращения ДТП

Для оценки экономической эффективности предлагаемых мероприятий прежде всего необходимо рассчитать расходы на их проведение. Расчет по каждому остановочному пункту должен проводиться отдельно, но порядок расчетов аналогичен для всех, поэтому в рамках ВКР будет рассмотрен лишь один самый дорогостоящий проект – реконструкция остановочного пункта «Студгородок» по ул. Ак. Киренского в сторону ул. Телевизорной с установкой боллардов.

Для расчетов стоимости дорожных знаков приведем расценки на покупку и установку, которые представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Расценки на дорожные знаки и их установку

№ п/п	Вид услуги	Цена, руб.	Количество, шт.	Стоимость, руб.
1	Дорожный знак (прямоугольник)	1396	7	9772
2	Стойка	499	3	1497
3	Крепление	132	7	924
4	Установка дорожного знака на стойке с бетонированием	13455,96	3	40367,88
			Итого:	52560,88

Стоимость нанесения дорожной разметки на проезжей части, прилегающей к остановочному пункту, представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Расценки на нанесение дорожной разметки

№ п/п	Номер и наименование	Цена, руб./кг	Количество, кг	Стоимость, руб.
1	1.14.1 «Пешеходный переход «зебра»»	70	20	1400
2	1.17 «Место остановки маршрутных ТС»	90	25	2250
			Итого:	3650

Хотя автопавильон на остановочном пункте «Студгородок» по ул. Ак. Киренского установлен, затраты на организацию площадки ожидания должны учитываться. В таблице 4.3 приведены расценки на оборудование площадки ожидания.

Таблица 4.3 – Стоимость оборудования площадки ожидания

№ п/п	Наименование	Цена, руб.	Количество, шт.	Стоимость, руб.
1	Автопавильон	146055	1	146055
2	Скамья	5300	1	5300
3	Урна	1232	1	1232
			Итого:	152587

Последнее, что входит в расходы, расходы на различные виды заграждений. Расценки на заградительные устройства и услуги по их установке представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Расценки на заградительные устройства и услуги по их установке

№ п/п	Наименование услуги	Цена, руб.	Количество	Стоимость, руб.
1	Боллард стационарный противотаранный	24000	26	624000
2	Установка болларда	15000	26	390000
3	Пешеходное ограждение	1990 за секцию	23	45770
4	Установка пешеходного ограждения	700 за секцию	23	16100
			Итого:	1075870

Общие расходы на организацию остановочного пункта рассчитываются по формуле:

, (4.1)

где $Р_{дз}$ – расходы на дорожные знаки и их установку, руб.;

$Р_{др}$ – стоимость нанесения дорожной разметки, руб.;

$Р_{по}$ – расходы, связанные с организацией посадочной площадки, руб.;

$Р_{зу}$ – расходы, связанные с установкой заградительных устройств, руб.;

$К_{пр}$ – коэффициент, учитывающий прочие расходы, связанные с организацией движения, принимается равным 1,1 – 1,4.

(руб.)

В случае, если предусмотренные мероприятия по совершенствованию организации и обеспечению безопасности на остановочном пункте позволяют предотвратить ДТП, в котором могли погибнуть или пострадать люди, то они окупаются в сравнении с ущербом от такого ДТП. Для того, чтобы рассчитать экономический эффект от реализации мероприятий, необходимо оценить ущерб от ДТП.

В соответствии с методикой [17]: «Величина социально-экономического ущерба в результате дорожно-транспортного происшествия включает в себя несколько составляющих:

- ущерб в результате гибели и ранения людей;
- ущерб в результате повреждения транспортных средств;
- ущерб в результате порчи груза;
- ущерб в результате повреждения дороги.

Ущерб в результате гибели и ранения людей составляет самую значительную часть ущерба от ДТП и включает в себя следующие социально-экономические параметры:

- экономические потери из-за выбытия человека из сферы производства;

- социально-экономические потери государства при выплате пенсий по инвалидности и по случаю потери кормильца, а также при оплате лечения в больницах и временной нетрудоспособности;

- социально-экономические потери из-за гибели детей.»

