

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(национальный исследовательский университет)»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Факультет «Автотракторный»
Кафедра «Автомобильный транспорт»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

Ю.В.Рождественский

« ____ » _____ 2019 г

Разработка интеллектуальной технологии по взаимодействию дорожной
инфраструктуры с пешеходами на основе машинного зрения (I2P)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 23.03.01.2019.208.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты (доцент):

Экономическая часть

В.Д. Шепелев

« ____ » _____ 2019 г.

Руководитель проекта (доцент)

В.Д. Шепелев

« ____ » _____ 2019 г.

БЖД (профессор)

Ю.И. Аверьянов

« ____ » _____ 2019 г.

Автор работы

Студент группы П-412

А.Д. Моор

« ____ » _____ 2019 г.

Нормоконтролер (доцент)

П.Н. Баранов

« ____ » _____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Моор А.Д. Разработка интеллектуальной технологии по взаимодействию дорожной инфраструктуры с пешеходами на основе машинного зрения (I2P) – Челябинск: ЮУрГУ, П-412; 2019, 75 с., 40 ил., 8 табл., библиогр. список – 31 наим.

В выпускной квалификационной работе была представлена методика по повышению пропускной способности на регулируемых перекрестках. Методика основана на применении интеллектуальной технологии по взаимодействию дорожной инфраструктуры с пешеходами V2I на основе машинного зрения в контексте «Умный город». В рамках данной работы был произведен анализ дорожного и пешеходного трафиков на перекрестке пр. Победы и ул. Молодогвардейцев (г. Челябинск) с использованием камер уличного наблюдения.

В работе были выявлены факторы, влияющие на снижение эффективности использования дорожной инфраструктуры. В результате динамического мониторинга дорожного и пешеходного трафиков, была предложена интеллектуальная технология по взаимодействию дорожной инфраструктуры с пешеходами на основе использований нейросетей и машинного зрения. Решение основано на сборе и обработке данных дорожного и пешеходного трафиков для системы обучения адаптивных светофоров. В основу «умного светофора» заложен принцип создания минимальных воздействий на пешеходный трафик и обеспечения максимальной пропускной способности транспорта при повороте направо.

Обозначены требования безопасности, рассчитаны экономические затраты на предложенные мероприятия.

					23.03.01.2019.208.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	Докум.№	Подпись	Дат				
Разраб.	Моор А.Д.				Разработка интеллектуальной технологии по взаимодействию дорожной инфраструктуры с пешеходами на основе машинного зрения (I2P)	Лит	Лист	Листов
Провер.	Шепелев В.Д.							
Реценз.								
Н. контр.	Баранов П.Н.					ЮУрГУ Кафедра АТ		
Утверд..	Рожественский Ю.В.							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИЗ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ ПР. ПОБЕДЫ И УЛ. МОЛОДОГВАРДЕЙЦЕВ В Г. ЧЕЛЯБИНСК.....	9
1.1 Характеристика перекрёстка	9
1.2 Анализ пропускной способности	10
2 ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПЕРЕКРЁСТКА УЛИЦЫ МОЛОДОГВАРДЕЙЦЕВ И ПРОСПЕКТА ПОБЕДЫ Г. ЧЕЛЯБИНСК.....	31
2.1 Факторы, влияющие на пропускную способность.....	32
2.2 Влияние городского общественного транспорта	33
2.3 Влияние ширины полосы	35
2.4 Влияние продольного уклона	35
2.5 Влияние типа территории	37
2.6 Влияние правоповоротного движения	37
2.7 Расчет потока насыщения и пропускной способности	39
2.8 Проектное решение	47
3 ЭКОНОМИКА.....	53
3.1 Затраты на строительство полос, предназначенных для выполнения правого поворота.....	54
3.2 Затраты на проект с применением интеллектуальных технологий.....	57
3.3 Сравнение затрат на реализацию проектов.....	58
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	61
4.1 Автомобилизация.....	61
4.2 Влияние предложенных мероприятий на безопасность жизнедеятельности	62
4.3 Шумовое и экологическое загрязнение автомобильным транспортом.....	66
4.4 Техника безопасности при выполнении дорожных работ	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	73

ВВЕДЕНИЕ

Постоянный рост городов и увеличение подвижности населения ставит концептуально новые задачи перед организацией городского движения. Стремительный рост уровня автомобилизации населения, строительство новых районов и микрорайонов, показывают, что ситуация в сфере организации дорожного движения и безопасности дорожного движения требует решения ряда проблем, а именно: повышение пропускной способности улично-дорожной сети и снижение уровня аварийности на дорогах. В частности, данная проблема относится к перекрестку пр. Победы и ул. Молодогвардейцев г. Челябинска.

В настоящее время на территории Российской Федерации набирает обороты концепция «умный город». Хотя единого мнения о том, что такое «умный город», не существует, обычно оно подразумевает использование информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) для разработки инструментов, позволяющих решать социальные и экономические проблемы населения.

Транспорт является основной частью концепции «умного города» и на данном этапе ему необходимо развитие интеллектуальной цифровой платформы, позволяющей оперативно управлять транспортными процессами, а также реагировать на события в режиме реального времени. Разработка предложений и рекомендаций по совершенствованию и развитию существующих интеллектуальных цифровых решений имеет важнейшее значение для администрации г. Челябинска, поскольку имеющиеся программные продукты используют упрощенные модели оптимизации и не учитывают существующие ограничения, что приводит к тому, что улично-дорожная сеть не справляется с оказываемой на неё нагрузкой.

На перекрестке пр. Победы и ул. Молодогвардейцев присутствуют проблемы в области организации дорожного движения, в частности низкая пропускная способность улично-дорожной сети.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпи	Дат	23.03.01.2019.208.00.00.ПЗ	7

Целью данной работы является повышение пропускной способности на перекрестке пр. Победы и ул. Молодогвардейцев.

Объект работы – перекресток пр. Победы и ул. Молодогвардейцев в г. Челябинск.

Задачи, решаемые в данной работе:

– повышение пропускной способности перекрестка путем использования интеллектуальных технологий;

– повышение безопасности пешеходов и водителей на данном перекрестке.

					23.03.01.2019.208.00.00.ПЗ	8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпи	Дат		

1 АНАЛИЗ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ ПР. ПОБЕДЫ И УЛ. МОЛОДОГВАРДЕЙЦЕВ В Г. ЧЕЛЯБИНСК

1.1 Характеристика перекрёстка

Данный перекрёсток является регулируемым, четырёхсторонним. Главной дорогой является проспект Победы, второстепенной – улица Молодогвардейцев.

Направление на север представляется как наиболее проблематичное на данном перекрёстке и в г. Челябинск в целом. Ширина проезжей части 15 метров, полос для движения транспортных средств – 4. Расстояние от стоп-линии до пересекаемой проезжей части – 40 метров. При повороте транспорта направо образуется конфликт с пешеходами, при движении прямо и налево конфликт отсутствует.

В направлении на юг ширина проезжей части составляет 11,5 метров, полос для движения транспортных средств – 3. Расстояние от стоп-линии до пересекаемой проезжей части – 35 метров. При повороте направо образуется конфликт с пешеходами, при движении прямо и налево конфликт не возникает.

Направление на запад. Ширина проезжей части 14 метров, полос для движения транспортных средств – 4. Расстояние от стоп-линии до пересекаемой проезжей части – 25 метров. При повороте направо возникает конфликт с пешеходами, при повороте налево – со встречным потоком транспортных средств.

Направление на восток. Ширина проезжей части составляет 10 метров, полос для движения – 3. Расстояние от стоп-линии до пересекаемой проезжей части – 25 метров. При повороте направо возникает конфликт с пешеходами, при повороте налево – со встречным потоком транспортных средств.

Схема рассматриваемого перекрёстка представлена на рисунке 1.1.

					23.03.01.2019.208.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	Докум.№	Подпись	Дат				
Разраб.	Моор А.Д.				Анализ дорожно-транспортной обстановки на перекрестке пр. Победы и ул. Молодогвардейцев в г. Челябинск	Лит	Лист	Листов
Провер.	Шепелев В.Д.							
Реценз.								
Н. контр.	Баранов П.Н.							
Утверд..	Рожественский Ю.В.							
						ЮУрГУ Кафедра АТ		

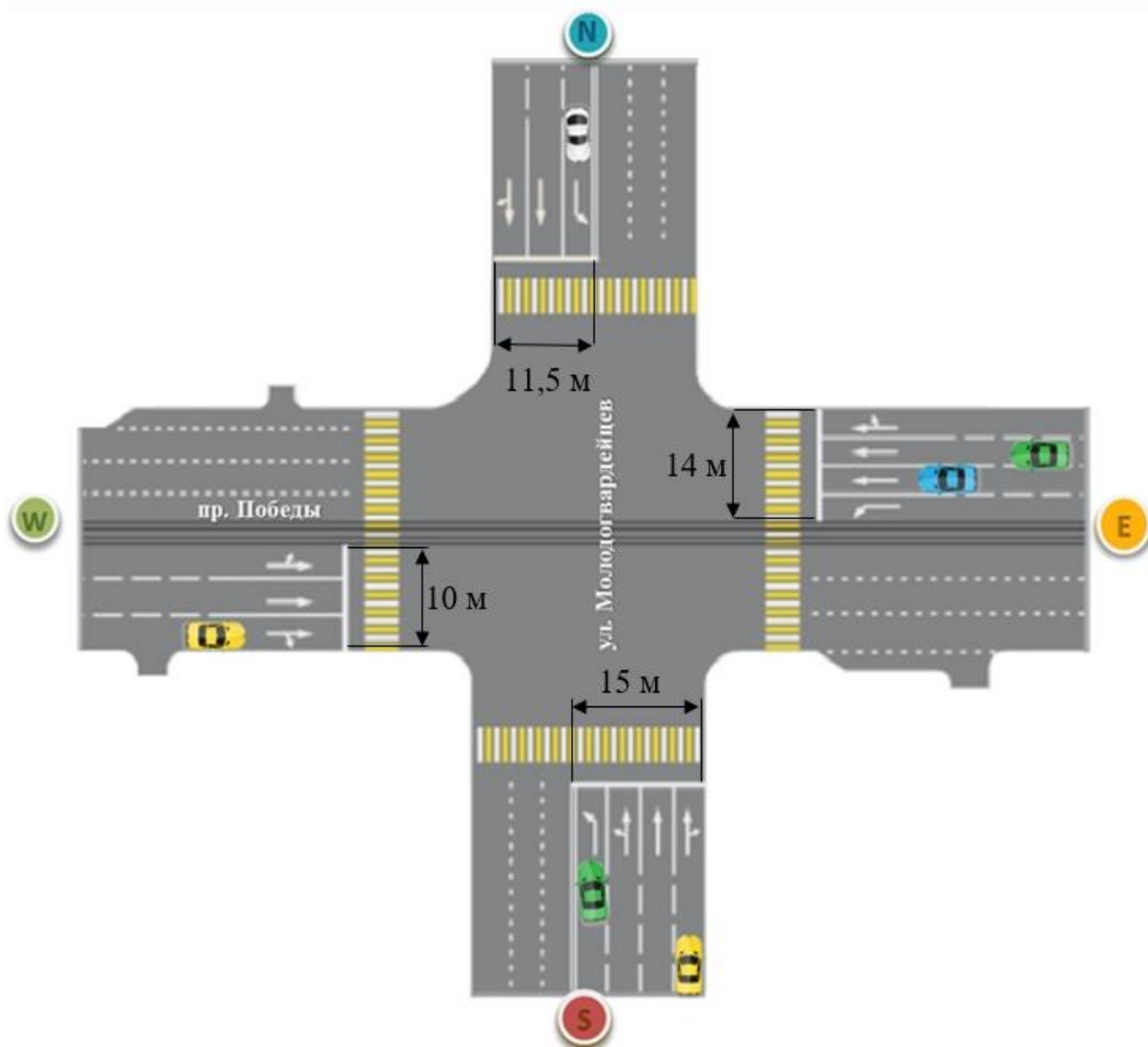


Рисунок 1.1 – Схема перекрестка пр. Победы и ул. Молодогвардейцев

1.2 Анализ пропускной способности

Пропускная способность дорожного участка – это максимальное часовое количество людей или транспортных средств, которые, как ожидается, способны пересечь точку или однородную секцию полосы или проезжей части в течение заданного периода времени при доминирующих дорожно-транспортных условиях и условиях управления. При этом подразумевается, что влияние последующих дорожных участков (например, удлинение очередей транспорта вплоть до анализируемой точки) отсутствует [1].

На пропускную способность влияют такие факторы как:

- конфигурация перекрестка, то есть его форма, ширина и т.д.;
- состав транспортного потока;
- режим работы светофорных объектов;
- нанесение дорожной разметки;
- наличие трамвайных путей.

