

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт «Политехнический»
Факультет «Автотранспортный»
Кафедра «Автомобильный транспорт»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ Ю.В. Рождественский
« ___ » _____ 2020 г.

Адаптивное управление городскими транспортными
потоками на основе машинного обучения

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
НИУ ЮУрГУ 23.03.01.2020.110.00.00 ПЗ ВКР

Консультант
д.т.н., профессор
_____ Ю.И. Аверьянов
« ___ » _____ 2020 г.

Руководитель работы
к.т.н., доцент
_____ В.Д. Шепелёв
« ___ » _____ 2020 г.

Консультант
д.т.н., профессор
_____ С.В. Аллюков
« ___ » _____ 2020 г.

Автор работы
студентка группы П–412
_____ В.В. Михальчук
« ___ » _____ 2020 г.

Нормоконтролер
к.т.н., доцент
_____ П.Н. Баранов
« ___ » _____ 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Михальчук В.В. Адаптивное управление городскими транспортными потоками на основе машинного обучения – Челябинск: ЮУрГУ, АТ; 2020, – 68 с., библиогр. список – 41 наим.

В связи с повышением уровня автомобилизации и увеличением подвижности населения на фоне недостаточных темпов развития улично-дорожной сети остро стоит проблема оптимизации дорожного движения. Существующие методы управления транспортными потоками в той или иной степени позволяют уменьшить аварийность, увеличить пропускную способность элементов УДС, снизить экологическую нагрузку. Однако анализ показал, что адаптивные системы регулирования движения, основанные на моделировании, более эффективны в решении транспортных проблем.

Целью данной работы является выявление закономерностей влияния структуры очереди на пропускную способность и среднюю скорость движения транспортного потока.

Объект работы – перекресток Свердловского проспекта и проспекта Победы в г. Челябинск.

Предмет работы – пропускная способность перекрестка Свердловского проспекта и проспекта Победы.

Задачи, решаемые в данной работе:

- обзор проблем, связанных с организацией движения в крупных городах;
- рассмотрение структуры, задач и преимуществ ИТС и АСУДД;
- выявление влияния структуры очереди на пропускную способность узла;
- обоснование экономической эффективности.

					<i>23.03.03.2020.110.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Михальчук В.В.</i>			<i>Адаптивное управление городскими транспортными потоками на основе машинного обучения</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Шепелев В.Д.</i>				<i>В</i>	<i>4</i>	<i>68</i>
<i>Реценз.</i>						<i>ЮУрГУ</i>		
<i>Н. Конта.</i>		<i>Баранов П.Н.</i>				<i>Кафедра АВТ</i>		
<i>Утверд.</i>		<i>Рождественский ЮВ</i>						

дорожной сети Российской Федерации [2]. Анализ дорожно-транспортных происшествий по Челябинской области за 2019 год представлен на рисунке 1.1.

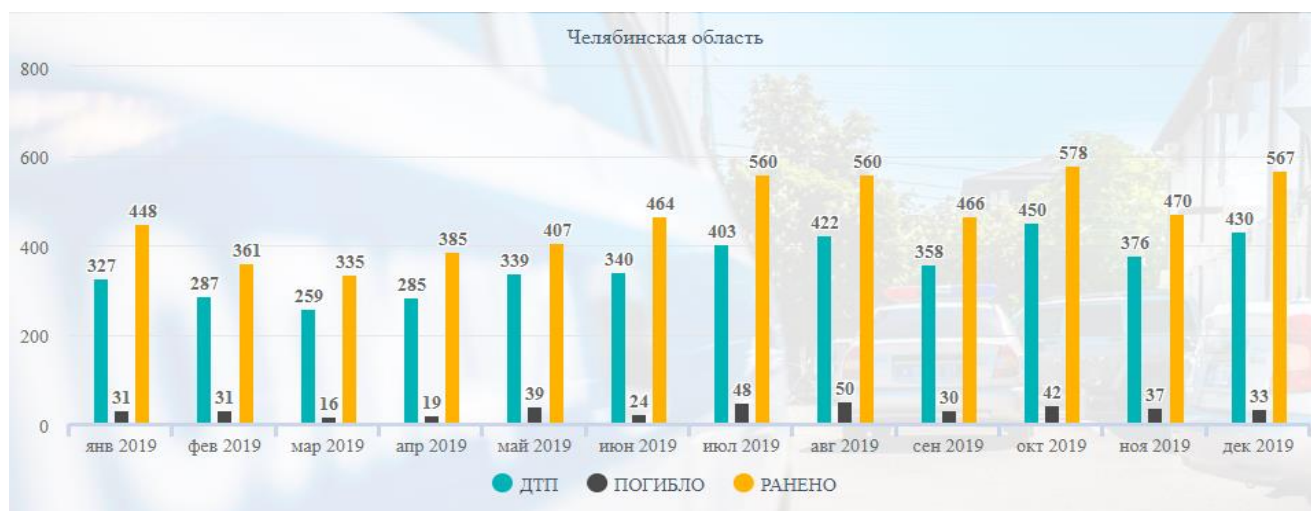


Рисунок 1.1 – Диаграмма ДТП по Челябинской области за 2019 г.

Суммарно в 2019 году в Челябинской области произошло 4276 ДТП, 1810 из которых произошли в самом Челябинске [3].

Кроме того, заторы являются следствием сложившейся застройки городов, обуславливающей низкую пропускную способность, и несоответствия режимов работы светофорной сигнализации реальным условиям движения. Следовательно, особо актуальным становится проведение мероприятий по повышению пропускной способности.

Пропускная способность зависит от большого числа факторов: дорожных условий (ширины проезжей части, продольного уклона, радиуса кривых в плане, расстояния видимости и др.), характеристик транспортного потока (интенсивности, состава, плотности потока автомобилей), наличия средств регулирования, погодных-климатических условий, возможности маневрирования автомобилей по ширине проезжей части, психофизиологических особенностей водителей, конструкции автомобилей и др. [4].

Определение пропускной способности необходимо не только для выявления участков, требующих улучшения условий движения, но и для оценки экономичности и удобства движения всего потока автомобилей по маршруту, выбора эффективных средств организации движения. Любая дорога может работать при нагрузках различной интенсивности. При этом предельной будет интенсивность, соответствующая пропускной способности дороги.

Эффективность транспортной работы дороги может характеризоваться как пропускной способностью, так и интенсивностью, при которой движение по дороге наиболее экономично и оптимально по условиям работы водителя [5].

Существующие способы снижения уровня загрузки улично-дорожной сети (УДС) классифицируются по степени снижения уровня загрузки по объекту воздействия. Данные представлены в таблице 1.1 [6].

Таблица 1.1 – Существующие способы снижения уровня загрузки УДС

Степень загрузки УДС	Объекты воздействия						
	Количество транспортных средств		Инфраструктура			Организация	
	Легковой и грузовой транспорт	Пассажирский транспорт	Дороги	Светофоры	Парковки	Службы	Человек
Низкая	Движение только с загруженным автомобилем	Выделение специализированных полос движения	Строительство велосипедных и пешеходных дорожек	Реверсивное движение	Разрешение стоянки или остановки с одной стороны улицы	Оперативное реагирование ДПС на возникшее ДТП	Пропаганда отказа от использования автомобиля
Средняя	Движение по четным и нечетным числам месяца	Определение оптимального количества ТС	Строительство подземных (наземных) пешеходных переходов	Правый поворот на запрещающий сигнал светофора	Запрет остановки и стоянки на остановочных пунктах	Оперативная уборка улиц и дорог от осадков	Повышение привлекательности пассажирского транспорта
Высокая	Платный въезд в центр	Организация маршрутов по незагруженным улицам	Строительство развязок в разных уровнях	Отмена желтого сигнала светофора	Строительство парковок	Оперативное регулирование заторов службами	Создание предприятий в спальных районах
Очень высокая	Ограничение на въезд в центр	Рациональная маршрутная сеть	Строительство кольцевых объездных дорог	Светофорное регулирование с учетом транспортных потоков	Запрет остановок и стоянок на участках с низкой пропускной способностью	Строгий контроль ДПС за соблюдением правил	Изменение режимов работы крупных предприятий

Способы, регулирующие количество автомобилей на наиболее загруженных элементах УДС, относятся к ограничивающим движение и могут применяться при достижении уровня автомобилизации 400 автомобилей на 1000 жителей. Способы, оказывающие воздействие на инфраструктуру, относящиеся к строительству и реконструкции УДС, в условиях дефицита финансирования и территории для транспортных сооружений, весьма проблематичны. Вместе с тем проведение организационных мероприятий по повышению пропускной способности обеспечивает повышение эффективности использования уже существующих элементов УДС без значительных финансовых затрат [7].

- представление данных в установленной отчетной форме;
- сбор и хранение данных от всех подсистем ИТС;
- управление транспортной системой.

Комплексная подсистема должна обеспечивать решение общих задач, выполнение которых позволяет достичь комплексной цели в рамках транспортной стратегии и принятия решений в сфере оказания транспортных услуг.

Инструментальная подсистема ИТС должна обеспечивать решение следующих задач:

- осуществление управляющего воздействия на транспортный поток, на участников дорожного движения и объекты дорожной и транспортной инфраструктуры;
- сбор, передача, обработка и хранение данных о параметрах объекта мониторинга и/или управления.
- элементы подсистем ИТС можно классифицировать следующим образом:
- элементы, относящиеся к транспортному средству;
- элементы, относящиеся к дорожной инфраструктуре;
- элементы, относящиеся к среде поддержания их коммуникативного взаимодействия;
- элементы, относящиеся к центру обработки данных [10].

На рисунке 1.3 представлена обобщенная схема физической архитектуры ИТС.



Рисунок 1.3 – Обобщенная схема физической архитектуры ЛП ИТС

ИТС различаются по применяемым технологиям: от простых систем автомобильной навигации, регулирования светофоров, систем регулирования грузоперевозок, различных систем оповестительных знаков (включая информационные табло), систем распознавания автомобильных номеров и систем регистрации скорости транспортных средств до систем видеонаблюдения, а также систем, интегрирующих информационные потоки и потоки обратной связи из большого количества различных источников, например, из систем управления парковками (PGI), метеослужб, систем разведения мостов и прочих. Более того, в ИТС могут применяться технологии предсказания на основе моделирования и накопленной ранее информации. На рисунке 1.4 представлены компоненты и сервисы ИТС.



Рисунок 1.4 – Компоненты и сервисы ИТС

Российская Интеллектуальная Транспортная Система (РИТС) позволяет обеспечить:

- сокращение смертности на дорогах Российской Федерации за счет повышения оперативности реагирования на ДТП;
- беспрепятственное движение спецтранспорта к месту ДТП или криминальной ситуации;
- оперативное, полное и достоверное доведение информации до специальных служб при возникновении криминальных или чрезвычайных ситуациях на транспорте;

- информирование водителей о нарушении ими правил дорожного движения и эксплуатации транспортного средства, а также о текущем и краткосрочном прогнозе состояния условий дорожного движения;
- автоматическую фиксацию фактов нарушения правил дорожного движения для выявления и наказания виновных лиц;
- повышение внимания водителей при управлении автомобилями в различных по напряженности условиях движения;
- создание условий для сокращения времени поездок пассажирами всеми видами наземного транспорта;
- увеличение пропускной способности дорог города за счет регулирования транспортных потоков и формирования предупредительной информации об условиях дорожного движения;
- возможность выбора пассажирами оптимального маршрута движения общественным транспортом от начальной до конечной точки с учетом маршрутов и расписаний движения общественного транспорта, а также дорожной ситуации и плотности транспортных потоков;
- создание условий для своевременного и достоверного контроля выполнения заказов на осуществление транспортной работы предприятиями, осуществляющими пассажирские перевозки, эксплуатацию дорожно-уличной сети, вывоз твердых и жидких бытовых отходов, контроля расхода топлива, снижения страховых рисков, увеличения оборачиваемости ТС, снижения доли эксплуатационных издержек [11].