Общий ущерб ($П_о$) от ДТП с пострадавшими определяется по формуле [17]:

, (4.2)

где $П_с$ – потери, связанные с гибелью людей, имевших семью;

$П_б$ – потери, связанные с гибелью людей без семьи;

$П_{инр}$ – потери, связанные с получением пострадавшими инвалидности, лишившей их полностью трудоспособности;

$П_{ир}$ – потери, связанные с получением пострадавшими инвалидности, частично лишившей их трудоспособности;

$П_р$ – потери, связанные с временной нетрудоспособностью;

$П_л$ – потери, связанные с гибелью людей.

В рамках расчета экономического эффекта мероприятий по организации остановочного пункта в данной ВКР ущерб от ДТП будет рассчитан при гибели одного взрослого человека, имевшего семью.

Потери, связанные с гибелью людей, имевших семью ($П_с$) и без семьи ($П_б$) вычисляются по формулам [17]:

, (4.3)

где $К_с$ – количество погибших, имевших семью [17]:

, (4.4)

,

$d_{ис}$ – удельный вес людей из числа погибших, имевших семью;

$N_п$ – общее число погибших в ДТП;

Н1 – стоимостная оценка ущерба от гибели человека, имевшего семью, по оценке на основе актуарного подхода в России Н1 = 9 млн руб.

По формуле (4.2) общий ущерб от ДТП с одним погибшим человеком, имевшим семью, составляет:

(млн руб.).

Экономический эффект определяется с учетом измерения текущих затрат и возможного ущерба от ДТП:

, (4.5)

(руб.).

Очевидно, что эффективность предложенных мероприятий по совершенствованию ОДД и обеспечению безопасности на остановочном пункте во много раз превышает затраты на их реализацию. Это означает, что вложение бюджетных средств в данный проект реконструкции остановочного пункта «Студгородок» и установка дорогостоящих заградительных устройств оправдано по сравнению с ущербом от гибели человека.

5 Специальная часть

Помимо организации остановочных пунктов городского общественного транспорта в соответствии с требованиями ФИСУ возникла необходимость разработать вместительные и безопасные автостанции для участников Зимней Универсиады-2019. По заданию АНО «Исполнительная Дирекции 29 Всемирной зимней Универсиады 2019 года в г. Красноярске» необходимо разместить автобусные автостанции для спортсменов Универсиады-2019 на площадке по адресу пр. Свободный, 82а, схема которой приведена на рисунке 5.1.