Для подсчета фактической пропускной способности исследуемого перекрестка были произведены замеры транспортных и пассажирских потоков в период с 6:00 до 00:00 часов 22 января 2019 года с использованием камер видеонаблюдения «Интерсвязь». Пример процесса сбора данных представлен на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Вид с камеры «Интерсвязь» на перекресток пр. Победы и ул. Молодогвардейцев

Данный способ сбора данных является достаточно трудоемким. Для обработки 1 часа видео только по одному направлению требуется до 2 часов работы, чтобы полностью обработать данные с перекрестка по всем направлениям за 1 час требуется около 8 часов.

					23.03.01.2019.208.00.00.ПЗ	11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпи	Дат		

Наиболее проблемным направлением является с позиции заторов, является северное, анализ которого представлен в данной главе.

На рисунке 1.3 показана почасовая пропускная способность транспортных средств в направлении на север.

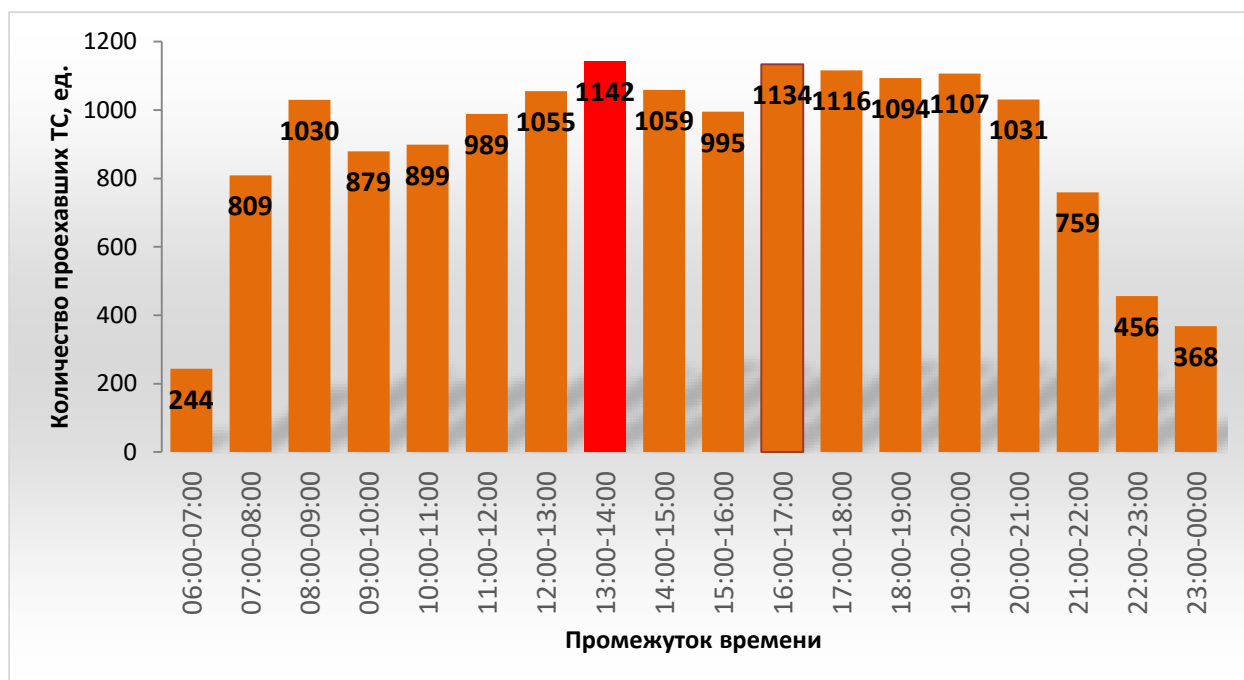


Рисунок 1.3 – Часовая пропускная способность транспортных средств Pob_Mol_N (ТС/час)

Как видно из рисунка, наибольшая пропускная способность была достигнута не в часы пик, а в период размеренной нагрузки дорожной сети, а именно с 13:00 до 14:00 часов и количество автомобилей, проехавших в направлении на север составило 1142. В целом же в течение дня пропускная способность в среднем одинаковая, что говорит о том, что дорожный узел в данном направлении не справляется с существующим потоком транспортных средств.

Для оценки загруженности полос в анализируемом направлении был рассмотрен период времени, в который была достигнута максимальная пропускная способность транспортных средств в течение дня. Результаты представлены на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Часовая пропускная способность транспортных средств Rob_Mol_N по полосам (ТС/час)

Из рисунка 1.4 следует, что наибольшей пропускной способностью обладает полоса 2S_N, то есть полоса, по которой разрешается движение только в прямом направлении. Обуславливается это тем, что на транспортные средства, движущиеся по этой полосе, не влияют никакие снижающие или ограничивающие движение факторы, такие как: конфликт с пешеходным потоком или встречным направлением транспортных средств; необходимость снижать скорость при повороте. Наименьшей же пропускной способностью обладает полоса 1RS_N, разрешающая движение прямо и направо. В первую очередь связано это с тем, что этой полосой преимущественно пользуется пассажирский общественный транспорт, который имеет меньшие динамические характеристики по сравнению с личным автомобильным транспортом. Также ограничивающим движением фактором является то, что при повороте направо, необходимо уступать дорогу пешеходам.

Общая пропускная способность транспортных средств за период времени с 6:00 до 00:00 часов представлена на рисунке 1.5.

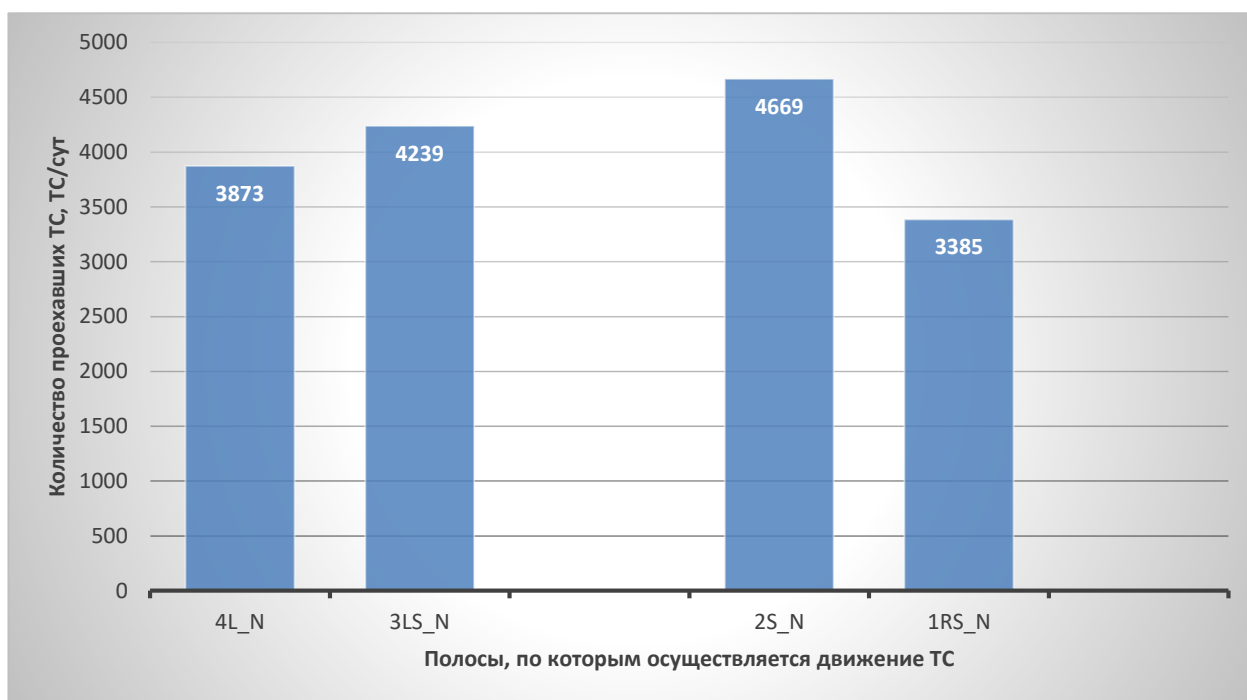


Рисунок 1.5 – Пропускная способность транспортных средств по полосам (rob_mol_N) с 6:00 до 00:00 часов (ТС/сут)

На рисунке видно, что тенденция пропускной способности полос, взятая за отдельный час и за весь период исследования практически одинакова. Полоса S_2N сохранила за собой наибольшую эффективность, вслед за ней идет полоса 3LS_N, которая обладает также хорошей пропускной способностью в силу того, что около 60% движущихся по ней транспортных средств едут в направлении прямо. Третье место по эффективности занимает полоса 4L_4. Она уступает двум вышеописанным вследствие того, что при повороте налево водителям необходимо снижать скорость, но она превосходит полосу 1RS_1 в связи с отсутствием на ней пассажирского городского транспорта и конфликта с пешеходным потоком.

Длительность разрешающего такта для транспортных средств, движущихся по улице Молодогвардейцев в направлении на Север, составляет 24 секунды. Всего за время сбора данных основной такт был включен 654 раза. Чтобы найти среднюю пропускную способность полос за такт, необходимо общее количество проехавших транспортных средств разделить на количество тактов. Результаты представлены на рисунке 1.6.

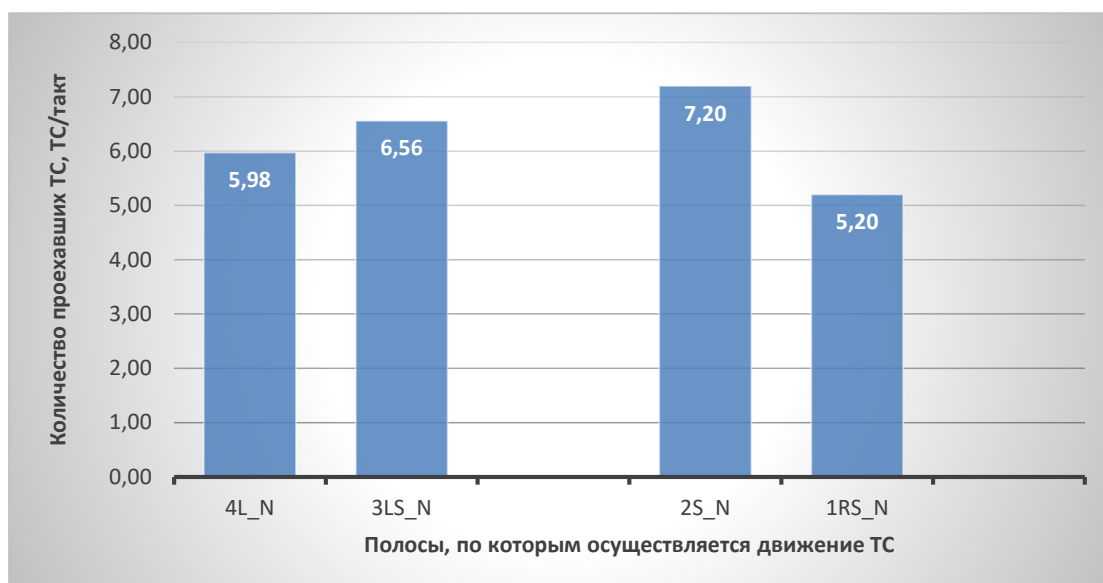


Рисунок 1.6 – Средняя пропускная способность ТС по полосам в течение дня (ТС/такт)

Для того, чтобы выяснить максимальную пропускную способность по полосам за такт, был взят период времени с 7:30 до 9:00 часов, когда заторная ситуация наблюдалась по всем направлениям. Результаты представлены на рисунке 1.7.

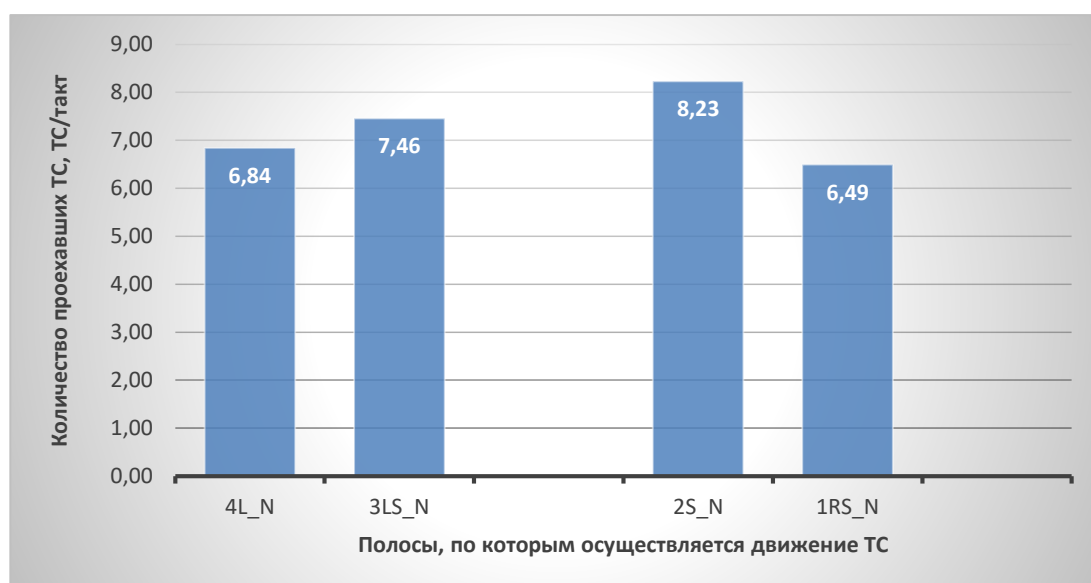


Рисунок 1.7 – Средняя пропускная способность ТС по полосам в период затора (ТС/такт)

Для того, чтобы оценить влияние грузового и пассажирского транспорта на пропускную способность было проведено исследование состава транспортного потока, которое представлено на рисунке 1.8.