1.3 АСУДД как компонент ИТС

Система управления транспортными потоками (АСУДД) является наиболее значимой в составе комплексов ИТС, как с точки зрения водителей (конечной целевой группы пользователей), так и по количеству вовлеченных подсистем и периферийного оборудования.

АСУДД направлена на обеспечение эффективного управления транспортом на автомобильной дороге, включая участки на основном и альтернативном направлении движения, въезды и съезды с автомобильной дороги, зоны пунктов

					23.03.01.2020.110.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

- центральный пункт управления АСУДД (ЦПУ);
- подсистема мониторинга параметров транспортного потока;
- подсистема выявления инцидентов;
- подсистема весогабаритного контроля;
- подсистема фиксации нарушений режимов движения;
- подсистема информирования участников дорожного движения;
- подсистема управления движением;
- подсистема метеорологического обеспечения;
- подсистема видеонаблюдения;
- подсистема аварийно-вызывной связи;
- подсистема мониторинга парковочного пространства;
- подсистема мониторинга работы дорожной техники на основе ГЛОНАСС;
- подсистема идентификации транспортных средств;
- подсистема эксплуатации технических средств;
- подсистема передачи данных;
- подсистема электроснабжения.

На рисунке 1.5 приведен пример схемы построения АСУДД.



Рисунок 1.5 – Пример схемы построения АСУДД

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.01.2020.110.00.00 ПЗ

Лист

16



Рисунок 1.6 – Принцип работы АСУДД при нормальных дорожных условиях
Этап 2 – повысилась интенсивность ТП.

Увеличилась интенсивность движения транспорта, система автоматически заменила ПК1 ($T_{ц} = 72$ с) на ПК2 ($T_{ц} = 80$ с), что привело к разгрузке магистрали.



Рисунок 1.7 – Принцип работы АСУДД при высокой интенсивности ТП
Этап 3 – ухудшились погодные условия.

Изменились погодные условия, выпал снег, снизилась скорость ТП. Система автоматически переключилась с режима ПК2 ($T_{ц} = 80$ с) на ПК3 ($T_{ц} = 90$ с).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.01.2020.110.00.00 ПЗ

Лист

21

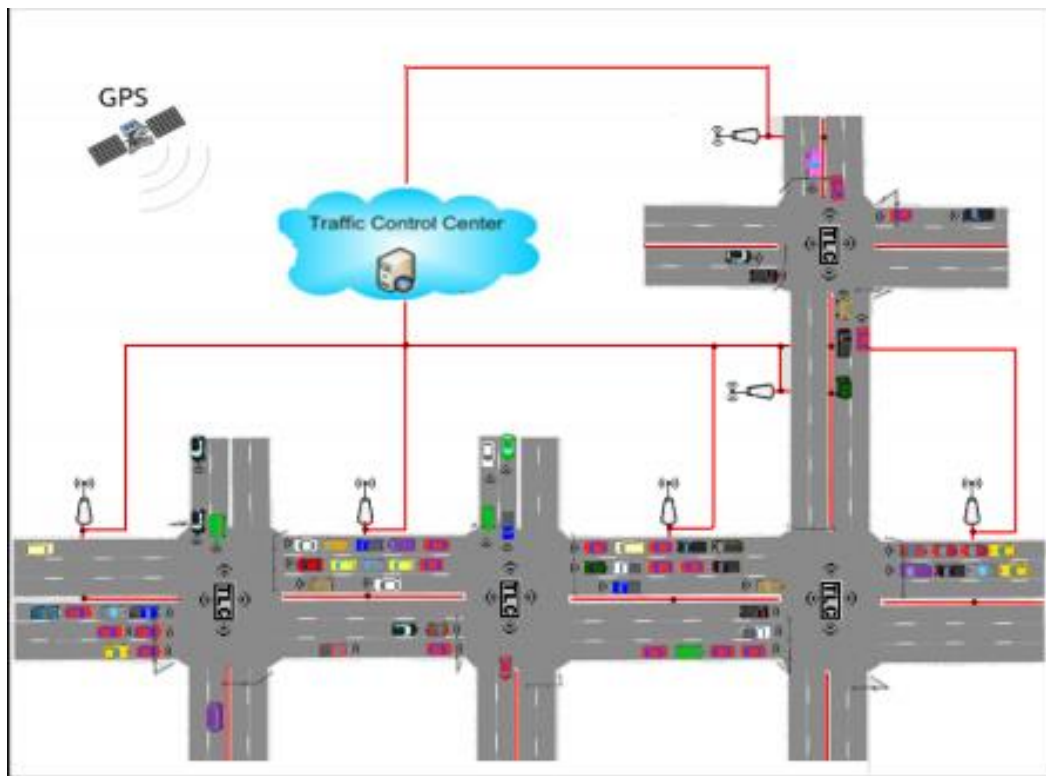


Рисунок 1.9 – Модель системы адаптивного управления светофорами

Предполагается, что все рассматриваемые дороги являются дорогами с двусторонним движением и каждое направление имеет три полосы. Требуемый уровень информации и сбор данных обеспечиваются технологиями беспроводной или проводной связи между транспортными средствами (V2V) и между транспортными средствами и инфраструктурой (V2I). Система V2X, связанная с сетью датчиков, предоставляет точную информацию о количестве и типе транспортных средств, поведении водителей на участках между двумя перекрестками (скорость, количество ТС на полосе движения). При этом система должна обладать базой данных для информационной инфраструктуры (длина участка дороги, количество полос и ограничения скорости).

Другие подходы основаны на мультиагентной парадигме. Многоагентные системы состоят из интеллектуальных агентов, способных разрабатывать самостоятельные действия и совместно разрабатывать задачи для решения сложных систем. Ниже представлены 2 разные мультиагентные системы, предназначенные для оптимизации управления сигналом и транспортными потоками с использованием агентов и нечеткой логики [18].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.01.2020.110.00.00 ПЗ

Лист

25

Для повышения эффективности координированного движения предлагается скорость движения по ЗВ устанавливать с учетом: уровня загрузки регулируемых пересечений Z_T , Z_p , количества полос движения n , длины перегона L_n и установившейся скорости V_{yc} . Расчет скорости движения по ЗВ представлен в формуле 1.6:

$$v_{зв} = v_{cp} = f(v_{yc}, Z_T, Z_p, n, L_n) \quad (1.6)$$

На основе исследований установлены особенности изменения скоростного режима транспортных потоков в зоне разгона и торможения у регулируемых перекрестков. Выявлено, что скорость транспортного потока в зоне перекрестка меняется в зависимости от уровня его загрузки и числа полос движения. Скорость транспортного потока на участке с тремя полосами движения в одном направлении представлена на рисунке 1.13.

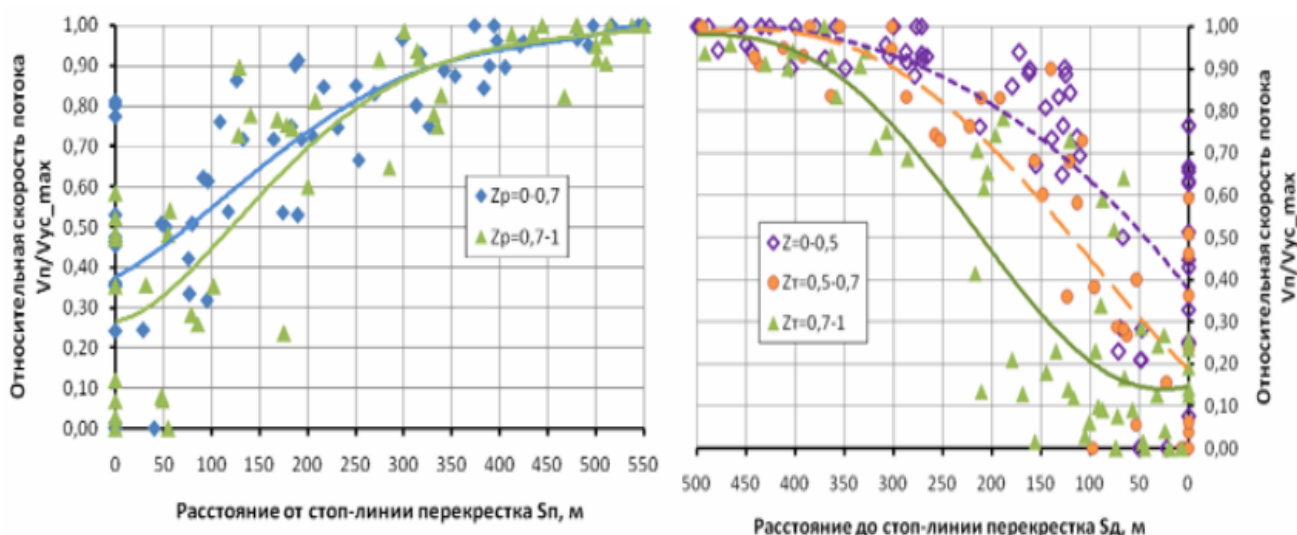


Рисунок 1.13 – Скорость транспортного потока в зонах разгона и торможения

Исследование режимов движения в зонах разгона и торможения позволило выявить закономерности движения транспортного потока при прохождении перекрестков. Движение на зеленый сигнал светофора в условиях плотных транспортных потоков и близко расположенных регулируемых пересечений не гарантируют транспортному потоку движение в режиме постоянной скорости. На перегонах длиной до 950 м при обеспечении беспрепятственного проезда движение носит пилообразный характер: зона разгона сменяется зоной торможения и наоборот. На рисунке 1.14 представлен график изменения скорости

транспортного потока на участке с тремя полосами движения при уровне загрузки в зоне разгона $Z_p = 0,7 \dots 1$ и различном уровне загрузки в зоне торможения Z_T .

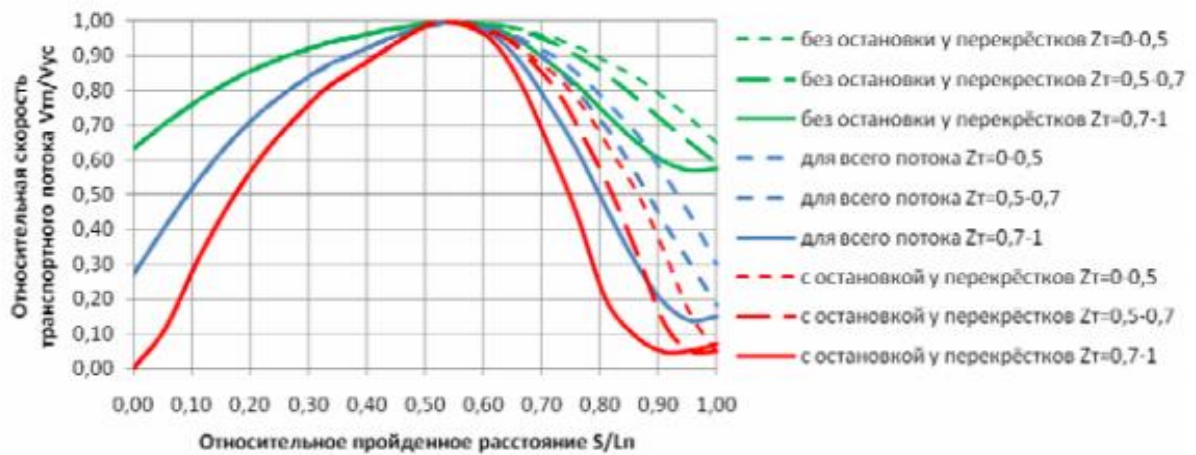


Рисунок 1.14 – Изменения скорости транспортного потока

Выполненные исследования позволяют рассчитать оптимальную скорость движения потока по зеленой волне и оптимизировать функционирование координированного регулирования движения при действии зеленой волны в одном направлении. На рисунке 1.15 представлена блок-схема координированного управления движением [26].