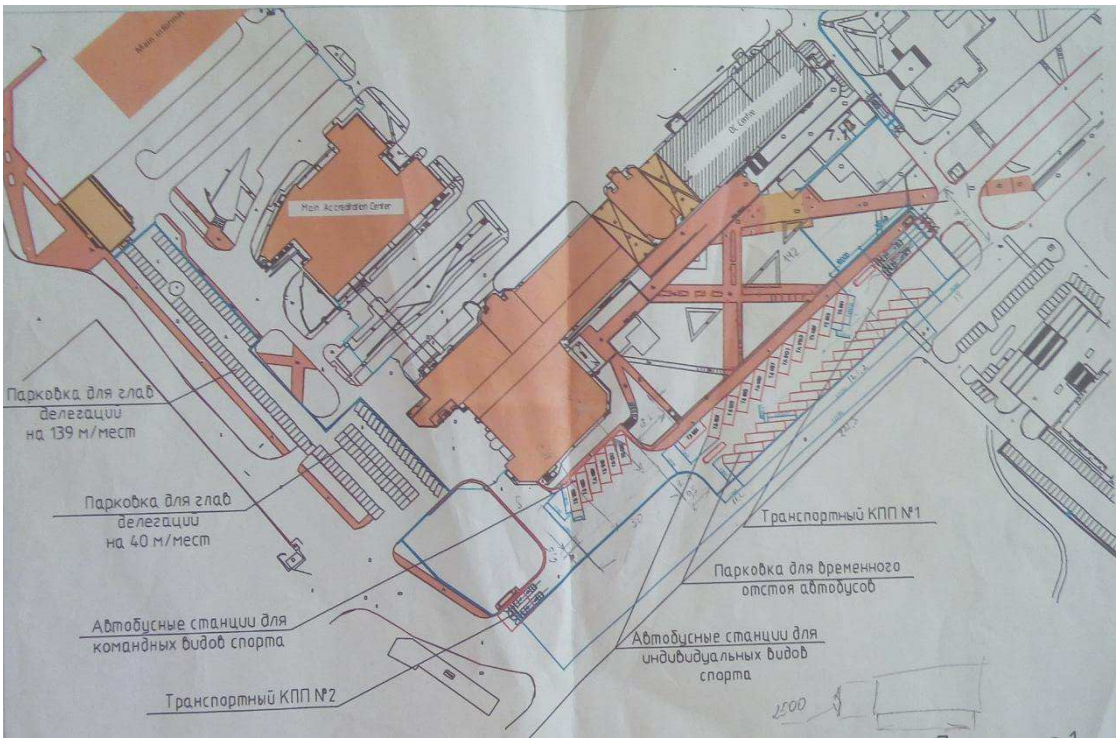


Рисунок 5.1 – Схема площадки для автобусных автостанций для спортсменов Универсиады-2019 по адресу пр. Свободный, 82а

Планировочные характеристики автомобильных стоянок и автостанций (размеры ячейки для постановки автомобиля, ширина проездов, радиусы поворотов, зоны для маневрирования) определяются схемой

расстановки автомобилей. Существует три схемы расстановки автобусов относительно бордюра:

- продольная (вдоль бордюра, дороги или тротуара);

- поперечная, или прямоугольная (под углом в 90 градусов к бордюру, тротуару или проезжей части);

- под углом (расстановка под углом возможно при 30, 45 или 60 градусах).

Схемы расстановки автомобилей приведены на рисунке 5.2.

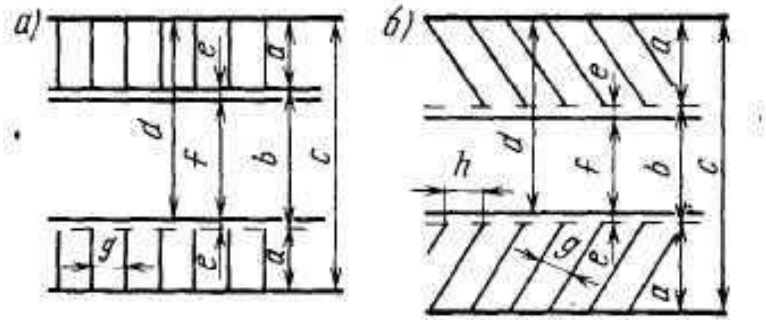


Рисунок 5.2 – Схемы расстановки автомобилей:
а) прямоугольная; б) под углом

Размер ячейки для стоянки равен габаритам транспортного средства, но с увеличением на ширину прохода для посадки-высадки пассажиров.

В соответствии с Приказом Министерства транспорта РФ от 29 декабря 2015 г. № 387 "Об утверждении минимальных требований к оборудованию автовокзалов и автостанций" на территории автостанции размещаются перроны (площадки) имеющие бетонное или асфальтобетонное покрытие. Для удобного и безопасного процесса посадки и высадки пассажиров ширину зоны перрона (площадки) принимаем 2,5 м.

Автобусы, осуществляющие перевозку участников Универсиады – автобусы большого класса междугороднего типа Yutong ZK6938H9 и Neoplan Skyliner. Для определения габаритных размеров автостанции принимаем

больший автобус – Neoplan Skyliner. Его габаритные параметры приведены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Габаритные размеры автобуса

Автобус	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Габаритный радиус поворота, м
Neoplan Skyliner	13800	2550	4000	13720

Расстояние, необходимое для заезда автобуса на парковочное место, рассчитывается по формуле [17]:

, (5.1)

где *a* – габаритная длина автобуса, м;

v – скорость автобуса при маневрировании, м/с (принимаем 5 км/ч = 1,389 м/с).

(м).

Таким образом, ширина парковочного места для одного автобуса равна:

, (5.2)

где b – габаритная ширина автобуса, м.

(м).

Для удобного и безопасного процесса посадки и высадки пассажиров ширину автобусной станции принимаем равной 6,008 м из расчета 2,5 метров

ширина зоны перрона (площадки) и 3,508 метров ширина парковочного места для автобуса.