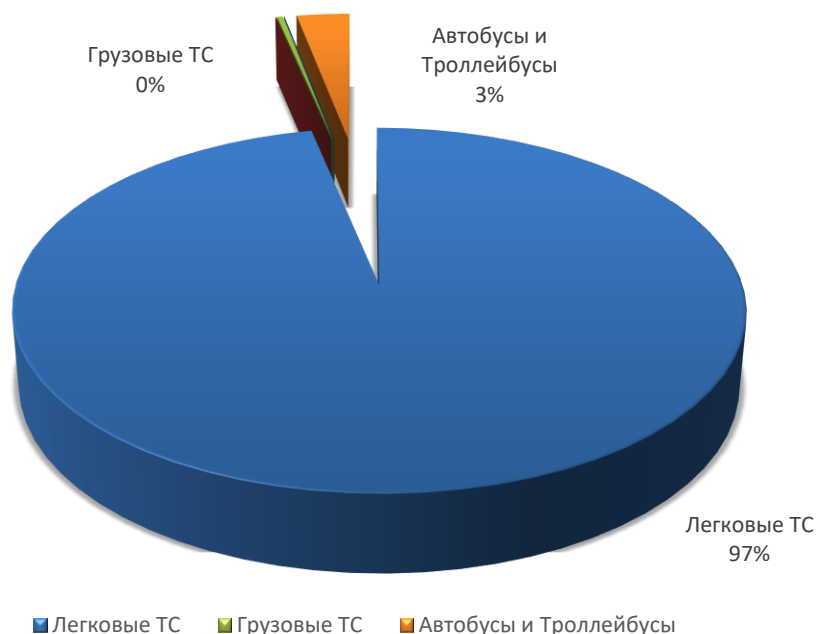


Рисунок 1.8 – Соотношение видов транспортных средств (rob_mol_N) с 6:00 до 00:00 часов

Попадающую часть транспортного потока составляют легковые автомобили (также к ним были отнесены маршрутные такси, так как по своим динамическим характеристикам они идентичны), формируя 97% всего трафика. Доля автобусов и троллейбусов составляет 3%, а грузового транспорта всего 0,0034%.

Транспортный поток в течение дня нестабилен. Ранним утром, поздним вечером и ночью количество автомобилей незначительно и дорожный узел функционируют без заторов. Но во время начала активности дорожного движения, особенно в утренние и вечерние часы пик узел не справляется с потоком автотранспортных средств. Особенно характерна эта проблема для исследуемого

направления. Заторы здесь формируются не только в утренние и вечерние часы пик, но и в течение всего дня. Фактически затор образуется с 7:30 часов утра и сохраняется до 20:30 часов вечера, лишь эпизодически справляясь с своевременным проездом всего транспорта. Изменение транспортного потока в течение дня на полосе 4L_N представлено на рисунке 1.9.



Рисунок 1.9 – Изменение потока транспортных средств в течение дня на полосе 4L_N (ТС/час)

Как видно из рисунка, пропускная способность в промежутке от начала утреннего часа пик до конца вечернего часа пик приблизительно одинакова, что говорит о максимальной нагрузке на перекрёсток. Организация дорожного движения на данном направлении не обеспечивает нормативных показателей пропускной способности перекрёстка, что является причиной системных заторов на данном дорожном узле.

Также была подсчитана пропускная способность автомобилей по данной полосе за основной такт светофора, которая представлена на рисунке 1.10.

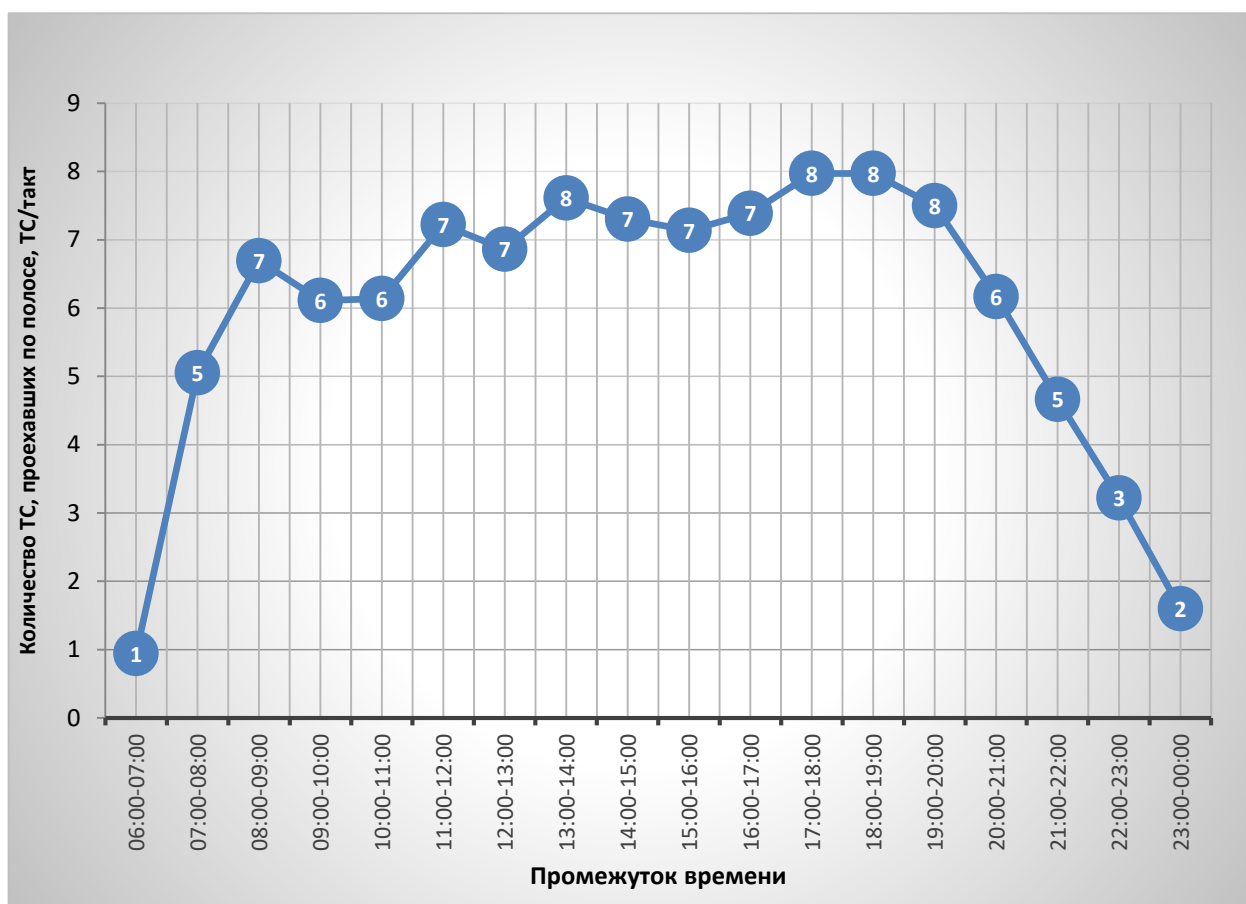


Рисунок 1.10 – Средняя пропускная способность легковых автомобилей по полосе 4L_N (ТС/такт)

Длительность основного такта светофора на перекрёстке проспекта Победы и улицы Молодогвардейцев в направлении на север составляет 24 секунды. Как видно на рисунке, максимально количество автомобилей, успевающих проехать на зелёный сигнал светофора, в среднем составляет 8 единиц. Для сравнения, по полосе 4L_W при длительности такта 43 секунды, в среднем проезжает 9 автомобилей за такт. То есть полоса без конфликта со встречным транспортным потоком за 24 секунды пропускает почти столько же автомобилей за такт, сколько пропускает полоса с конфликтом за 43 секунды.

Аналогичная зависимость прослеживается на полосе 3LS_N, график которой представлен на рисунке 1.11.

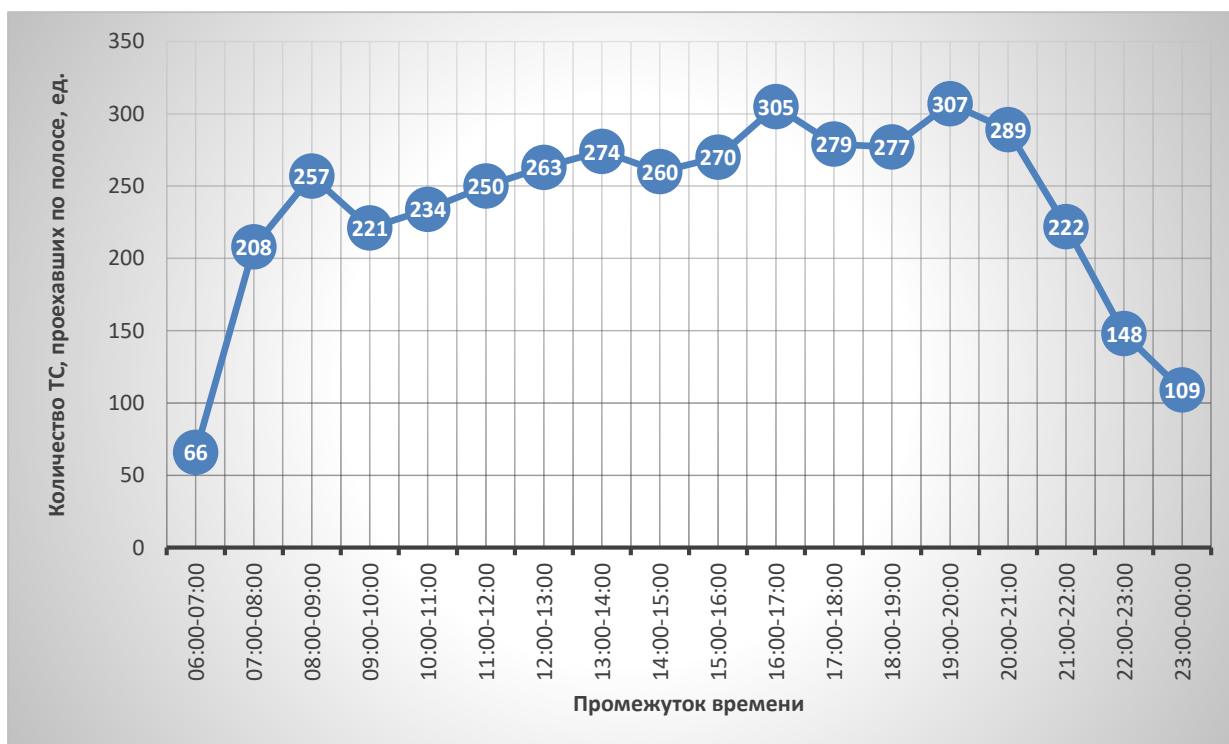


Рисунок 1.11 – Изменение потока легковых транспортных средств в течение дня на полосе 3LS_N (ТС/час)

Пропускная способность полосы 3LS_N составила 4239 автомобилей против 3873 автомобилей у полосы 4L_N, то есть больше на 9,45%, что является достаточно весомой разницей. Так, за 18 часов по полосе 4L_N проехало на 366 автомобилей меньше, чем по 3LS_N. Следовательно требуется около 2 часов дополнительно, чтобы пропустить идентичное количество автомобилей.

Так как данная полоса разрешает движение транспортных средств в направлении прямо и налево, то было подсчитано, сколько автомобилей в среднем движется прямо, а сколько поворачивает налево. Подсчеты представлены на рисунке 1.12.