Рисунок 1.15 – Схема координированного управления

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Характеристика перекрестка

Основываясь на анализе заторных ситуаций в г. Челябинск был выбран перекрёсток Свердловского проспекта и проспекта Победы. На рисунке 2.1 представлена дорожно-транспортная обстановка на данном перекрестке в пиковые часы.

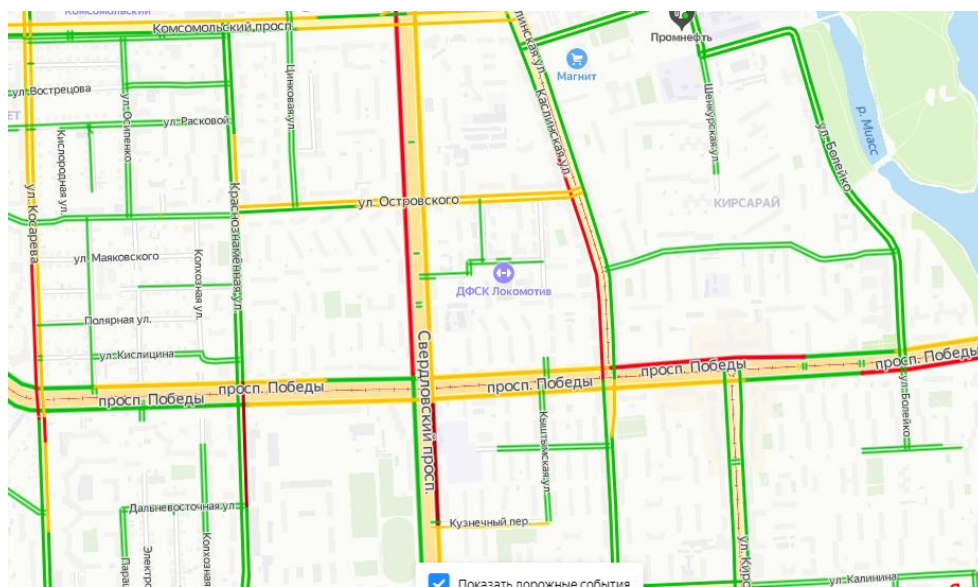


Рисунок 2.1 – Дорожно-транспортная обстановка в пиковые часы

Данный перекресток является важным узлом дорожной сети, так как представляет пересечение основных магистральных улиц города. Перекрёсток регулируемый, четырёхсторонний. Свердловский проспект, согласно дорожным знакам, является главной дорогой. Вид с камеры «Интерсвязь» на перекресток представлен на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Вид с камеры «Интерсвязь» на перекресток

					23.03.01.2020.110.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Дата		32

Свердловский проспект идет в строго меридиональном направлении с севера на юг, он является осевым для города, т.к. практически симметрично делит его на восточную и западную части.

Проспект Победы (самая длинная улица – свыше 12 км) является одной из самых крупных транспортных артерий Челябинска, трамвайная линия здесь – самая насыщенная в городе.

Направление на юг (NS) представляется как наиболее проблематичное на данном перекрестке. Ширина проезжей части – 28 метров, полос для движения транспортных средств – 4. Расстояние от стоп-линии до пересекаемой проезжей части – 28 метров. При повороте транспорта направо образуется конфликт с пешеходами, при движении прямо и налево конфликт отсутствует. Схема перекрестка изображена на рисунке 2.3.

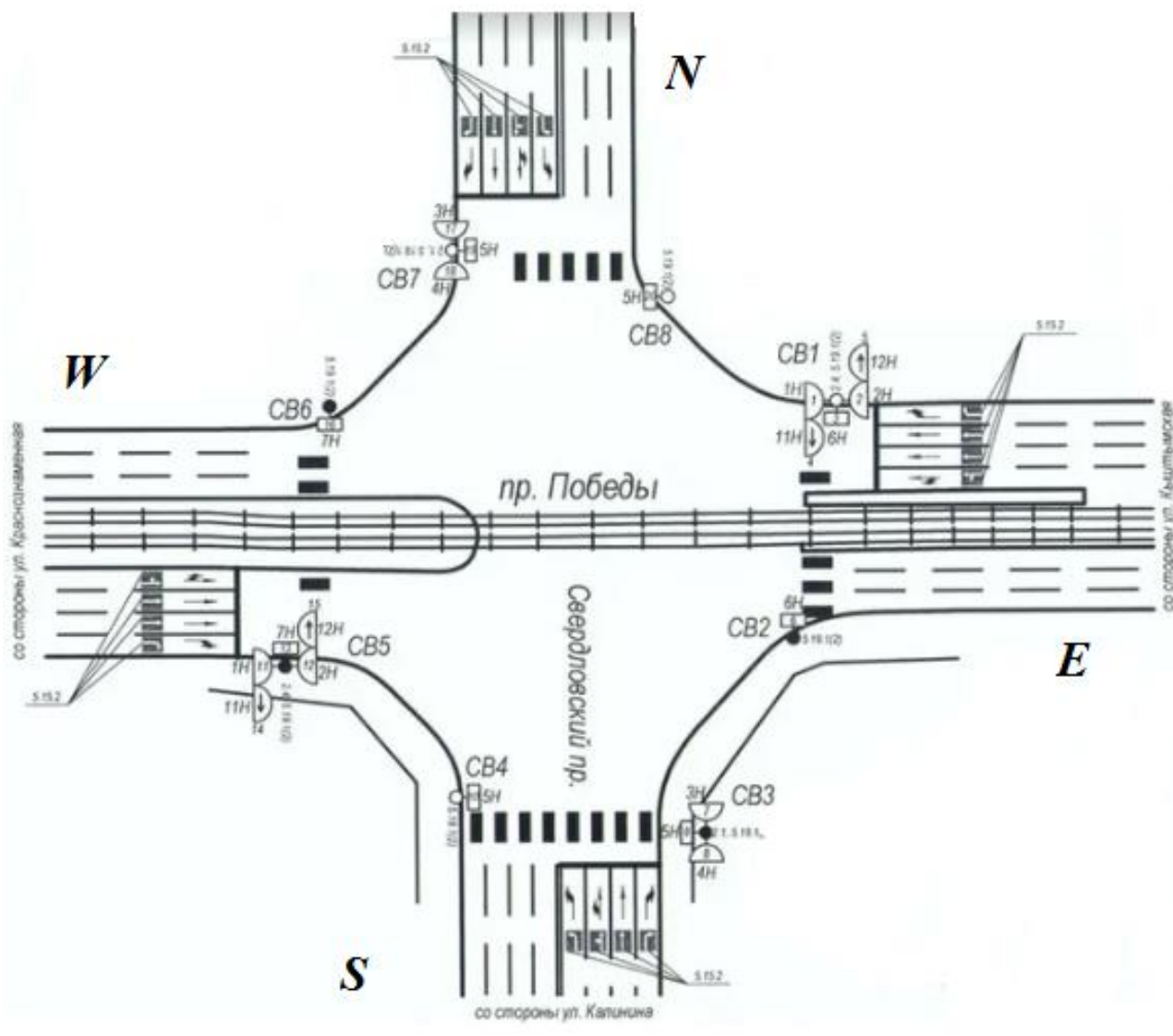


Рисунок 2.3 – Схема перекрестка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.01.2020.110.00.00 ПЗ

Лист

33

2.2. Фактическая пропускная способность перекрестка

Для дальнейших действий необходимо было выявить фактическую пропускную способность. Замеры проводились 3 дня с 7:00 до 9:00 часов утра и с 17:00 до 19:00 часов вечера. Подсчет проводился по 9 категориям транспорта. Наиболее проблемным направлением с позиции заторов, является северное, анализ которого представлен ниже. Данные по пропускной способности в утреннее и вечернее время представлены на рисунке 2.4.

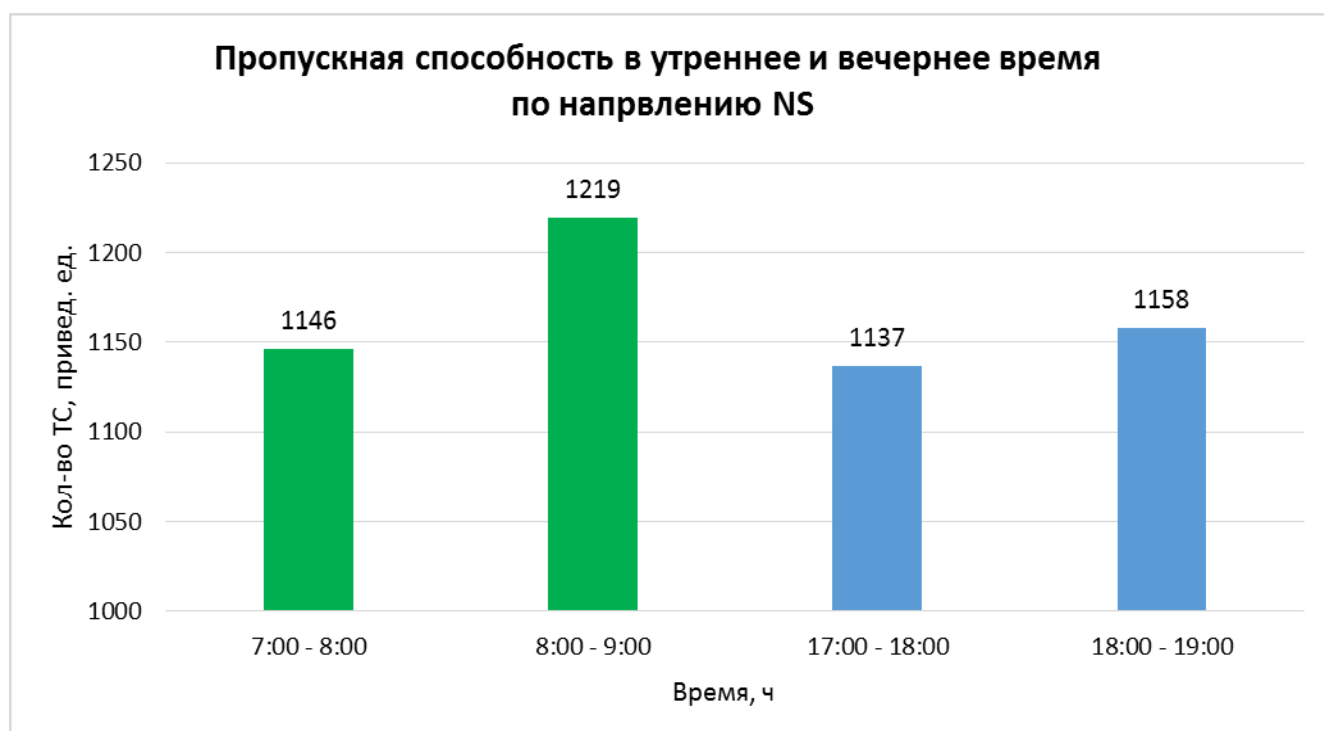


Рисунок 2.4 – Пропускная способность северного направления (NS)

Из рисунка видно, что как в утренние, так и в вечерние часы пик данное направление имеет высокую нагрузку. Средний показатель составляет 1 165 приведенных единиц в час.