Ширину проезда на стоянках закрытого типа и открытых площадках при проектировании можно определить графическим методом. Ширину проезда при хранении на открытых площадках определяют с учетом следующих условий:

- автомобили въезжают на место хранения передним или задним ходом;

- при въезде на место или выезде с него допускается разворот автомобиля в проезде с однократным применением передачи заднего хода (при въезде передним ходом);

- расстояние от движущегося автомобиля до стоящих на местах автомобилей или ближайших частей здания должно быть не меньше внутренней защитной зоны;

- расстояние от движущегося автомобиля до противоположного ряда автомобилей или любого вида ограждения должно быть не меньше внешней защитной зоны.

При въезде автомобиля задним ходом положение центра поворота автомобиля O' (рисунок 5.3) определяется пересечением прямой по линии задней оси и перпендикуляра от точки О.

Строим дуги из центра в точке O' радиусов R = 5,86 м по внутренней траектории движения передней оси и R = 13,72 м по габаритному радиусу поворота. По габаритной ширине динамического коридора движения определяется ширина проезда.

При въезде автомобиля на место стоянки задним ходом и выезде передним ходом метод построения такой же.

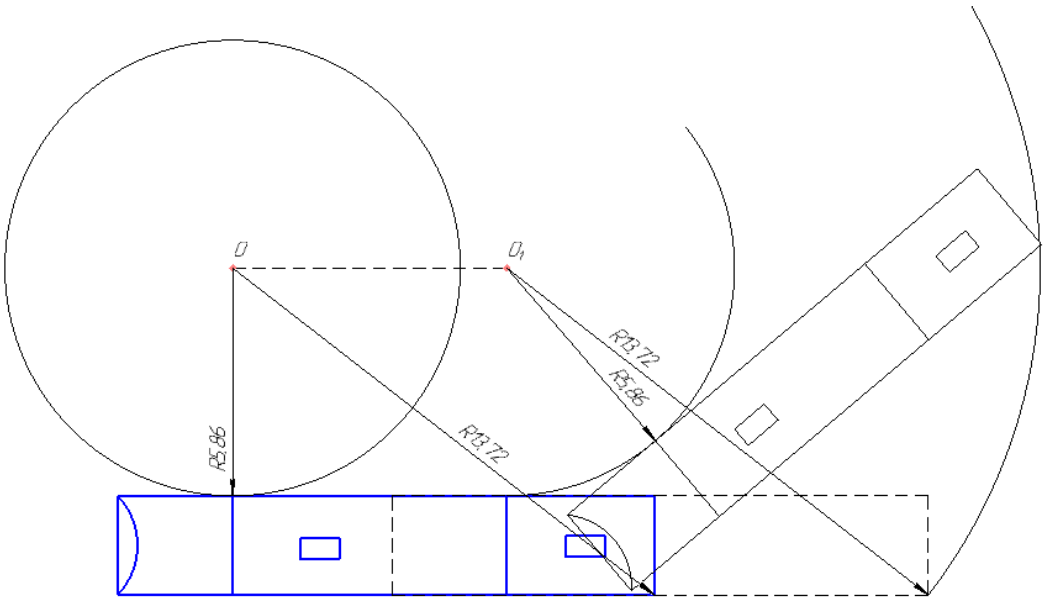


Рисунок 5.3 – Графическое определение ширины проезда на стоянке при выезде автомобиля задним ходом

Необходимо построить схемы расстановки автобусов под углом 30, 45 и 60 градусов и сравнить их по функциональному использованию территории. На рисунке 5.4 приведена схема автостанции при расстановке автобусов под углом 30, 45 и 60 градусов.

Схема расстановки автостанций под углом 30 градусов вмещает в себя 7 автостанций и 16 парковочный мест для автобусов Neoplan Skyliner, при ее ширина составляет 23 м, а проезд между рядами 3,5 м. Схема геометрических параметров площадки при расстановке автобусов под углом 30 градусов представлена на рисунке 5.5.