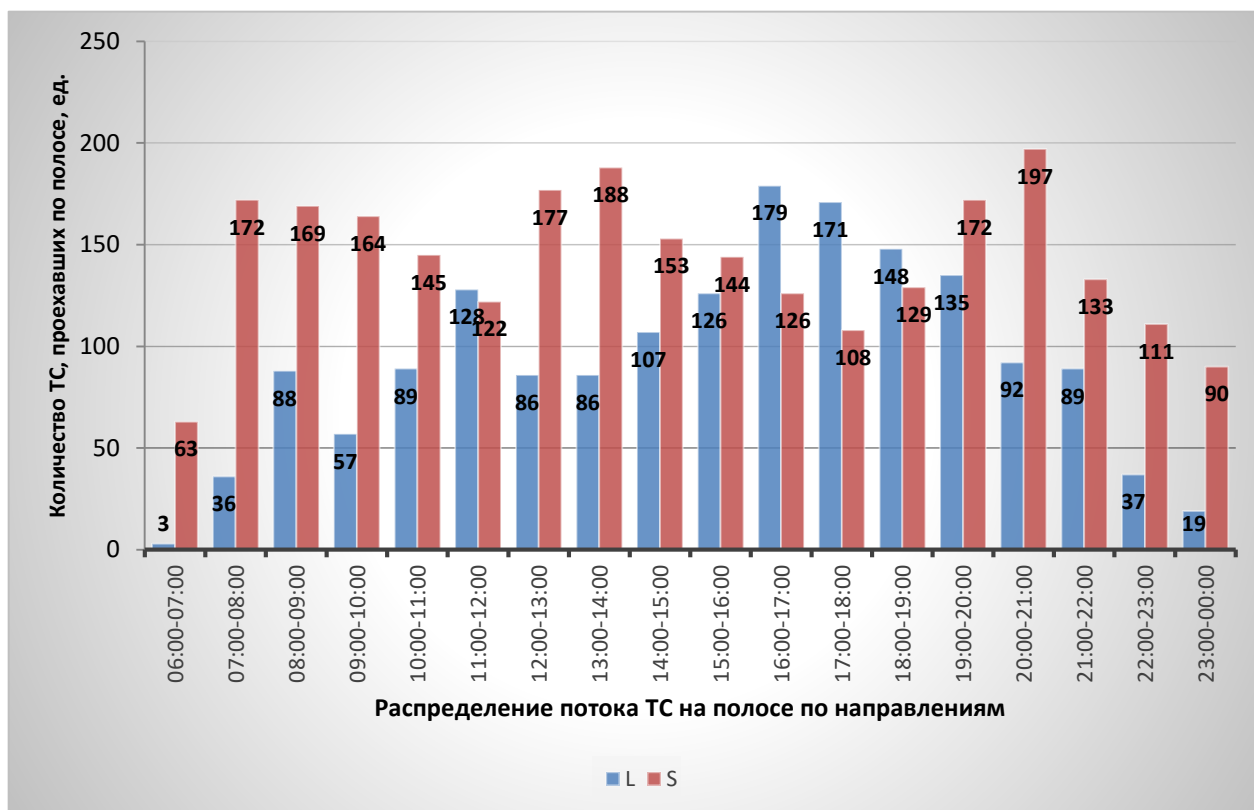


Рисунок 1.12 – Изменение потока легковых транспортных средств в течение дня на полосе 3LS_N по направлениям (ТС/час)

Как видно на рисунке, поток автомобилей нестабилен. В период времени с 6:00 часов утра до 16:00 часов дня большинство водителей выбирали данную полосу для движения прямо, с 16:00 часов дня до 19:00 часов вечера для движения налево, а с 19:00 часов вечера движение прямо вновь стало приоритетным. Всего же за период исследования налево повернули 1679 автомобилей, а проехало прямо 2563 автомобиля.

Так же, как и с полосой 4L_N, для более наглядной картины было подсчитано, сколько автомобилей успевает проехать по этой полосе на разрешающий сигнал светофора в данном направлении. Результаты представлены на рисунке 1.13.

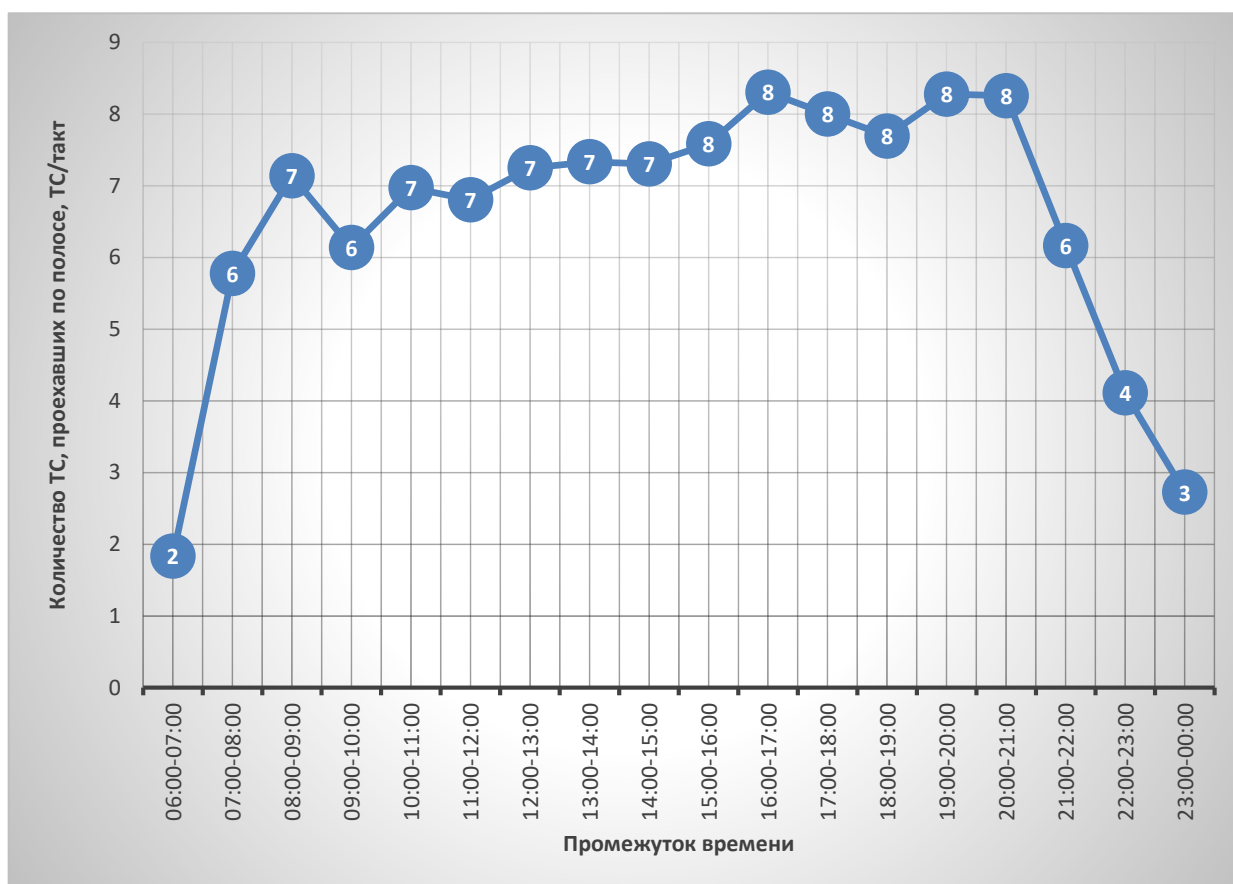


Рисунок 1.13 – Средняя пропускная способность легковых автомобилей по полосе 3LS_N (ТС/такт)

Как видно из рисунка, наибольшее количество транспортных средств, проезжающих за такт, в среднем составляет 8 ед. Для сравнения был проведен анализ пропускной способности полосы 3LS_E, которая в отличие от полосы 3LS_N имеет конфликт со встречным транспортным потоком, но при этом длительность такта составляет 43 секунды. Наибольшее количество транспортных средств, проезжающих за такт, в среднем составляет 10 ед.

Наиболее эффективной в плане пропускной способности среди полос движения на Север, является полоса 2S_N. В течение обследуемого времени по данной полосе проехало 4669 автомобилей. Такой показатель достигается в связи с отсутствием необходимости снижать скорость движения перед поворотом и с тем, что менее динамичный общественный транспорт практически не использует эту полосу для движения.

График изменения пропускной способности полосы 2S_N представлен на рисунке 1.14.



Рисунок 1.14 – Изменение потока легковых транспортных средств в течение дня на полосе 2S_N (ТС/час)

Максимальная пропускная способность была достигнута в период времени с 13:00 до 14:00 часов дня и составила 328 автомобилей. Пропускная способность в целом в течение дня приблизительно одинакова в силу того, что перекрёсток не справляется с потоком автомобилей. Ситуация, когда все транспортные средства успевают покинуть перекрёсток за разрешающий такт светофора, практически не достигается в течение всего дня. Следовательно, за каждый разрешающий такт проезжает примерно одинаковое количество автомобилей, отсюда равномерный транспортный поток в течение дня.

Так же, как и с вышеизложенными полосами, для более наглядной картины было подсчитано, сколько автомобилей успевает проехать по этой полосе на разрешающий сигнал светофора в данном направлении. Результаты представлены на рисунке 1.15.



Рисунок 1.15 – Средняя пропускная способность легковых автомобилей по полосе 2S_N (ТС/такт)

Как видно на рисунке, данная полоса в среднем за разрешающий такт пропускает на 1 автомобиль больше, чем полосы L_4N и LS_3N. На первый взгляд кажется, что разница невелика, но если учесть, что за обследуемый период времени зелёный сигнал светофора был включен 654 раза, то разница в пропускной способности становится очень существенной.

Для сравнения на полосе 2S_E пропускная способность составляет около 18 автомобилей за разрешающий такт, при его длительности 43 секунды. В случае с полосами, разрешающими поворот налево, при идентичной пропускной способности, длительность основного такта отличалась на 19 секунд, но присутствовал конфликт со встречным потоком транспортных средств. В данном же случае, при движении прямо, пропускная способность напрямую зависит от длительности такта.

Самой неэффективной полосой в плане количества пропущенных единиц техники является полоса 1RS_N, так как она отдана под пользование пассажирского общественного транспорта. За время обследования по данной полосе проехало 465 транспортных средств общего пользования. При подсчете учитывались троллейбусы и автобусы, пассажировместимостью как ПАЗ и более. График изменения потока общественного транспорта по полосе 1RS_N представлен на рисунке 1.16.

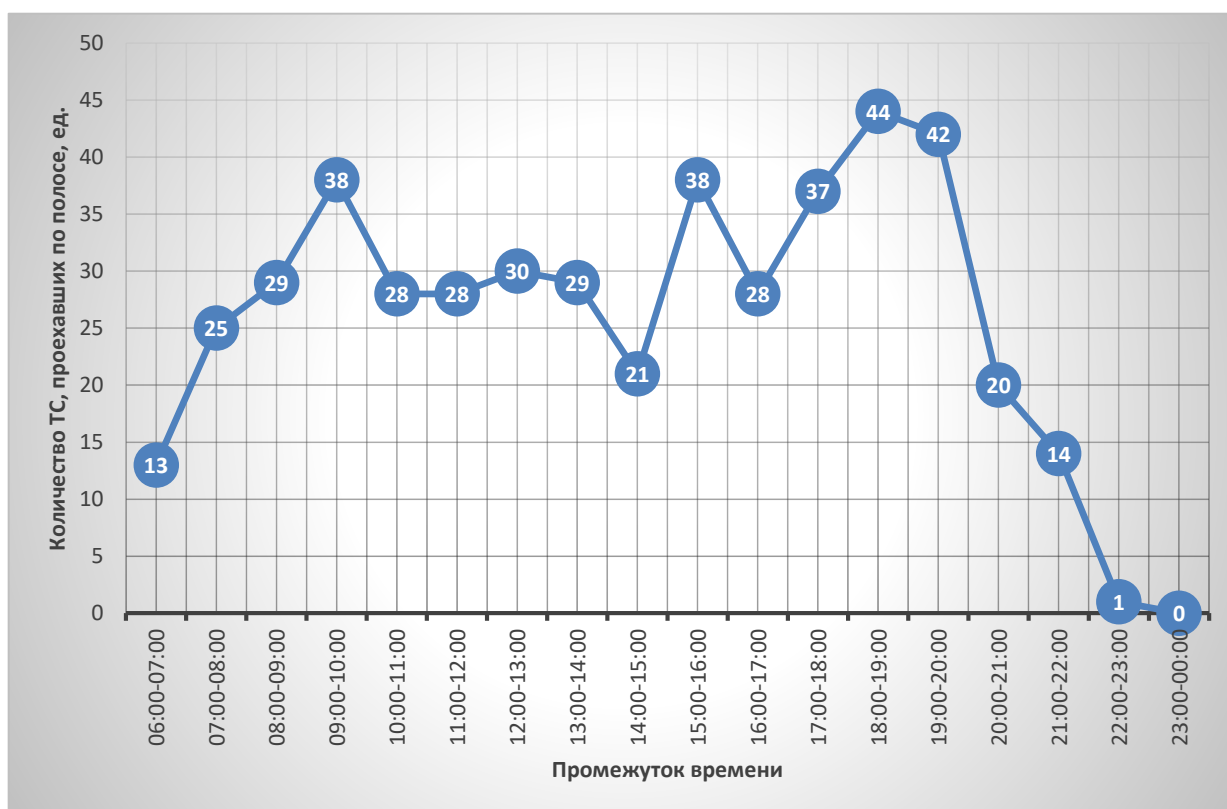


Рисунок 1.16 – Изменение потока общественного транспорта в течение дня на полосе 1RS_N (ТС/час)

За время обследования по данной полосе проехало 3385 легковых автомобилей. Это наименьший показатель среди остальных полос движения направления на север. График изменения потока легковых транспортных средств по полосе 1RS_N представлен на рисунке 1.17.