Также по северному направлению проезжает значительное количество городского пассажирского транспорта разных классов и грузовых ТС различной грузоподъемности. Данные по соотношению видов ТС по направлению представлено на рисунке 2.5.

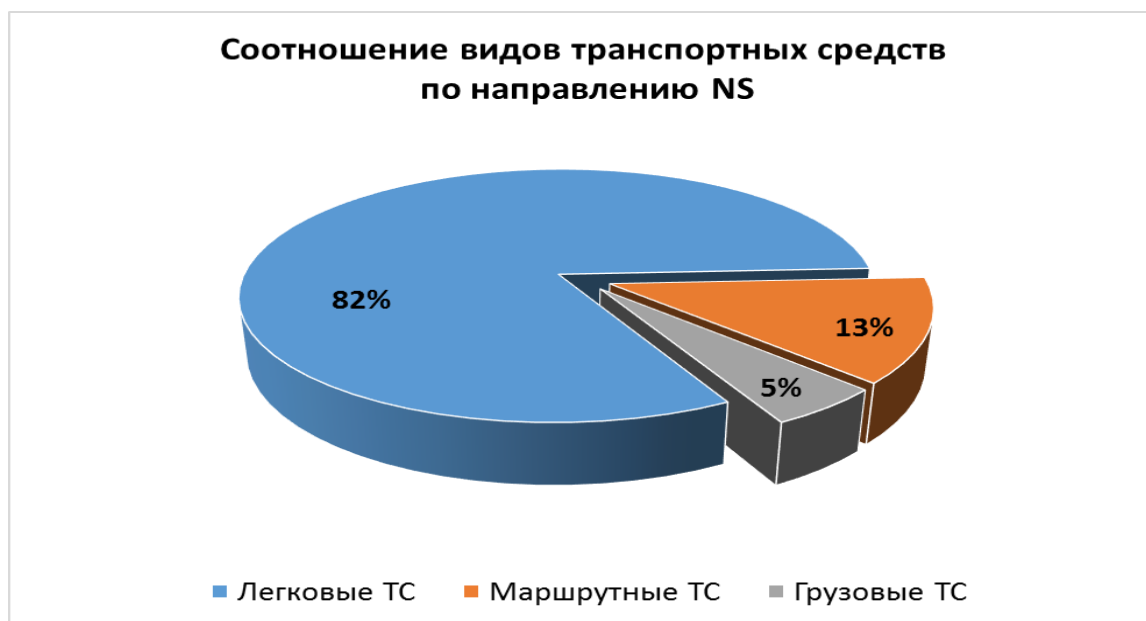


Рисунок 2.5 – Соотношение видов ТС по направлению NS

Подавляющую часть транспортного потока составляют легковые автомобили, формируя 82% всего трафика. Доля маршрутных ТС составляет 13%, а грузового транспорта – 5%. Загруженность полос в северном направлении в пиковые часы представлена на рисунке 2.6

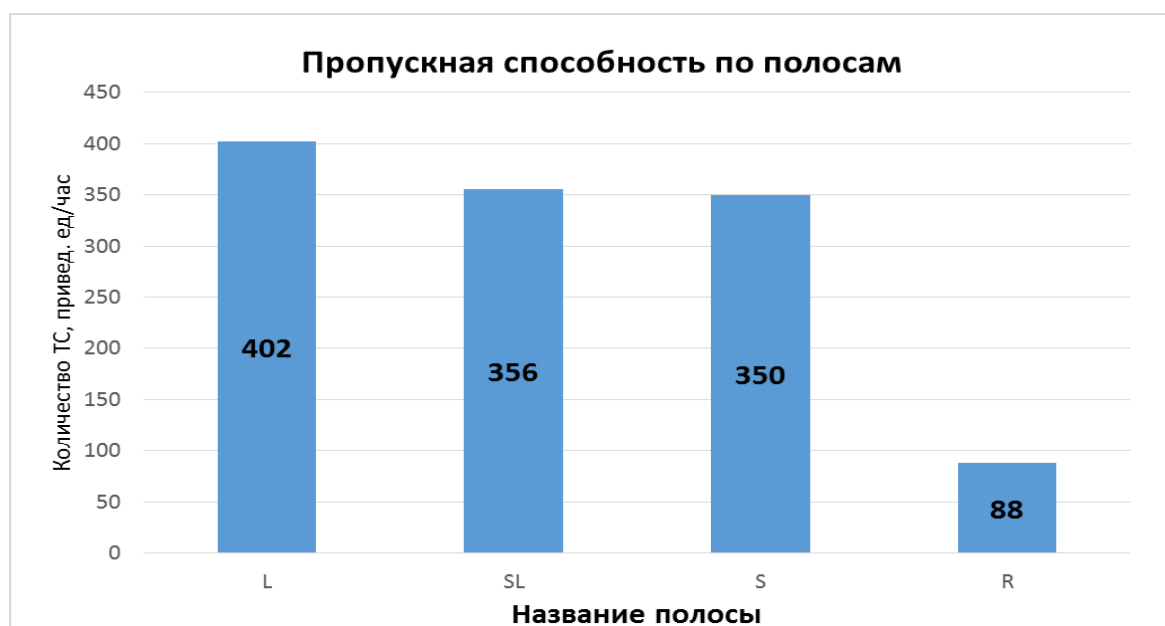


Рисунок 2.6 – Загруженность полос в северном направлении

Рисунок 2.6 демонстрирует, что наибольшей пропускной способностью обладает полоса L, по которой разрешено движение только налево. Это обусловлено тем, что по ней проезжает наименьшее количество крупных маршрутных и грузовых ТС. Кроме того, отсутствует конфликт с пешеходным потоком или встречным направлением транспортных средств. По полосе R,

разрезающей движение только направо, проезжает меньшее количество ТС из-за низкой интенсивности. Данную полосу нецелесообразно сравнивать с остальными. Полосы SL и S обладают примерно одинаковой пропускной способностью, поскольку по ним движется большая часть маршрутных и грузовых ТС из всего потока, что снижает рассматриваемый показатель.

2.3 Расчет потока насыщения и теоретической пропускной способности

Одним из главных расчетных параметров транспортного потока, который используется в зарубежной литературе при проектировании режимов регулирования, является идеальный поток насыщения, то есть поток насыщения, достигающийся при идеальных условиях движения [27]. Кроме того, в «Методических рекомендациях по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения» Министерства транспорта Российской Федерации также используется расчет потока насыщения.

Согласно данным рекомендациям под потоком насыщения понимается установившаяся интенсивность движения через стоп-линию из очереди большой длины. Эта интенсивность достигается, как правило, между 10-й и 14-й секундами работы зеленого сигнала, что соответствует проезду над стоп-линией передней оси 4-го ÷ 6-го автомобилей после включения зеленого сигнала. На рисунке 2.7 представлен момент наступления потока насыщения.

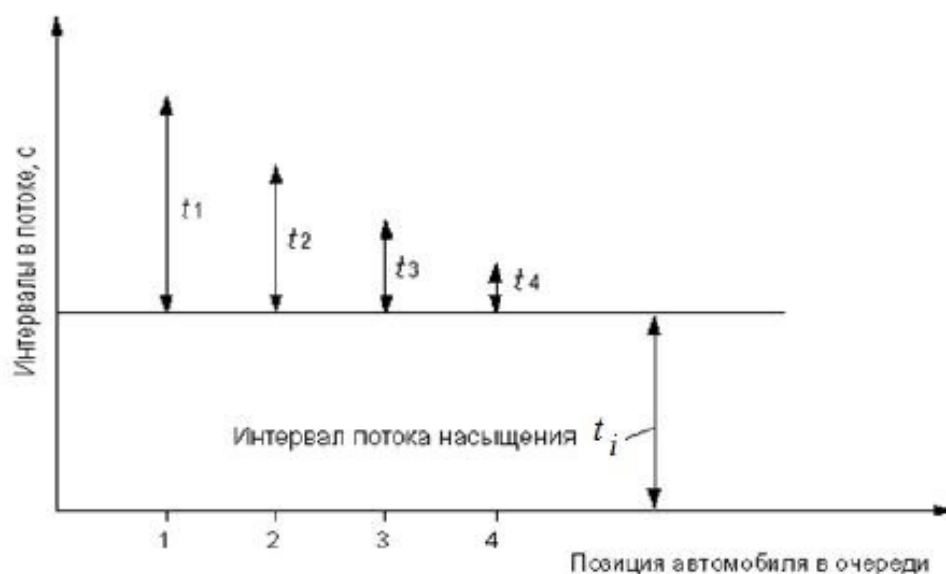


Рисунок 2.7 – Момент наступления потока насыщения:

t_i – интервал потока насыщения, наблюдаемый после проезда i -го автомобиля

					23.03.01.2020.110.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$P_{ji} = \frac{S_{ji} \cdot g_i}{C}, \quad (2.5)$$

где P_{ji} – пропускная способность полосы j в течение фазы регулирования i , прив. ед./ч;

S_{ji} – поток насыщения полосы j в течение фазы регулирования i , прив. ед./ч;

g_i – эффективная длительность фазы регулирования i , с;

C – длительность цикла регулирования, с.

Подставим значения в формулу (2.5):

$$P_{ji} = \frac{1530 \cdot 32}{100} = 490 \text{ прив. ед./ч.}$$

Для наглядности поток насыщения и пропускная способность полосы представлены на рисунке 2.8.

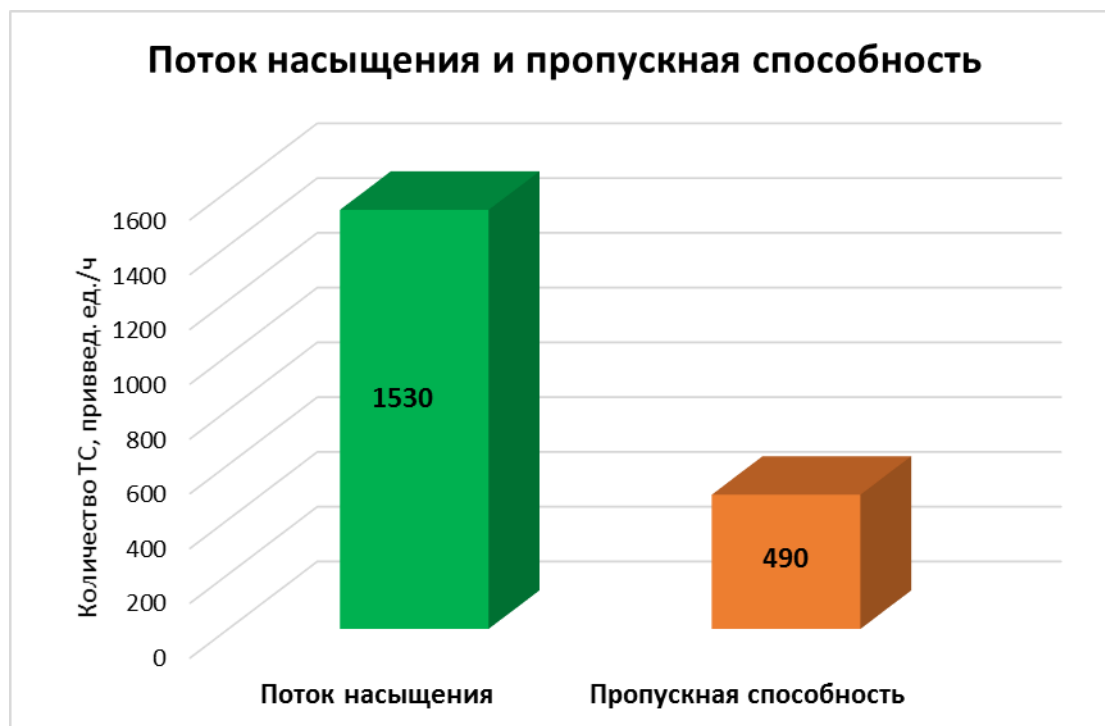


Рисунок 2.8 – Поток насыщения и пропускная способность полосы

Далее необходимо сравнить теоретические данные, полученные путем вычислений, с фактическими данными, полученными с помощью камер «Интерсвязь». Результаты теоретического и фактического исследования представлены на рисунке 2.9.