Рисунок 5.4 – Схема автостанции при расстановке автобусов под углом 30, 45 и 60 градусов

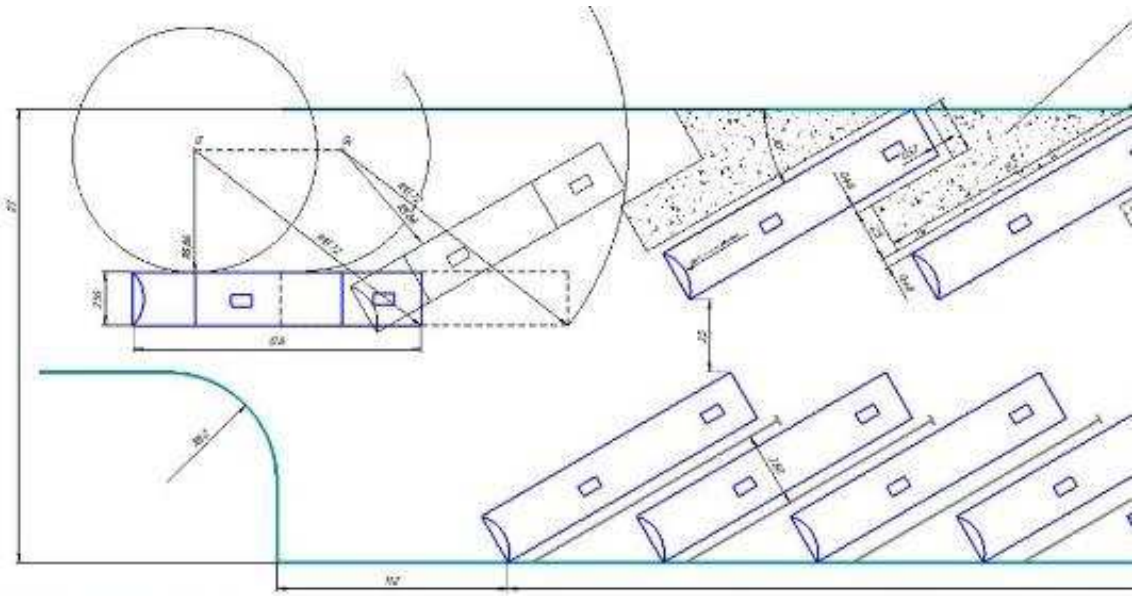


Рисунок 5.5 – Схема геометрических параметров площадки при расстановке автобусов под углом 30 градусов

На рисунке 5.6 представлена схема геометрических параметров площадки при расстановке автобусов под углом 45 градусов. Ширина проезда при такой схеме расстановки равна 3,63 м, ширина всей площадки равна 25,6 м. На площадку входят 8 автостанций и 22 парковочных места для автобусов.