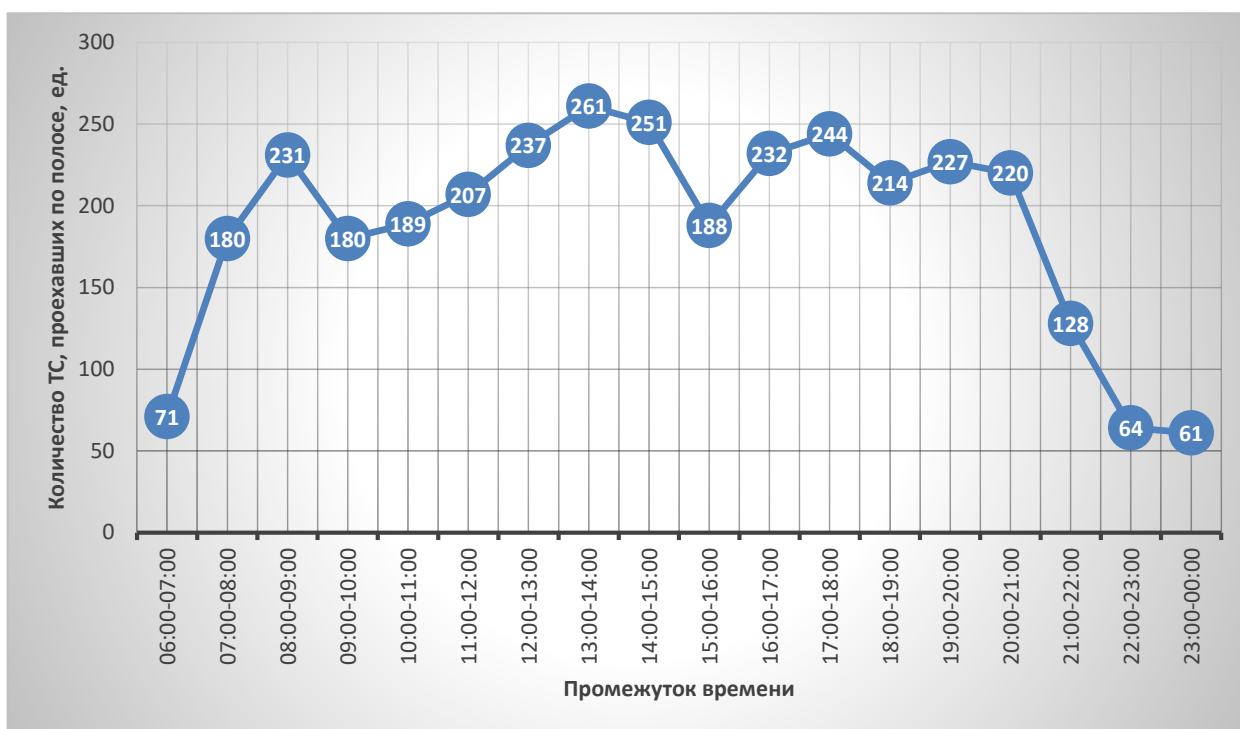


Рисунок 1.17 – Изменение потока легковых транспортных средств в течение дня на полосе 1RS_N (ТС/час)

Помимо более низкой пропускной способности, данная полоса имеет менее стабильный характер. Наиболее вероятно связано это с особенностями расписания движения общественного транспорта. Сравнив графики на рисунках 1.16 и 1.17 можно увидеть закономерность, что при увеличении количества общественного транспорта заметно падает общая пропускная способность.

В случае, как и с полосой 3LS_N, для большей точности данных было подсчитано, сколько автомобилей выбирают данную полосу для движения прямо, а сколько для движения направо. Подсчеты представлены на рисунке 1.18.

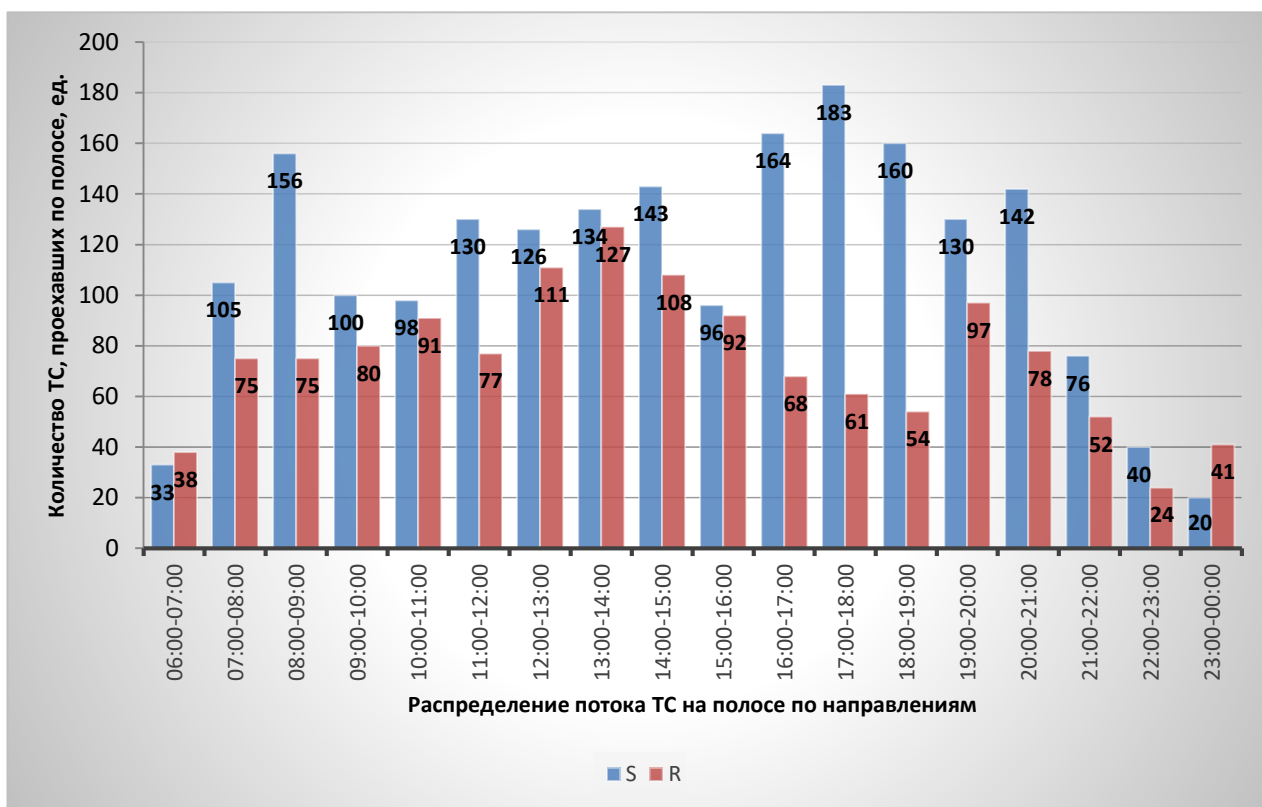


Рисунок 1.18 – Изменение потока легковых транспортных средств в течение дня на полосе 1RS_N по направлениям (ТС/час)

Как видно на гистограмме, наиболее часто водители выбирают данную полосу для движения прямо. Также весь общественный транспорт по данной полосе движется прямо, так как по пр. Победы городской транспорт представлен только трамваями. За всё время обследования транспортного потока в прямом направлении по полосе RS_1N проехали 2036 автомобилей, а направо повернули 1349.

Так же, как и с другими полосами, для более наглядной картины было подсчитано, сколько автомобилей успевают проехать по этой полосе на разрешающий сигнал светофора в данном направлении. Результаты представлены на рисунке 1.19.

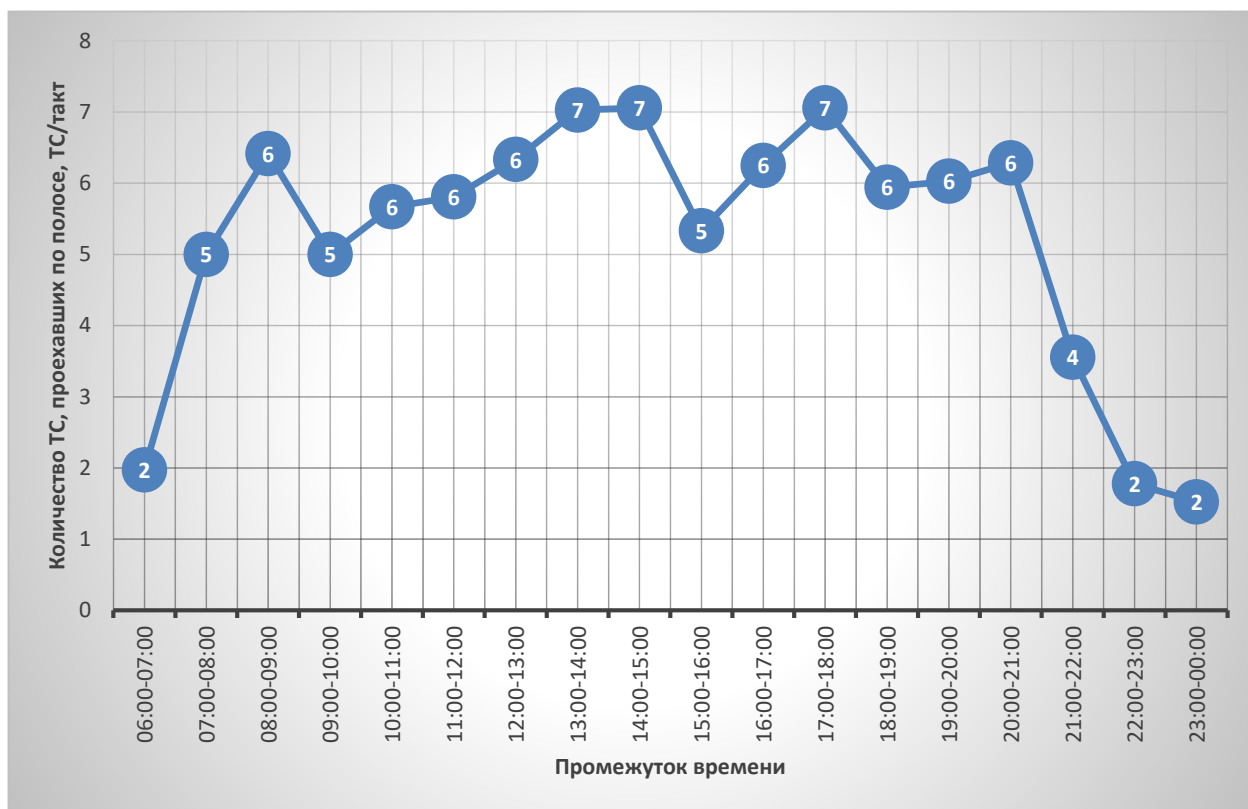


Рисунок 1.19 – Средняя пропускная способность легковых автомобилей по полосе 1RS_N (ТС/такт)

Как видно из рисунка, пропускная способность данной полосы ниже, чем на вышеуказанных. Пассажирский общественный транспорт, обладая динамическими характеристиками на уровень ниже, оказывает весомое воздействие на пропускную способность, снижая ее в среднем на 1-2 автомобиля за такт, по сравнению с полосами, где таковой транспорт отсутствует.

Параллельно с транспортным потоком, в течение того же периода времени был произведён подсчет пешеходного потока. Интенсивность пешеходного потока колеблется в довольно широких пределах и зависит от функционального назначения перекрестка, от расположенных на нем объектов массового тяготения. Результаты обследования представлены на рисунке 1.20.