2.4 Влияние пассажирского транспорта на пропускную способность

Пассажирский транспорт большого класса и грузовой транспорт большой грузоподъемности (автопоезда) обладают более низкими динамическими характеристиками по сравнению с легковыми автомобилями. Следовательно, им необходимо больше времени на разгон и преодоление перекрестка, что, в свою очередь, снижает пропускную способность. Влияние пассажирского и грузового транспорта на пропускную способность полосы S представлено на рисунке 2.11.

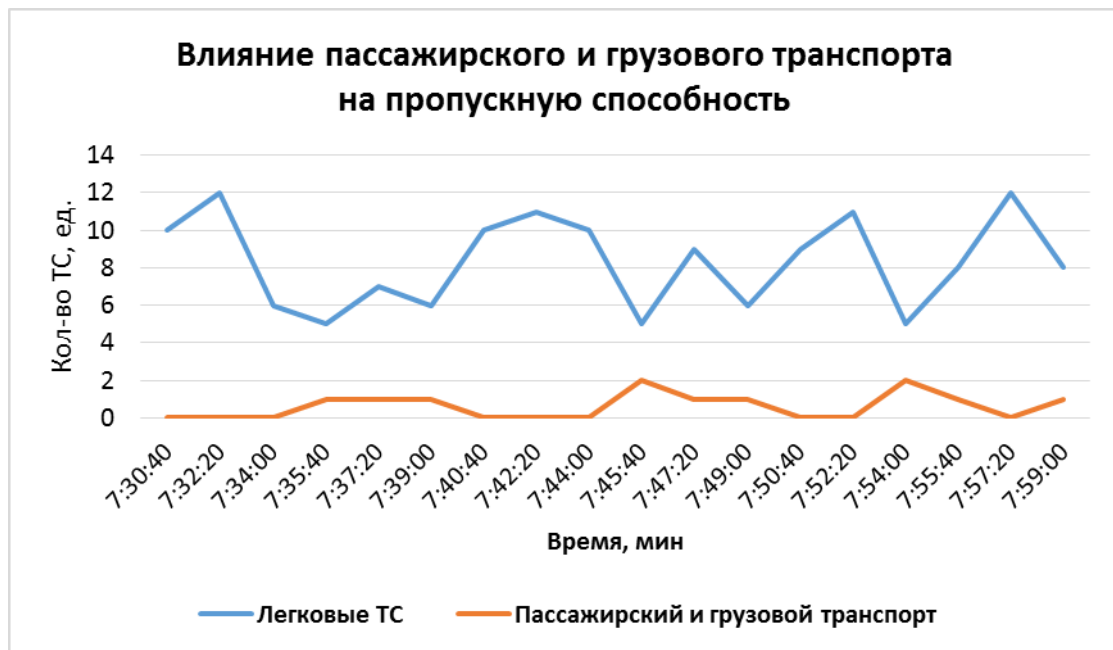


Рисунок 2.11 – Влияние пассажирского и грузового транспорта

На рисунке хорошо видно, что при увеличении количества единиц пассажирского и грузового транспорта пропускная способность полосы значительно снижается.

Кроме того, для более детального выявления зависимости количества проезжающих автомобилей от количества проезжающих пассажирских ТС было выполнено 3 типа замеров. В первом случае замеры производились с условием того, что первым начинать движение будет троллейбус. Во втором случае пассажирский транспорт отсутствовал. В третьем случае пассажирский транспорт начинал движение седьмым-десятым. Также нужно было измерить расстояние от стоп-линии до границы с конфликтующим направлением. Оно составило 28 м. Это расстояние необходимо для того, чтобы оценить скорость прохождения участка при равных условиях троллейбусом и легковым автомобилем. Результаты замеров представлены на рисунке 2.12.

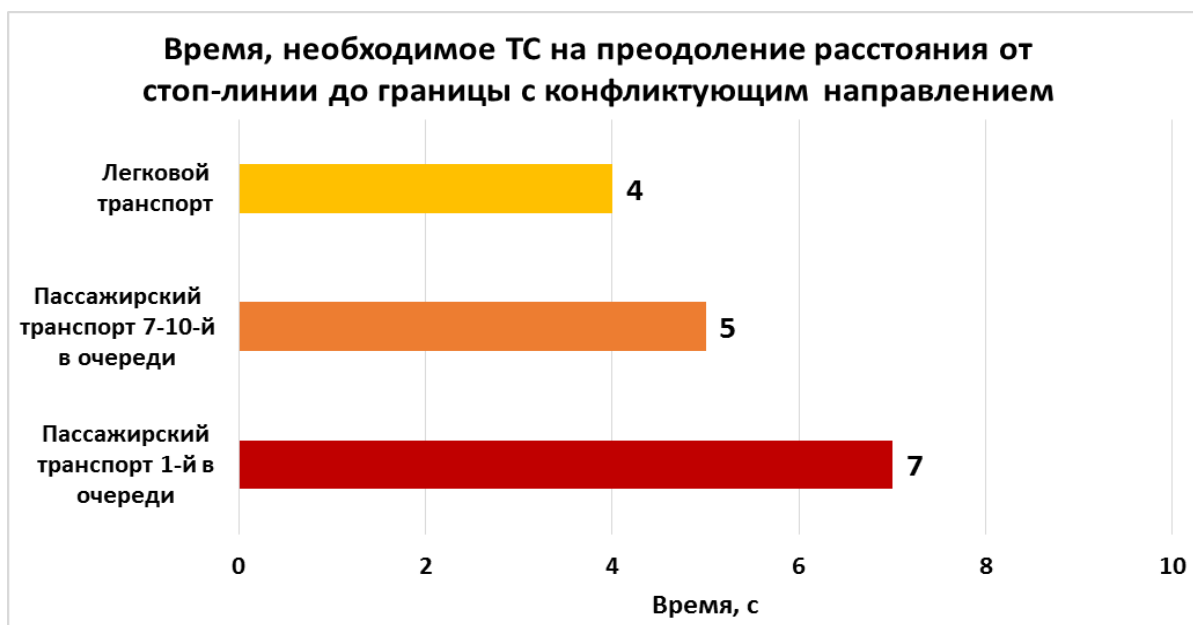


Рисунок 2.12 – Время, затрачиваемое легковым и пассажирским ТС

Диаграмма показывает, что на разгон пассажирского транспорта большого класса в среднем требуется на 3 секунды больше, если он стоит первый в очереди, чем на разгон легкового автомобиля. При этом если пассажирский транспорт начинает движение седьмым-десятым, то время, необходимое на преодоление заданного участка, снижается на 2 секунды, что близко к показателю для легковых ТС. Средняя скорость преодоления участка легковым автомобилем составляет 25,2 км/ч. Для пассажирского транспорта первого в очереди эта величина равна 14,4 км/ч, а для пассажирского транспорта седьмого-десятого в очереди – 20,2 км/ч. Данные по скорости представлены на рисунке 2.13.

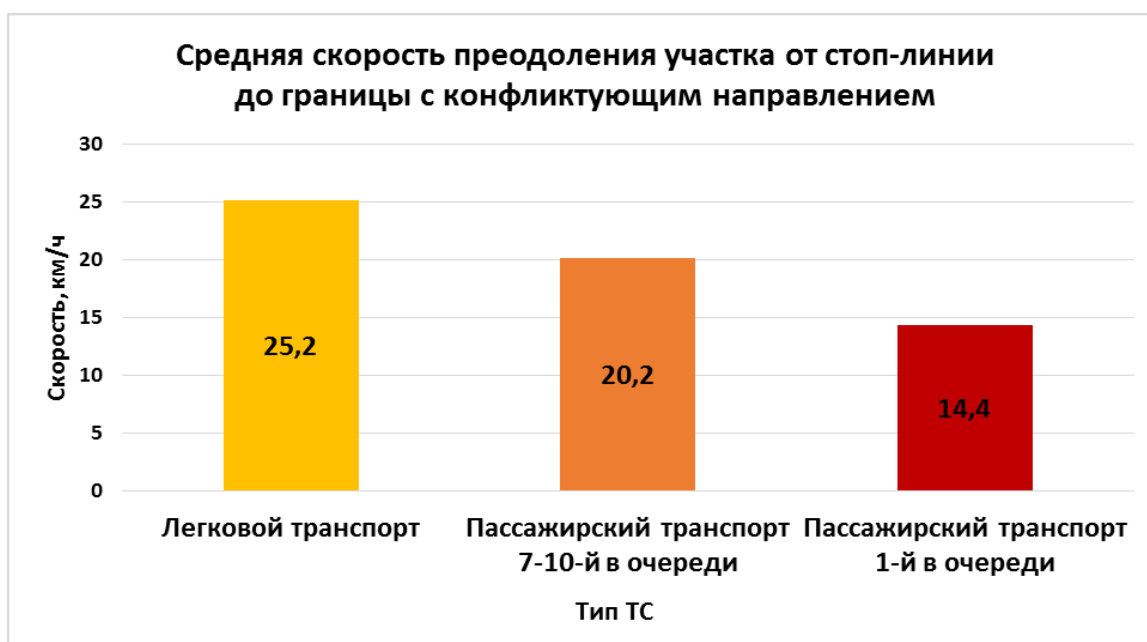


Рисунок 2.13 – Средняя скорость легкового и пассажирского ТС

Из рисунка видно, что средняя скорость легкового ТС на 10,8 км/ч больше средней скорости пассажирского ТС первого в очереди. Следовательно, время разгона и средняя скорость данных ТС оказывает значительное влияние на пропускную способность полосы, что показывает рисунок 2.14.

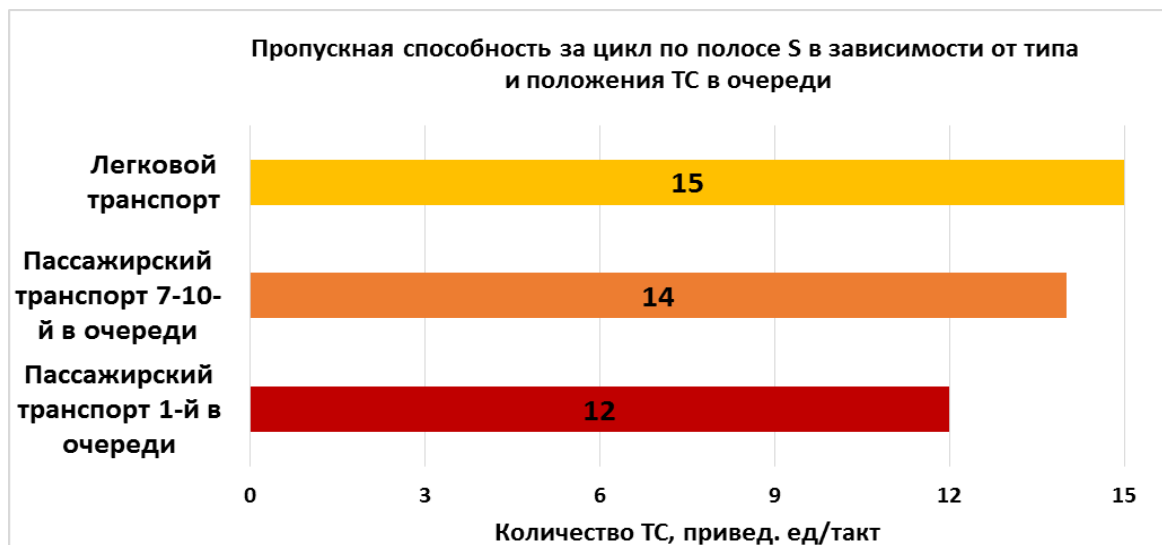


Рисунок 2.14 – Количество проезжающих ТС за такт

Рисунок показывает, что в среднем за такт по полосе проезжает на 3 приведенных единицы ТС меньше, если первым движение начинает пассажирский транспорт. При этом если он находится в очереди седьмым и далее, то пропускная способность увеличивается на 2 единицы за такт.