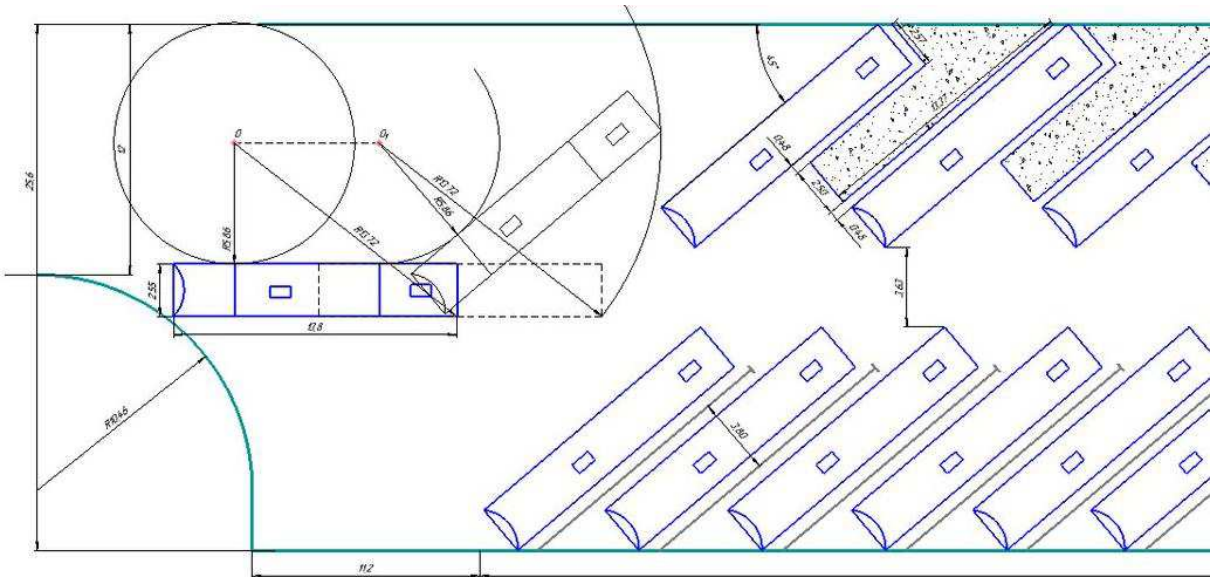


Рисунок 5.6 – Схема геометрических параметров площадки при расстановке расстановки автобусов под углом 45 градусов

Последняя схема расстановки автобусов под 60 градусов вмещает 12 автостанций и 27 парковочных мест для автобусов. Ширина такой площадки равна 30 м, а размер проезда составляет 3,67 м. Схема геометрических параметров площадки при расстановке автобусов под углом 60 градусов представлена на рисунке 5.7.

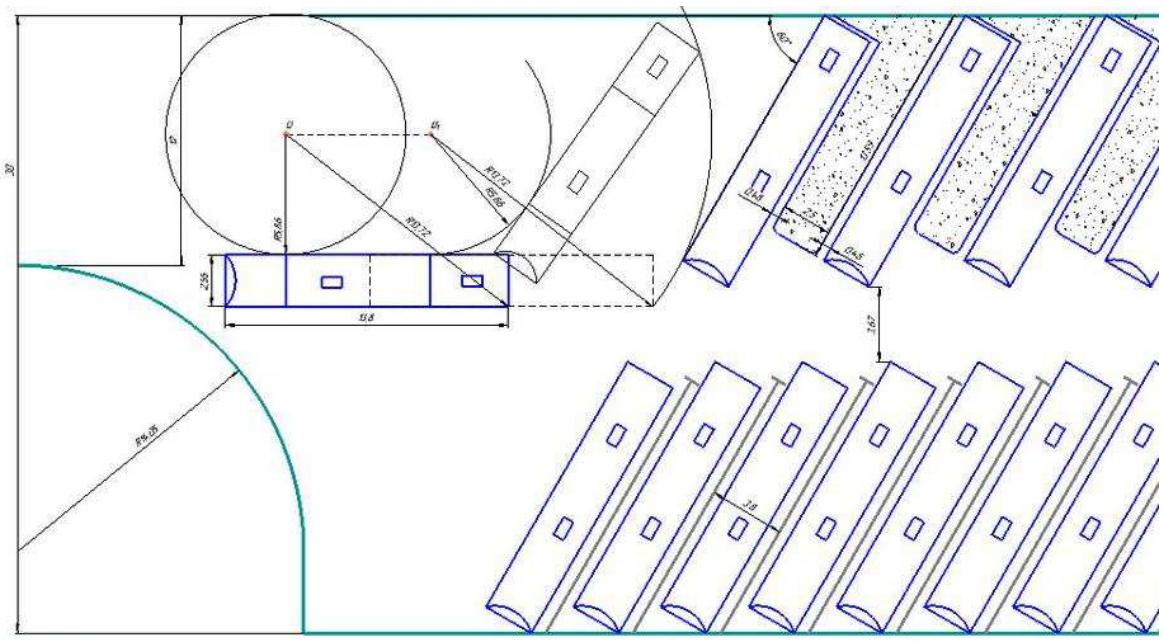


Рисунок 5.7 – Схема геометрических параметров площадки при расстановке автобусов под углом 60 градусов

Размеры площадки ограничены, поэтому, выбирая схему расстановки автобусов необходимо учитывать ширину полученной площадки. Максимально возможная ширина площадки равна 27 м. Наиболее отвечает условиям сложившейся застройки и по общей ширине вписывается на имеющейся ограниченной территории представленная на рисунке 5.4 автостанция со схемой расстановки под углом 30 градусов, однако, организация схемы расстановки под углом 45 градусов представляется наиболее функциональной, что и определяет выбор именно этой схемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной исследовательской бакалаврской работе в соответствии с заданием решались задачи обеспечения безопасности остановочных пунктов в Октябрьском районе г. Красноярска.