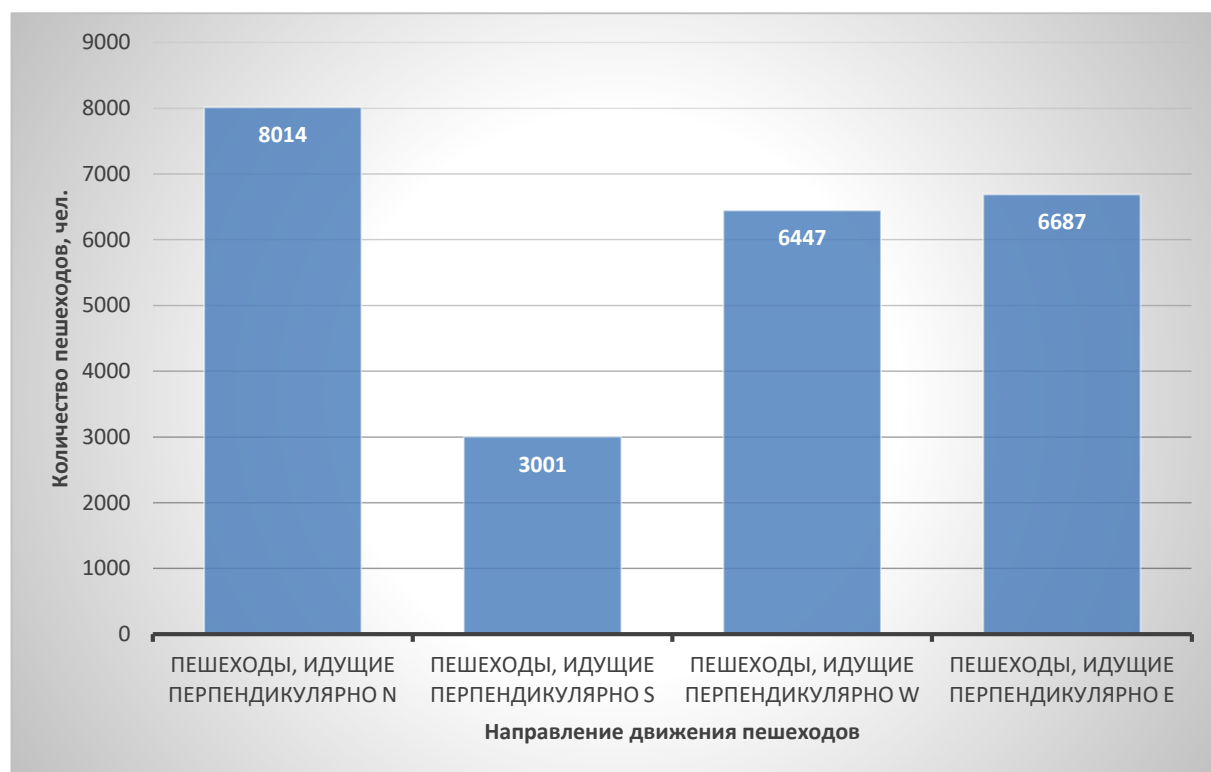


Рисунок 1.20 – Количество пешеходов по направлениям (чел./сут)

Суммарное количество пешеходов в период времени с 06:00 до 00:00 часов составило 24149. Как видно на рисунке, наибольшее количество пешеходов пересекли проезжую часть перпендикулярно автомобилям, движущимся на север. В свою очередь связано это с тем, что там находится остановочный пункт, который, как было выявлено с помощью камер «Интерсвязь», формирует внушительный пешеходный поток. Также в непосредственной близости имеется центр тяготения людей, такой как бизнес-центр “Grand Vera”.

Для выявления закономерности формирования и угасания пешеходных потоков, а также для выявления наиболее приоритетного для пешеходов направления движения был рассмотрен переход, идущий перпендикулярно транспортным средствам, движущимся на север. Результаты обследования представлены на рисунке 1.21

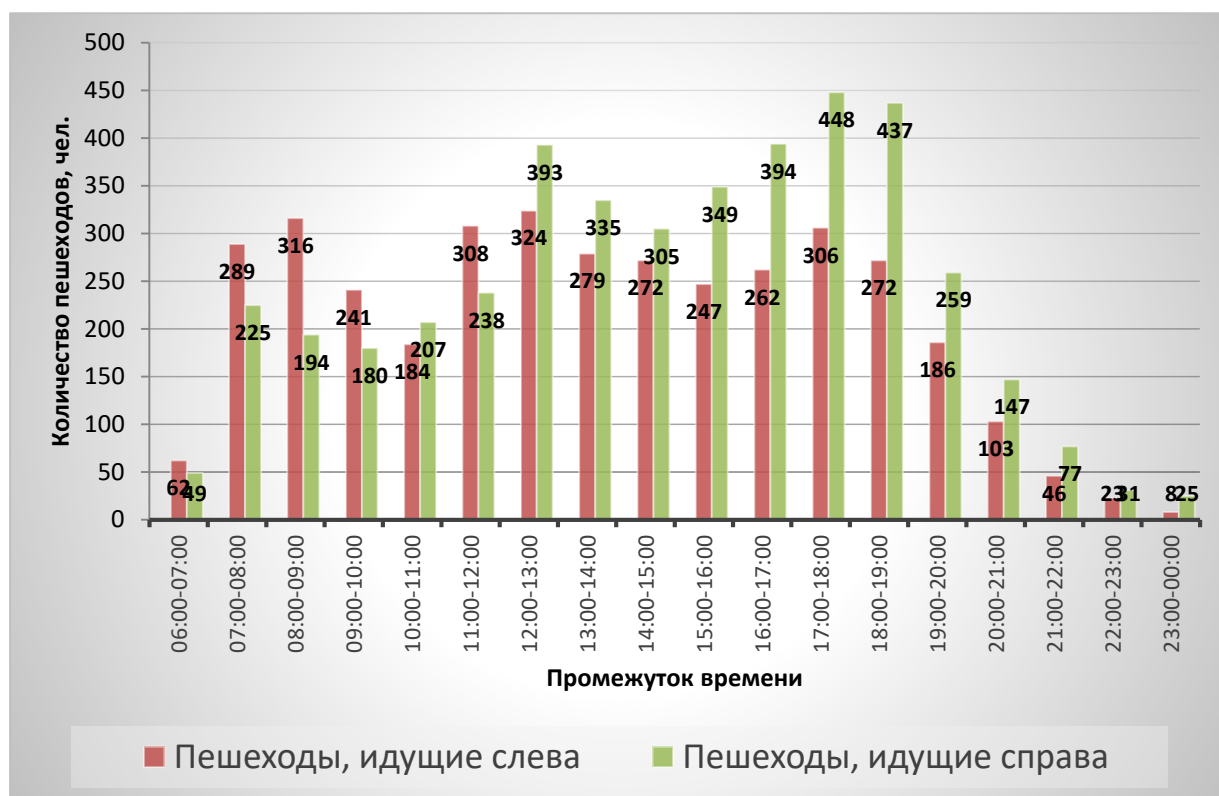


Рисунок 1.21 – Соотношение пешеходов, идущих слева и справа по ходу движения транспортных средств в направлении N (чел./час)

Как видно из рисунка, в первой половине дня, а именно до 12:00 часов, наибольшее количество пешеходов движется на Восток, а далее ситуация в корне меняется. Данное поведение пешеходных потоков можно объяснить особенностями местной инфраструктуры, такой как: расположение остановочных пунктов общественного транспорта, рабочих мест, магазинов, пунктов питания и т.п.

Итого, на перекрёстке проспекта Победы и улицы Молодогвардейцев в направлении на Север за период времени с 06:00 часов утра до 00:00 часов ночи проехало 16166 легковых автомобилей. Из них 5549 повернули налево, 9268 проехали прям, а 1349 повернули направо. Общественного транспорта проехало 489 единиц, из которых все проехали прямо. Крупных грузовых автомобилей проехало 57 штук, из них 32 повернули налево, 20 проехали прямо и 5 повернули направо. Общее количество пешеходов, пересёкших проезжие части составило 24149 человек.

Вывод по разделу один

В данном разделе был проведен анализ дорожно-транспортной обстановки на перекрестке пр. Победы и ул. Молодогвардейцев, в частности в направлении движения на север. На данный транспортный узел выявлена большая нагрузка, выраженная длительными заторами. Заторы на данном перекрестке образуются около 7:30 часов утра и сохраняются ориентировочно до 19:30 часов вечера. Для повышения пропускной способности перекрестка предлагается решение на основе внедрения технологии I2P, которое будет рассмотрено во втором разделе.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпи	Дат	23.03.01.2019.208.00.00.ПЗ	30

2 ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПЕРЕКРЁСТКА УЛИЦЫ МОЛОДОГВАРДЕЙЦЕВ И ПРОСПЕКТА ПОБЕДЫ Г. ЧЕЛЯБИНСК

Основываясь на анализе заторных ситуаций в г. Челябинск, для решения проблем пропускной способности был выбран перекрёсток улицы Молодогвардейцев и проспекта Победы. Анализ проводился следующим образом: в течение рабочей недели (с понедельника по пятницу) с помощью сервиса «Яндекс.Пробки» снимались данные дорожно-транспортной обстановки в городе. Замеры проводились с 7:00 до 9:30 часов утра и с 16:30 до 19:30 часов вечера. Каждые 15 минут в данных интервалах времени производился скриншот экрана. Учитывались такие параметры, как: глубина затора, периодичность его возникновения, время существования затора. В результате обработки данных было принято решение выбрать данный дорожный узел, так как он оказался одним из наиболее проблемных в г. Челябинск. Для наглядности на рисунке 2.1 изображен пример того, как снимались данные.

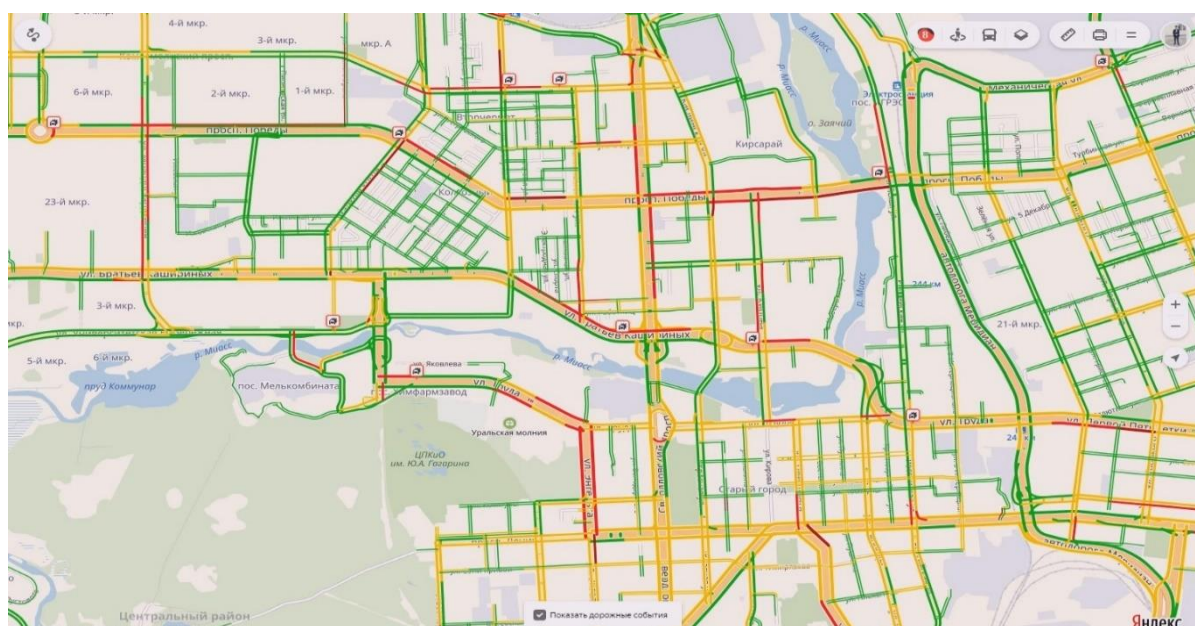


Рисунок 2.1 – Карта заторов с сервиса «Яндекс.Пробки»

					23.03.01.2019.208.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	Докум.№	Подпись	Дат				
Разраб.	Моор А.Д.				Пропускная способность перекрестка улицы Молодогвардейцев и проспекта Победы г. Челябинск	Лит	Лист	Листов
Провер.	Шепелев В.Д.							
Реценз.						ЮУрГУ Кафедра АТ		
Н. контр.	Баранов П.Н.							
Утверд..	Рождественский Ю.В.							

После того, как был выбран перекресток для исследования, для дальнейших действий было необходимо выявить глубину заторов на нём, а также закономерности возникновения и угасания заторов. Средняя глубина заторов в течение рабочей недели (с понедельника по пятницу) представлена на рисунке 2.2.