С учетом того, что длительность такта составляет 35 секунд, можно посчитать пропускную способность по данной полосе за час. За это время произойдет смена 36 тактов. Данные по пропускной способности представлены на рисунке 2.15.



Рисунок 2.15 – Количество проезжающих ТС за час

Можно сделать вывод, что пассажирский транспорт может снижать пропускную способность на 20%, если он оказывается первый в очереди.

Также было проведено исследование времени пересечения стоп-линии легковыми и пассажирскими ТС в зависимости от их положения в очереди. На рисунке 2.16 показано время пересечения стоп-линии легковым ТС в зависимости от его положения в очереди.

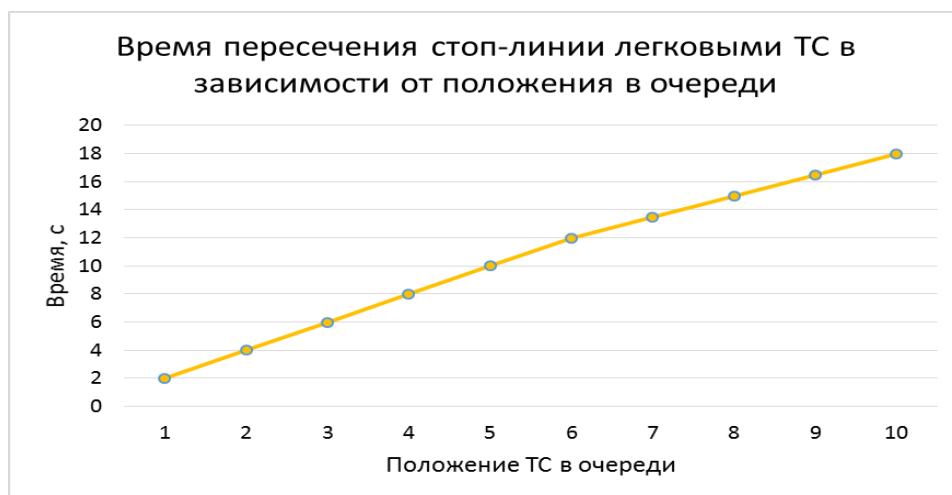


Рисунок 2.16 – Время пересечения стоп-линии

Рисунок показывает, что первые 6 автомобилей пересекают стоп-линию за 2 секунды, а начиная с 7 автомобиля время пересечения стоп-линии составляет 1,5 секунды. Это обусловлено тем, что первым автомобилям необходимо время на разгон. При этом седьмое транспортное средство и последующие пересекают стоп-линию быстрее, так как успевают набрать скорость к моменту пересечения.

Также был рассмотрен вариант времени пересечения стоп-линии с участием пассажирского транспорта. Данные представлены на рисунке 2.17.

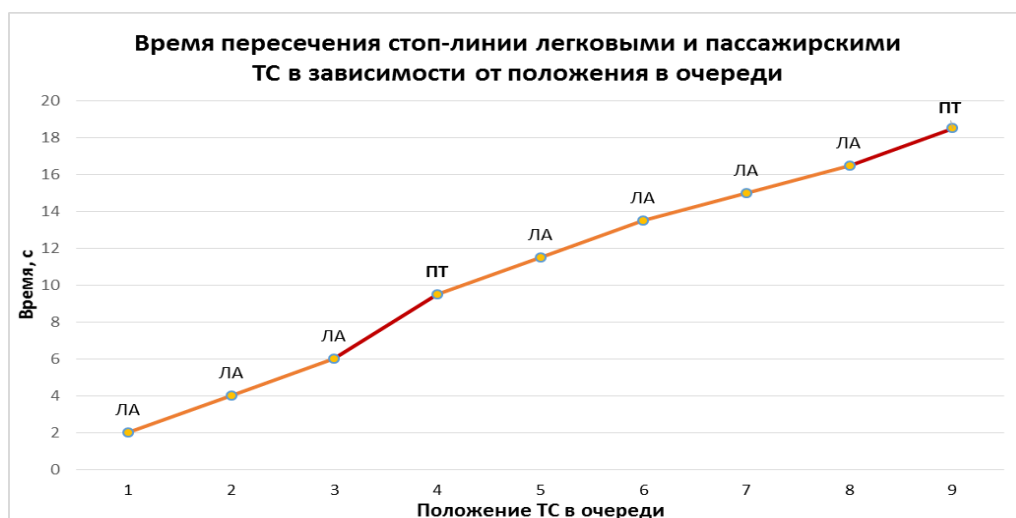


Рисунок 2.17 – Время пересечения стоп-линии с участием пассажирского транспорта

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.01.2020.110.00.00 ПЗ

Лист

45

Рисунок показывает, что пассажирскому транспорту, находясь в начале очереди, необходимо 3,5 секунды на пересечение стоп-линии. При этом, занимая положение в конце очереди, пассажирский транспорт пересечет стоп-линию за 2 секунды, то есть примерно за то же время, что и легковой транспорт.

Кроме того, было исследовано время пересечения стоп-линии двумя пассажирскими автобусами (троллейбусами), находящимися рядом. Данные замеров представлены на рисунке 2.18.

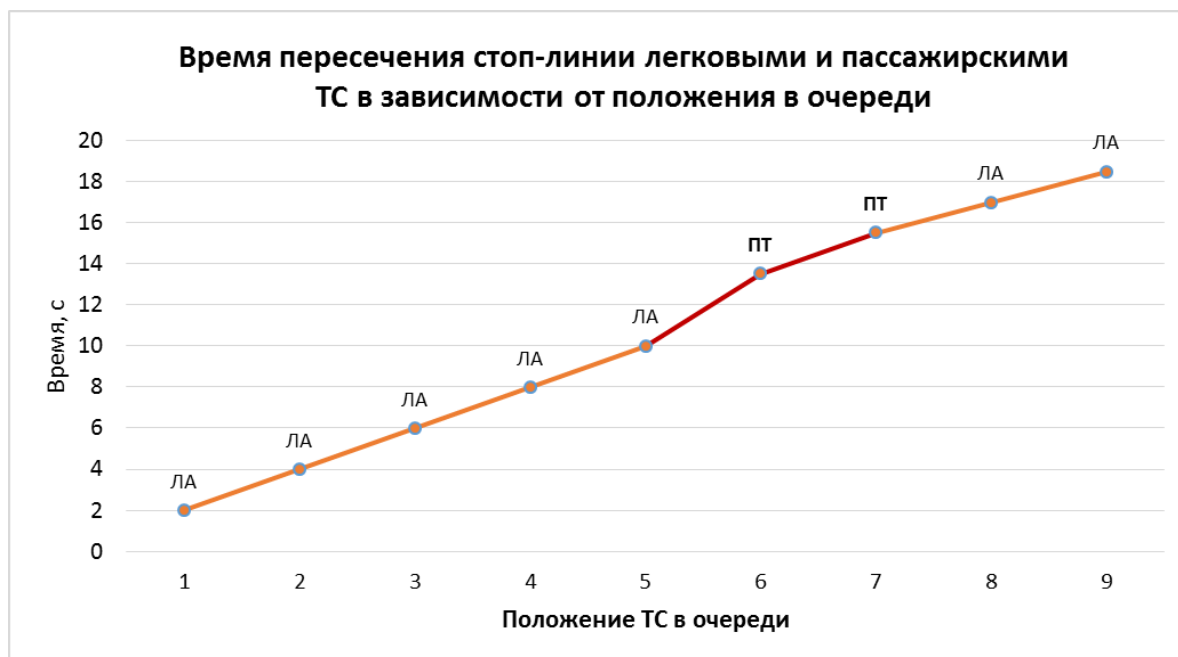


Рисунок 2.18 – Время пересечения стоп-линии с участием 2 автобусов/троллейбусов

Рисунок показывает, что первому автобусу/троллейбусу, находясь 6 в очереди необходимо так же 3,5 секунды на пересечение. При этом второму пассажирскому ТС, находясь уже 7 в очереди, достаточно 2 секунд, так как он успевает разогнаться.

2.5 Проектное решение

Для решения проблемы низкой пропускной способности предлагается использование нейронных сетей, которые позволяют распознавать транспортные потоки и обрабатывать полученные данные, необходимые для оптимизации дорожного движения.

Нейронная сеть состоит из множества взаимодействующих простых процессов или функций – нейронов и связей между ними. Нейронные сети

не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Способность к обучению является одним из главных преимуществ нейронных сетей по сравнению с традиционными алгоритмами. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна идентифицировать сложные зависимости между входными и выходными данными, а также выполнять обобщение. Это означает, что в случае успешного обучения сеть сможет дать верный результат на основе данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, были неполными и / или искаженными [29].

Обучение нейронных сетей можно осуществлять с помощью камеры видеонаблюдения. На сегодняшний день камера обучена подсчитывать транспортные средства, подразделяя их на 13 категорий. Пример сбора данных представлен на рисунке 2.19.

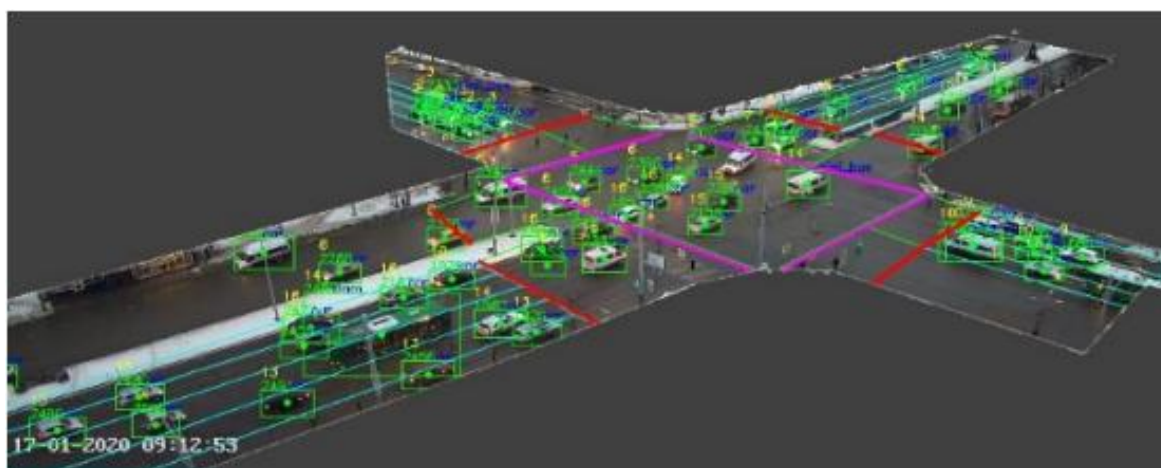


Рисунок 2.19 – Пример сбора данных

Рисунок показывает, что система способна распознавать структуру потока. Исходя из проведенных исследований видно, что состав потока значительно влияет на скорость преодоления перекрестка транспортными средствами, а, следовательно, и на пропускную способность.