Актуальность темы работы определялась в связи с обеспечением безопасности на предстоящей в 2019 году в г. Красноярске Всемирной зимней универсиады 2019 на основании анализа состояния аварийности на остановочных пунктах.

Разработаны методики исследования состояния и обустройства остановочных пунктов городского общественного транспорта.

В соответствии с разработанной методикой исследования проведено обследование 184 остановочных пунктов в Октябрьском районе г. Красноярска. По результатам обследования была построена гистограмма распределения количества остановочных пунктов с нарушениями требований по безопасности (рисунок 2.7). Для обработки и анализа результатов обследования были применены математические методы статистической обработки данных.

Выявлены наиболее часто встречающиеся виды нарушений:

- отсутствие дорожной разметки, соответствующей ГОСТу (99.5%);
- отсутствие пешеходных ограждений (74.5%);
- расположение наземного пешеходного перехода относительно остановочного пункта (54.9%).

Исходя из критериев оценки определили коэффициенты соответствия требованиям безопасности для остановочных пунктов городского общественного транспорта (таблица 2.3) Итоговый коэффициент безопасности ($К_Б$) для остановочных пунктов получен как среднее арифметическое коэффициентов соответствия.

В зависимости от полученного значения итогового коэффициента безопасности остановочные пункты были распределены по категориям:

1) низкой опасности ($К_Б$ = 0,9 – 1);

5) повышенной опасности ($К_Б$ = 0,7 – 0,9);

6) высокой опасности ($К_Б$ = 0,5 – 0,7);

7) особой опасности ($К_Б$ = 0 – 0,5).

На основании категорирования были оценены остановочные пункты по ул. Ак. Киренского, которая является одной из улиц для движения участников Универсиады-2019. По категориям остановочные пункты по ул. Ак. Киренского распределились следующим образом: 27% – повышенной опасности; 73% – высокой опасности (рисунок 2.10).

По значениям итогового коэффициента безопасности остановочных пунктов общественного транспорта определена необходимость и обосновано принятие мер по реконструкции и оборудованию остановочных пунктов с целью обеспечения их безопасности.

В результате, разработан комплекс практических мер для ряда остановочных пунктов городского общественного транспорта по изменению их расположения, оборудования, технического обустройства:

- уширение проезжей части по ул. Ак. Киренского с 12 до 15 м от остановочного пункта «Станция Юннатов» до остановочного пункта «Кинотеатр Ударник»;

- обустройство остановочных пунктов «Поликлиника», «Станция Юннатов» и «Кинотеатр Ударник» по ул. Ак. Киренского и «Студгородок» по ул. Ак. Киренского в сторону Академгородка заездными «карманами» с бордюрами высотой 0,2 м;

- установка противотаранных стационарных боллардов вдоль остановочного пункта «Студгородок» по ул. Ак. Киренского в сторону ул. Телевизорная;

- установка необходимых дорожных знаков на рассматриваемых остановочных пунктах;

- нанесение дорожной разметки на рассматриваемом участке УДС по ул. Ак. Киренского;

- совершенствование пешеходного движения возле рассматриваемых остановочных пунктов.

С помощью программы моделирования и реконструкции механизмов ДТП PC-Crash произведено моделирование и анализ наездов различных типов транспортных средств на остановочные пункты с отличающимся их расположением. Анализ результатов моделирования показал, что варианты с установкой противотаранных боллардов обеспечивают безопасность нахождения пешеходов на остановочном пункте даже при происшествии с грузовым автомобилем.

Выполненный по заказу АНО «Исполнительная Дирекции 29 Всемирной зимней Универсиады 2019 года в г. Красноярске» проект автостанций парковочных мест для спортсменов в Деревне Универсиады принят к практическому внедрению.

Наиболее отвечает условиям сложившейся застройки и по общей ширине вписывается на имеющейся ограниченной территории представленная на рисунке 5.4 автостанция со схемой расстановки под углом 30 градусов, однако, организация схемы расстановки под углом 45 градусов представляется наиболее функциональной, что и определяет выбор именно этой схемы.