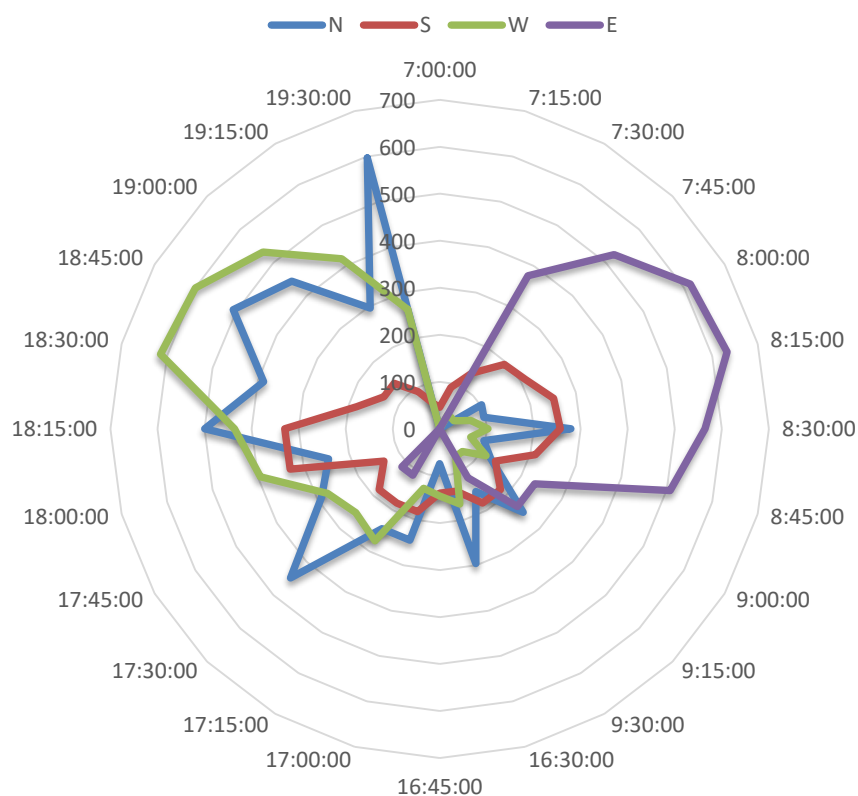


Рисунок 2.2 – Средняя глубина заторов по направлениям (м)

2.1 Факторы, влияющие на пропускную способность

Пропускной способностью полосы улиц и дорог регулируемого движения называется зависящее от условий и организации движения максимальное количество транспортных средств, проходящих по полосе в течение одного часа в одном направлении при соблюдении условий безопасности движения. Пропускная способность регулируемых узлов определяется пропускной способностью магистрали в сечении стоп – линии и определяется пропускной способностью одной полосы, количеством полос движения, организацией движения в узле, режимом регулирования [2].

2.2 Влияние городского общественного транспорта

Так как у общественного транспорта более низкие динамические характеристики по сравнению с легковыми автомобилями, то им требуется больше времени на разгон и преодоление перекрёстка, а это, в свою очередь, уменьшает количество автомобилей, которые могут проехать на разрешающий сигнал светофора. Влияние общественного транспорта на пропускную способность легковых автомобилей представлено на рисунке 2.3.

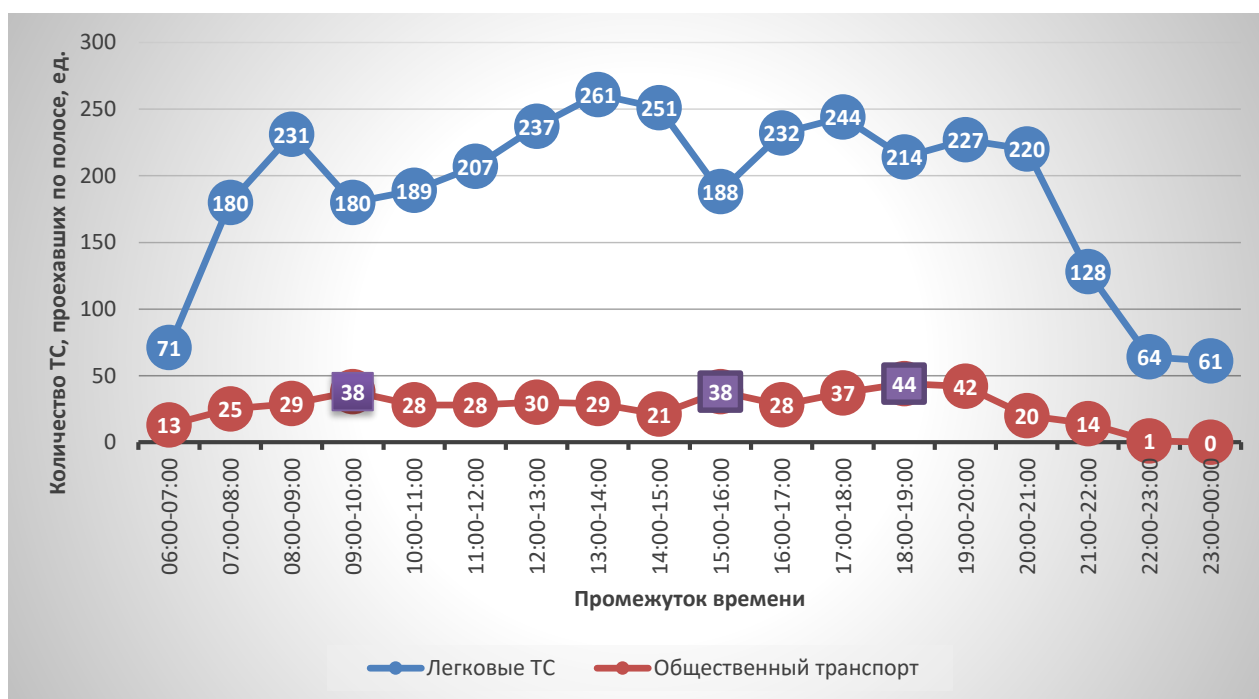


Рисунок 2.3 – Влияние движения общественного транспорта на легковые автомобили на полосе RS_1N (ТС/час)

На рисунке достаточно хорошо видно, что при увеличении количества единиц общественного транспорта пропускная способность снижается.

Для более детального изучения влияния общественного транспорта на пропускную способность было проведено наблюдение с помощью камер «Интерсвязь». Было произведено два типа замеров. В первом случае замеры производились с условием того, что первым начинать движение будет троллейбус. Во втором случае общественный транспорт отсутствовал. Также было взято

расстояние от стоп-линии до первых трамвайных путей, равное 51 м. Данное расстояние было необходимо для того, чтобы оценить скорость прохождения участка при равных условиях троллейбусом и легковым автомобилем соответственно. Результаты замеров представлены на рисунках 2.4 и 2.5.

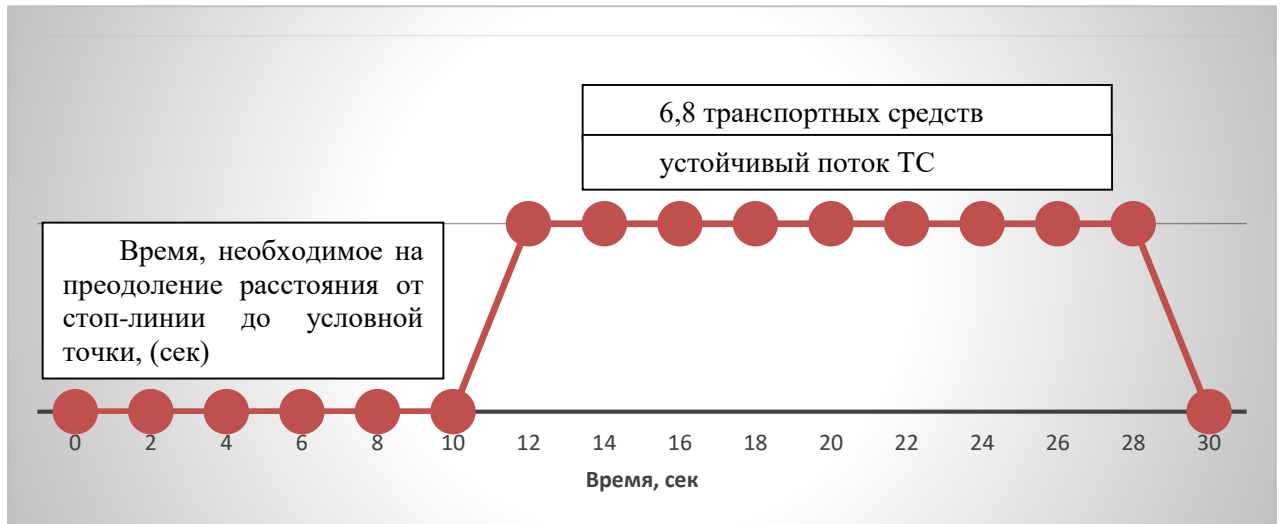


Рисунок 2.4 – Средняя пропускная способность полосы IRS_N за такт без влияния общественного транспорта

Как видно на рисунке, в среднем за такт проезжает 6,8 транспортных средств. При этом первое из них преодолевает выбранное расстояние за 10 сек, далее следует стабильный поток автомобилей.



Рисунок 2.5 – Средняя пропускная способность полосы IRS_N за такт с учетом влияния общественного транспорта

При условии, когда первым начинает движение троллейбус, средняя пропускная способность автомобилей за такт составляет 4,75 против 6,8, когда общественный транспорт отсутствует. Следовательно можно предположить, что при самых неблагоприятных обстоятельствах общественный транспорт может снижать пропускную способность вплоть до 30%.

Теоретически расчет влияния общественного транспорта выглядит следующим образом. При увеличении процента общественного транспорта значение коэффициента f_{bb} снижается на 0,01. В период с 7:00 часов утра до 20:00 часов дня на полосе 1RS_N проехало 2841 транспортных средств, из них 417 – общественный транспорт. Следовательно его доля равна 15%, а коэффициент $f_{bb}=0,85$ [3].

2.3 Влияние ширины полосы

Значение ширины полосы может меняться в пределах от 2,4 до 4,8 м. В нашем случае ширина полосы 1RS_N составляет 4,5 м. Коэффициент, учитывающий ширину полосы движения f_w рассчитывается по формуле:

$$f_w = 1 + \frac{(W-3,6)}{9}, \quad (2.1)$$

где W – ширина полосы, м.

Подставив значение в формулу (2.1) получим:

$$f_w = 1 + \frac{(4,5 - 3,6)}{9} = 1,1.$$

2.4 Влияние продольного уклона

Значение величины продольного уклона на подходе к перекрестку может варьироваться в пределах от -6% до +10%. Если число со знаком «минус», то это означает, что транспортный поток на подходе движется вниз, а если со знаком

«плюс, то соответственно вверх. Для определения уклона полосы RS1_N на перекрёстке улицы Молодогвардейцев и проспекта Победы было использовано мобильное приложение, способное определять высоту над уровнем моря. Для вычисления наклона было сделано два замера: первый за 100 м до стоп-линии, а второй непосредственно на самой стоп-линии. Получив разницу в высотах, продольный наклон возможно посчитать поделив данную разницу на 100. Полученные результаты замеров представлены на рисунке 2.6.



Рисунок 2.6 – Определение продольного уклона с использованием GPS

Как видно из рисунка, разница в высотах составляет 10 м, следовательно продольный уклон составляет 10%. Коэффициент f_g , учитывающий уклон определяется по формуле:

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}, \quad (2.2)$$

где G – величина продольного уклона на подходе к перекрёстку, %.

Подставив найденное значение в формулу (2.2) получим:

$$f_g = 1 - \frac{10}{200} = 0,95.$$

2.5 Влияние типа территории

Территория бывает в центральном районе, либо в других районах. Коэффициент учитывает частоту парковки, деятельности такси и общественного транспорта, большое количество пешеходов. В рассматриваемом случае данный коэффициент $f_a=0,9$.

2.6 Влияние правоповоротного движения

В случае, если правоповоротный поток осуществляет движение в конфликте с пешеходным потоком, то расчет пропускной способности выполняется с использованием дополнительной процедуры. Для этого необходимо рассчитать значение коэффициента приведения потока насыщения f_{Rpb} , который учитывает помехи для движения транспортных средств, создаваемые пешеходами. Данный коэффициент может быть определен по формуле:

$$f_{Rpb} = \frac{G_A}{G} \cdot f'_{Rpb} + \frac{G_E}{G} \cdot f''_{Rpb}, \quad (2.3)$$

где G_A – длительность зеленого сигнала, в течение которого движение направо осуществляется без конфликта, с;

G_E – длительность зеленого сигнала, в течение которого движение направо осуществляется с конфликтом, с;

G – общая длительность зелёного сигнала;

f'_{Rpb} – коэффициент приведения потока насыщения, учитывающий правоповоротное движение без конфликта;

f''_{Rpb} – коэффициент приведения потока насыщения, учитывающий правоповоротное движение с конфликтом, метод расчета которого рассмотрена ниже.

На рисунке 2.7 изображен график зависимостей коэффициента $f''_{Рпв}$ от таких параметров, как:

- доля правоповоротного потока в рассматриваемой группе полос, P_{RT} ;
- интенсивность движения V_p главного пешеходного потока, пеш./ч;
- количество полос $N_{п}$ в рассматриваемой группе, с которых разрешено движение направо;
- количество полос $N_{ПР}$, имеющих для правоповоротного потока на входе.