Нейронная система также будет взаимодействовать с системой навигации ГЛОНАСС/GPS. Спутниковый мониторинг транспортных средств на основе систем ГЛОНАСС/GPS представляет собой систему, которая собирает, хранит и визуализирует данные о работе транспортных средств, стационарных объектов и сотрудников. Принцип работы этой системы следующий:

1) Трекер отслеживает и записывает во встроенную память изменяющиеся координаты спутников, подключается к сети через SIM-карту и отправляет информацию на телематический сервер;

2) Сервер принимает собранные данные и сохраняет их в базе данных;

3) Клиентский интерфейс системы позволяет обрабатывать информацию, хранящуюся на сервере, создавать маршруты на карте, формировать различные отчеты о работе транспортных средств и т. д. [30].

Для наглядности принцип работы системы ГЛОНАСС/GPS представлен на рисунке 2.20.



Рисунок 2.20 – Принцип работы системы ГЛОНАСС/GPS

Таким образом, отслеживание координат ТС будет происходить с помощью ГЛОНАСС/GPS оборудования, которым оснащен весь муниципальный общественный транспорт.

После того как данные, полученные от системы ГЛОНАСС/GPS и камер видеонаблюдения, поступят в центр обработки данных, интеллектуальная система проанализирует ситуацию в режиме реального времени. Далее информация поступит водителю на смартфон, на котором будет установлено специальное приложение. С помощью него водитель получит рекомендации об оптимальной скорости движения. Таким образом, адаптивное управление будет осуществляться за счет правильного выстраивания очереди, уменьшая при этом глубину затора.

Таблица показывает, что на разработку приложения понадобится примерно 420 000 рублей.

Подсчитаем общие затраты на осуществление мероприятий:

$$T_{\text{общ}} = T_{\text{по}} + T_{\text{бу}} + T_{\text{кв}} + T_{\text{рп}}, \quad (3.3)$$

где $T_{\text{общ}}$ – стоимость реализации проекта с применением интеллектуальных технологий, руб.;

$T_{\text{по}}$ – стоимость программного обеспечения, руб.;

$T_{\text{бу}}$ – стоимость блоков управления, руб.;

$T_{\text{кв}}$ – стоимость камер видеонаблюдения, руб.;

$T_{\text{рп}}$ – стоимость разработки приложения, руб.

Подставим найденные значения в формулу (3.3):

$$T_{\text{общ}} = 120\,000 + 40\,000 + 175\,000 + 420\,000 = 755\,000 \text{ руб}$$

Для устранения и предотвращения сбоев и неполадок в работе необходимо будет поддерживать данное программное обеспечение. Годовая стоимость обслуживания – 60 000 руб.

3.3 Сравнение затрат на реализацию проектов

Сравним количество инвестиций, требующихся для реализации проекта по строительству новой полосы, а также количество инвестиций, требующихся для реализации проекта по повышению пропускной способности с использованием интеллектуальных технологий. Сравнение необходимых затрат представлено на рисунке 3.1.

					23.03.01.2020.110.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

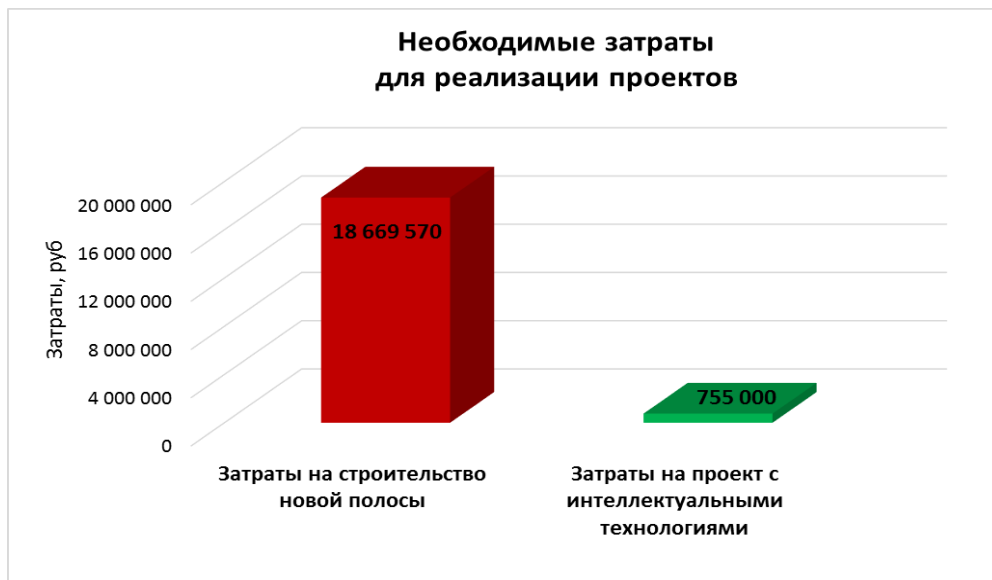


Рисунок 3.1 – Сравнение необходимых затрат

Как видно из рисунка разница в затратах достаточно велика. Строительство новой полосы обойдется примерно в 25 раз дороже. Следовательно, выгода от проекта по использованию интеллектуальных технологий составит 17 914 570 рублей.

Сравнение средств, которые будет необходимо затрачивать на годовое обслуживание проекта, представлено на рисунке 3.2.

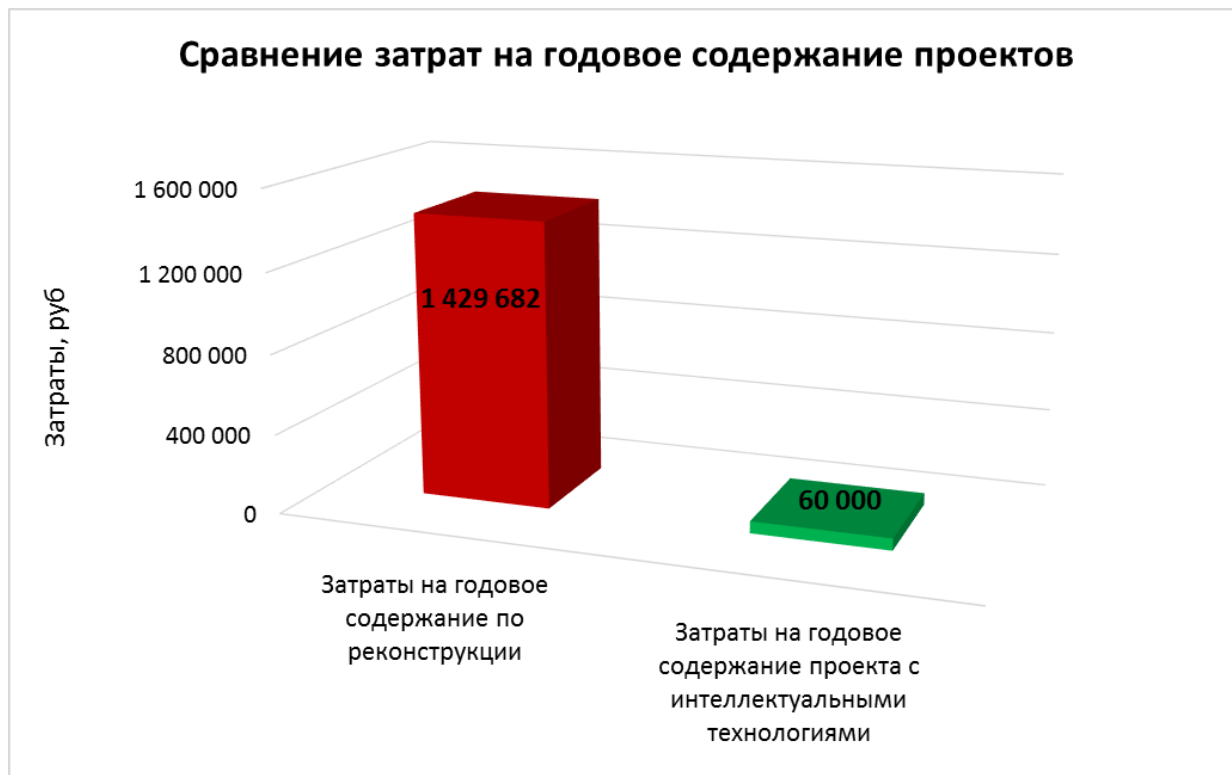


Рисунок 3.2 – Сравнение затрат на годовое содержание

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.01.2020.110.00.00 ПЗ

Лист

55

Таблица 4.2 – Требования к оснащению рабочего места

Высота перегородок, разделяющих рабочие места	Не менее 1,5 метров
Ширина рабочего стола	От 80 до 140 см
Глубина рабочего стола	От 80 до 100 см
Высота рабочего стола	От 680 до 800 см
Расстояние от глаз до монитора	От 60 до 70 см
Расстояние от клавиатуры до края стола	От 10 до 30 см
Сидение	Должно позволять регулировку по высоте, повороту и углу наклона спинки (регулировки должны быть независимыми друг от друга)
Подставка для ног	Ширина — от 30 см, глубина – от 40 см, с углом наклона до 20 градусов

Схема правильной посадки при работе за ПК представлена на рисунке 4.1.

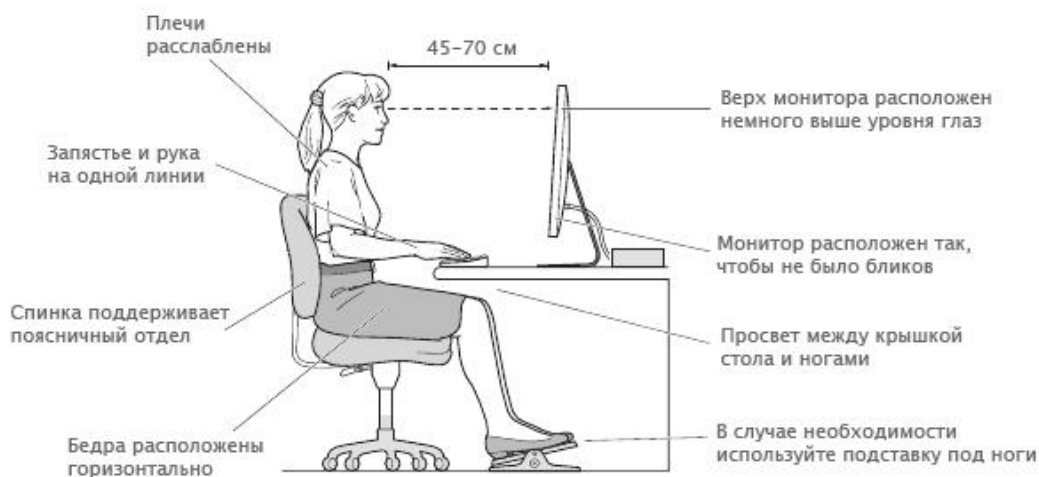


Рисунок 4.1 – Схема правильной посадки при работе за ПК

Для нормализации аэроионного фактора помещений с компьютерами необходимо использовать устройства автоматического регулирования ионного режима воздушной среды (например, аэроионизатор стабилизирующий "Москва-СА1").