Результаты исследовательской части бакалаврской работы будут использованы автором в магистерской диссертации для исследования и разработки математической модели обеспечения безопасности на наземных пешеходных переходах, расположенных вблизи остановочных пунктов городского общественного транспорта. Материалы бакалаврской работы были представлены на научной конференции с международным участием «Проспект Свободный – 2019».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Минимальные требования к проведению Всемирных зимних универсиад. – Опубликовано 03.2013. – г. Лозанна : ФИСУ, 2013. – 132 с.

2 Объекты Универсиады [Электронный ресурс] : официальный сайт XXIX Всемирной зимней универсиады 2019 года в г. Красноярске // АНО «Дирекция Красноярск 2019». – Режим доступа: https://krsk2019.ru/ru.

3 Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения : учеб. для ВУЗов. – Москва : Транспорт, 1993. – 271 с.

4 Липенков, А. В. Повышение эффективности функционирования городского пассажирского транспорта на основе управления пропускной способностью остановочных пунктов : дис. … канд. техн. наук : 05.22.10 / Липенков Александр Владимирович. – Нижний Новгород, 2015. – 154 с.

5 Чигаева, Н. Н. Организация остановок общественного транспорта и пешеходных зон в г. Чите: проблемы и перспективы / Н.Н. Чигаева // Молодой ученый. – 2015. – №14. – С. 654–659.

6 Дудников, А. Н. Методика оценки безопасности движения городского пассажирского маршрутного транспорта в зонах остановок / А.Н. Дудников // Вестник Автомобильно-дорожного института ДонНТУ. – 2016. – №1(18). – С. 12–26.

7 ГОСТ Р 52766-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования. – Введ. 01.07.2008. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 29 с.

8 ГОСТ Р 52607-2006 Технические средства организации дорожного движения. Ограждения дорожные удерживающие боковые для автомобилей. Общие технические требования. – Введ. 01.01.2008. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 16 с.

9 Ивченко, Г. И. Математическая статистика : учеб. для ВУЗов / Г.И. Ивченко, Ю.И. Медведев. – Москва : Книжный дом, 2014. – 352 с.

10 Фомин, Е. В. Методика определения пропускной способности остановочных пунктов городского пассажирского транспорта / Е.В. Фомин, А.И. Фадеев // Вестник иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 4. – С. 117–124.

11 Армадеров, Р. Г. Основы теории движения транспортных средств на пневматических движителях / Р.Г. Армадеров // Судебная автотехническая экспертиза. Часть 2 : пособие / В.А. Иларионов [и др.]. – Москва, 1980. – Гл. 1. – С. 5 – 92.

12 Попков, В. Н. Научно-исследовательская деятельность : учебное пособие / В.Н. Попков. – Омск : СибГУФК, 2007. – 332 с.

13 Меркулова, Т. Н. Математическое моделирование технологических процессов : краткий курс лекций / Т.Н. Меркулова. – Саратов : ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2016. – 71 с.

14 Принципы расчета конструкций при динамическом воздействии [Электронный ресурс] : Центр Дистанционного обучения, Белорусско-Российский университет. – Режим доступа: http://cdo.bru.by.

15 PC-Crash компьютерная программа для анализа и моделирования ДТП [Электронный ресурс] : руководство. // АНО Судебной экспертизы «Лаборатория Судэкс». – Режим доступа: http://sudex69.ru.

16 PC-Crash [Электронный ресурс] : тех. поддержка программ, инструкции. // Asmlocator Prival SecureStream. – Режим доступа: http://asmlocator.ru.

17 Р 3112199-2502-00 Методика оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий [Электронный ресурс] : методика, срок действия от 01.12.2000. // Информационный портал «Правовая Россия». – Режим доступа: http://lawru.info.

18 Лобанов, Е.М. Транспортная планировка городов : учеб. для ВУЗов. – Москва: Транспорт, 1990. – 240 с.

19 СТО 4.2–07–2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Введ. 07.2014. – Красноярск : ИПК СФУ, 2014. – 60 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Протоколы результатов обследования

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Графический материал

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Презентационный материал

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ И.М. Блянкинштейн
«11» 06 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.01 – Технология транспортных процессов

«ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТАХ УДС Г. КРАСНОЯРСКА»

Руководитель 07.06.18 ст. преподаватель Н.В. Шадрин
Выпускник 07.06.18 А.В. Красюк
Консультант 07.06.18 профессор, канд. техн. наук В.А. Ковалев

Красноярск 2018