Вывод по разделу четыре

В данном разделе были рассмотрены общие требования безопасности при работе оператора с вычислительной техникой. Так же описаны требования безопасности перед началом работы, во время работы и по ее окончании. Кроме того, приведены требования безопасности в аварийных ситуациях.

					23.03.01.2020.110.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе было предложено решение по повышению пропускной способности на примере перекрестка Свердловского проспекта и проспекта Победы. Оно заключалось в применении адаптивного управления городскими транспортными потоками на основе машинного обучения, а именно нейронной сети.

В данной работе были изучены современные методы управления дорожным движением и выявлены их преимущества. Анализ показал, что адаптивные системы регулирования дорожного движения являются эффективными при решении транспортных проблем.

На рассматриваемом узле УДС было исследовано влияние городского пассажирского транспорта на пропускную способность. В частности, обнаружено, что автобусы большого класса и троллейбусы могут снижать данный показатель на 15-20%. Это связано с тем, что из-за низких динамических показателей, им необходимо больше времени на разгон, чем легковым автомобилям. Для решения данной проблемы было предложено использование интеллектуальных технологий, которые помогут правильно выстраивать общественный транспорт в очереди.

Эффективность внедрения этих технологий подкреплена и с экономической стороны. Вместо дорогостоящего строительства новой полосы целесообразнее правильно организовать дорожное движение с помощью адаптивного управления. Расчеты показали, что данный проект требует намного меньше вложений, чем строительство дорог.

					23.03.01.2020.110.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Адаптивное управление городскими транспортными потоками на основе машинного обучения

Выполнила: Михальчук В.В.

Научный руководитель: Шепелёв В.Д.



Южно-Уральский
государственный
университет

Национальный
исследовательский
университет

Адаптивное управление городскими транспортными потоками на основе машинного обучения

Михальчук Вероника Владиславовна

Компоненты и сервисы ИТС



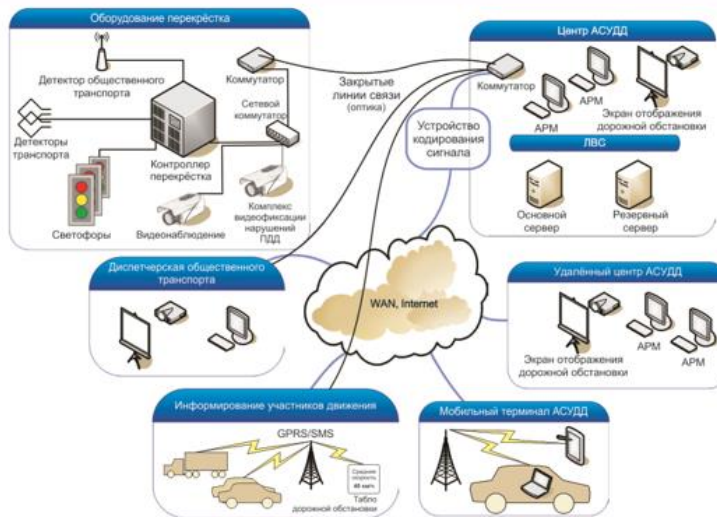
Южно-Уральский
государственный
университет

Национальный
исследовательский
университет

Адаптивное управление городскими транспортными потоками на основе машинного обучения

Михальчук Вероника Владиславовна

Схема построения АСУДД



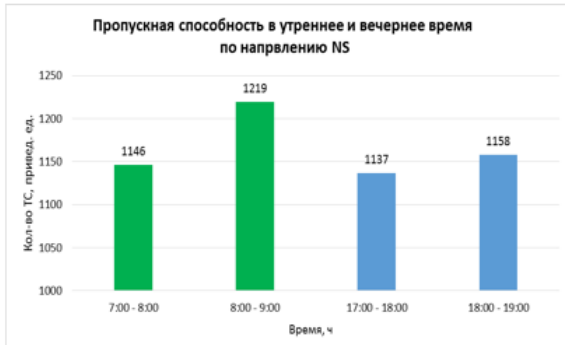
Южно-Уральский
государственный
университет

Национальный
исследовательский
университет

Адаптивное управление городскими транспортными потоками на основе машинного обучения

Михальчук Вероника Владиславовна

Анализ фактической пропускной способности



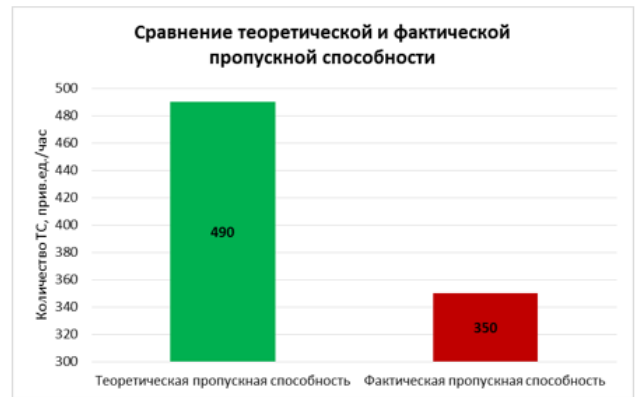
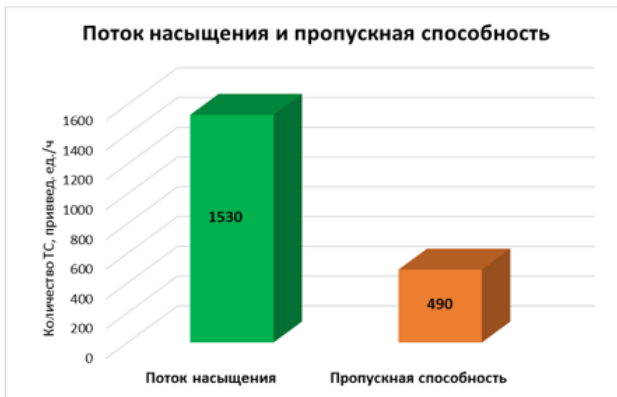
Южно-Уральский
государственный
университет

Национальный
исследовательский
университет

Адаптивное управление городскими транспортными потоками на основе машинного обучения

Михальчук Вероника Владиславовна

Сравнение теоретической и фактической пропускной способности



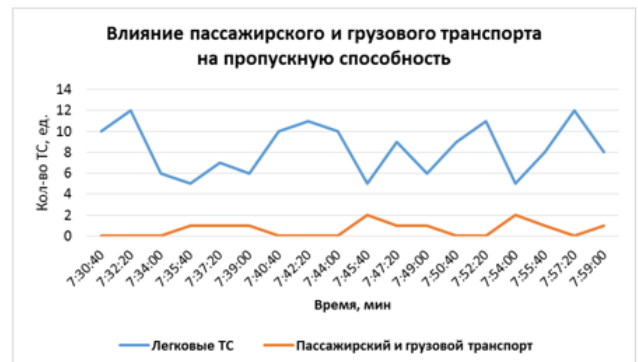
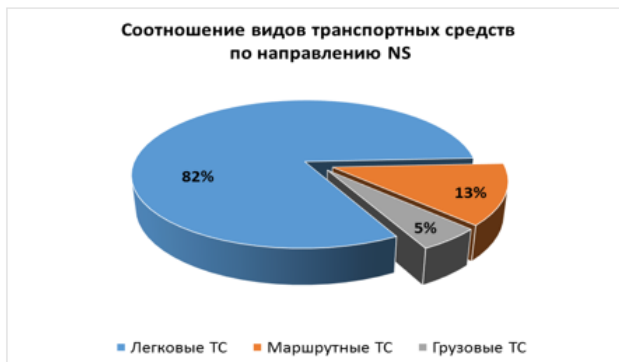
Южно-Уральский
государственный
университет

Национальный
исследовательский
университет

Адаптивное управление городскими транспортными потоками на основе машинного обучения

Михальчук Вероника Владиславовна

Анализ структуры транспортного потока



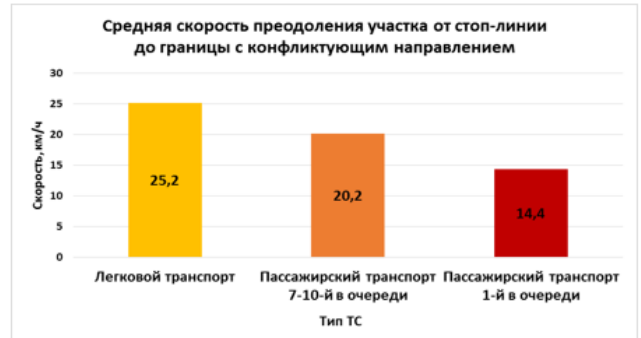
Южно-Уральский
государственный
университет

Национальный
исследовательский
университет

Адаптивное управление городскими транспортными потоками на основе машинного обучения

Михальчук Вероника Владиславовна

Влияние пассажирского транспорта на пропускную способность



Южно-Уральский
государственный
университет

Национальный
исследовательский
университет

Адаптивное управление городскими транспортными потоками на основе машинного обучения

Михальчук Вероника Владиславовна

Влияние пассажирского транспорта на пропускную способность



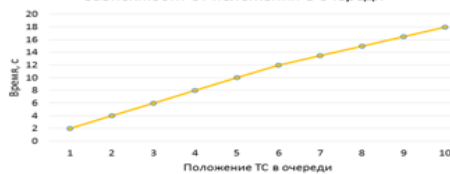
Южно-Уральский
государственный
университет

Национальный
исследовательский
университет

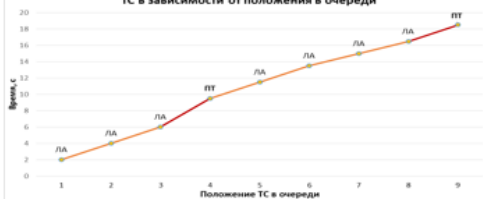
Адаптивное управление городскими транспортными потоками на основе машинного обучения

Михальчук Вероника Владиславовна

Время пересечения стоп-линии легковыми ТС в зависимости от положения в очереди



Время пересечения стоп-линии легковыми и пассажирскими ТС в зависимости от положения в очереди



Время пересечения стоп-линии легковыми и пассажирскими ТС в зависимости от положения в очереди



Южно-Уральский
государственный
университет

Национальный
исследовательский
университет

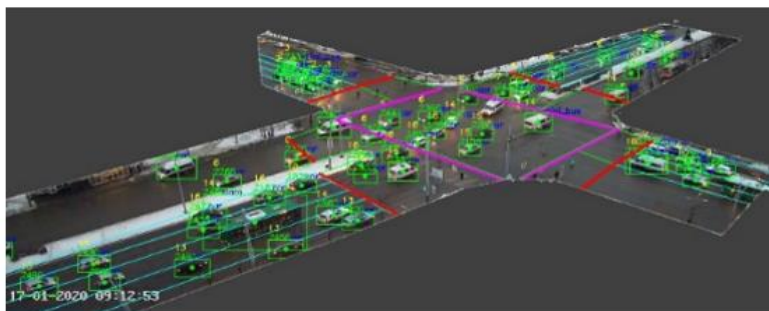
Адаптивное управление городскими транспортными потоками на основе машинного обучения

Михальчук Вероника Владиславовна

Нейросеть

Нейронная сеть состоит из множества взаимодействующих простых процессов или функций – нейронов и связей между ними. Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются.

Способность к обучению является одним из главных преимуществ нейронных сетей по сравнению с традиционными алгоритмами. Обучение нейронных сетей можно осуществлять с помощью камеры видеонаблюдения.



Южно-Уральский
государственный
университет

Национальный
исследовательский
университет

Адаптивное управление городскими транспортными потоками на основе машинного обучения

Михальчук Вероника Владиславовна

Стоимостная оценка