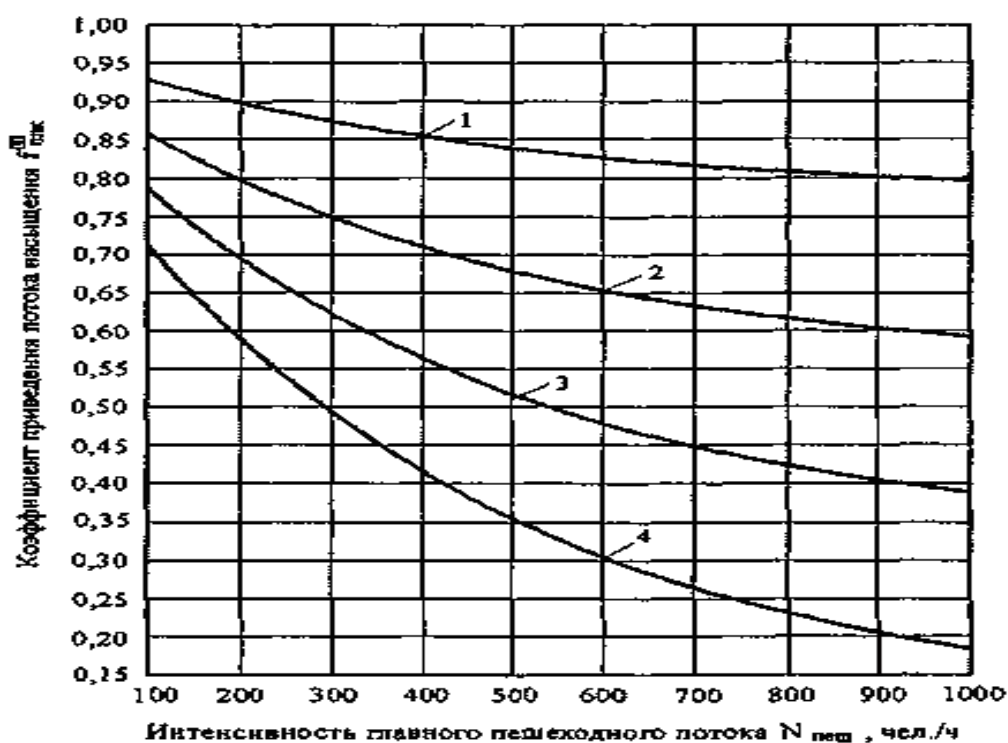


Рисунок 2.7 – График зависимости коэффициента $f''_{Рпв}$ от интенсивности пешеходного потока $N_{пеш}$, чел./ч

На данном графике линия 1 соответствует доле правоповоротного потока $P_{RT} = 0,25$, линия 2 – $P_{RT} = 0,5$, линия 3 – $P_{RT} = 0,75$, линия 4 – $P_{RT} = 1$.

Во время периода обследования с 6:00 часов утра до 00:00 часов ночи по полосе 1RS_N проехало 3385 автомобилей, из которых 1349 повернули направо, следовательно доля правоповоротного потока приблизительно равняется 40%. Интенсивность пешеходов в час пик с 17:00 до 18:00 часов вечера составила 709 человека. В результате, для данного случая наиболее достоверна будет линия 2 и

коэффициент приведения потока насыщения, учитывающий правоповоротное движение с конфликтом $f''_{Rpb} = 0,63$.

Коэффициент приведения потока насыщения f'_{Rpb} , учитывающий правоповоротное движение без конфликта рассчитывается по формуле:

$$f'_{Rpb} = 1 - (0,15) \cdot P_{RT}, \quad (2.4)$$

где P_{RT} – доля транспортных средств, поворачивающих направо.

Доля транспортных средств, поворачивающих направо была рассчитана выше. Подставив данное значение в формулу (2.4) получим:

$$f_{RT} = 1 - (0,15) \cdot 0,4 = 0,94.$$

Теперь, получив все необходимые значения, подставляем их в формулу (2.3):

$$f_{Rpb} = \frac{0}{24} \cdot 0,94 + \frac{24}{24} \cdot 0,63 = 0,63.$$

2.7 Расчет потока насыщения и 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 [4].

Под потоком насыщения подразумевается средняя установившаяся интенсивность разезда очереди автомобилей на регулируемом пересечении, которая достигается после 4 – 6-го автомобилей в очереди при условиях, что транспортные средства не испытывают потеряннного времени, а зеленый сигнал светофора является бесконечным.

Так, в американском руководстве по пропускной способности дорог (HCM 2000) для определения действительного потока насыщения используется формула:

$$S = S_0 \cdot N \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb}, \quad (2.5)$$

где S_0 – идеальный поток насыщения, прив.авт./ч;

N – количество полос движения в составе группы;

f_{HV} – коэффициент, учитывающий долю грузовых автомобилей в потоке;

f_p – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые парующимися транспортными средствами;

f_{LU} – коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки полос движения;

f_{LT} – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими налево транспортными средствами в составе группы;

f_{RT} – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими направо транспортными средствами в составе группы;

f_{Lpb} – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте налево.

Формула (2.5) является общей для всех случаев. В силу того, что в рассматриваемом случае некоторые элементы отсутствуют, то формула будет иметь следующий вид:

$$S = S_0 \cdot N \cdot f_w \cdot f_g \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{Rpb}, \quad (2.6)$$

Значение идеального потока насыщения S_0 сводится к измерению потока насыщения при идеальных условиях, то есть:

- очередь транспортных средств состоит только из легковых автомобилей;
- уклон на подходе к перекрёстку равен 0%;
- ширина полосы движения 3,6 м;
- сухое дорожное покрытие;

- отсутствие помех, создаваемых паркующимися автомобилями и остановками общественного транспорта.

Впервые величина идеального потока насыщения была опубликована в 1947 году и составляла 1714 прив.ед./ч. Но вследствие прогресса, применения новых технологий и растущей автомобилизации, на данном этапе значение идеального потока насыщения рекомендуется применять 1900 прив.ед./ч, как предлагается в американском пособии по повышению пропускной способности дорог «Highway Capacity Manual».

Подставим в формулу (2.6) значения, которые были получены выше:

$$S = 1900 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,63 = 961 \text{ прив. ед./ч.}$$

На рисунке 2.8 представлено сравнение полученного значения с расчетами некоторых авторов.



Рисунок 2.8 – Сравнение величин потока насыщения (прив.ед./ч)

Как видно на рисунке, полученное значение практически в два раза ниже, чем оно должно быть в теории. Сопоставив полученное в результате расчетов значение потока насыщения на полосе P0b_M0l_1RS_N со значениями идеального потока насыщения, рассчитанными в различных пособиях и руководствах по проектированию дорог и повышению их пропускной способности, можно сделать вывод о том, что на данном дорожном узле, а конкретнее на исследуемой полосе,

присутствуют факторы, довольно негативно влияющие на формирующийся поток насыщения и, соответственно, на пропускную способность в целом.

Пропускная способность полосы движения на регулируемом пересечении определяется по формуле:

$$P_{ji} = \frac{S_{ji} \cdot g_i}{C}, \quad (2.7)$$

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 (2.7):

$$P_{ji} = \frac{961 \cdot 24}{100} = 231 \text{ прив. ед./ч.}$$

Так же необходимо рассчитать минимальную продолжительность фазы, в которой присутствует движение пешеходов, так как она должна обеспечить их безопасный переход.

Минимальная продолжительность времени, которое требуется для перехода проезжей части рассчитывается по формуле:

$$G_p = 3,2 + \frac{L}{S_p} + \left(0,81 \cdot \frac{N_{ped}}{W_e}\right), \quad (2.8)$$

где G_p – минимальная длительность зеленого сигнала светофора, необходимая для пешеходов, чтобы пересечь проезжую часть, с;

L – длина пешеходного перехода, м;

S_p – средняя скорость движения пешехода, м/с;

W_e – эффективная ширина пешеходного перехода, м;

3,2 – время, необходимое пешеходам, чтобы отреагировать на смену сигналов светофора и начать движение, с;

N_{ped} – количество пешеходов, пересекших проезжую часть в течение одного цикла регулирования.

Показатель N_{ped} рассчитывается по формуле:

$$N_{ped} = \frac{v_{ped} \cdot C}{3600}, \quad (2.9)$$

где v_{ped} – интенсивность пешеходов, пеш/ч;

Подставим значения в формулу (2.9):

$$N_{ped} = \frac{709 \cdot 100}{3600} = 19,7 \text{ пеш.}$$

Среднее значение скорости движения пешеходов через проезжую часть S_p принимается равным 1,2 м/с (т.е. скорость 15% обеспеченности).

Теперь, зная все необходимые значения, подставим их в формулу (2.8):

$$G_p = 3,2 + \frac{37}{1,2} + \left(0,81 \cdot \frac{19,7}{4,2}\right) = 38 \text{ с.}$$

Все вышеизложенные расчеты были для направления N. Далее необходимо провести аналогичные расчеты для остальных направлений, результаты которых будут представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Сравнение показателей полос различных направлений

	1RS_N	1RS_S	1RS_W	1RS_E
Влияние общественного (для W и E грузового) транспорта, f_{bb}	0,85	0,89	0,98	0,99
Влияние ширины полосы, f_w	1,1	1,04	1,06	1,06
Влияние продольного уклона, f_g	0,95	1,02	1	1
Тип территории, f_a	0,9	0,9	0,9	0,9

Продолжение таблицы 2.1.

Коэффициент приведения, учитывающий правоповоротное движение без конфликта, f'_{Rpb}	0,94	0,95	0,78	0,86
Коэффициент приведения, учитывающий правоповоротное движение с конфликтом, f_{Rpb}	0,63	0,82	0,5	0,62
Поток насыщения, прив.ед./ч	961	1263	883	1105
Пропускная способность полосы, прив.ед./ч	231	303	380	475
Параметр N_{ped} , пеш.	19,7	19,2	8,3	21,6
Минимальная длительность зеленого сигнала светофора, необходимая для пересечения пешеходами проезжей части, с	38	37	24	31

Для большей наглядности основные показатели полос представлены на рисунке 2.9.

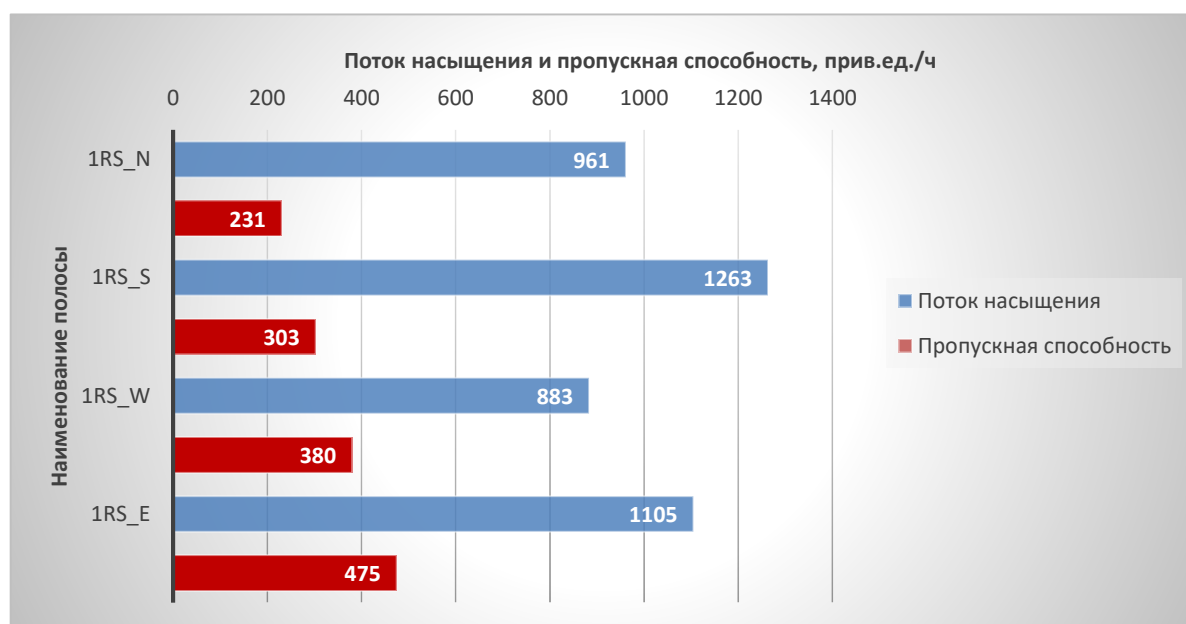


Рисунок 2.9 – Сравнение пропускной способности и потока насыщения полос различных направлений (прив.ед./ч)

Далее необходимо сравнить теоретические данные, полученные путем вычислений с фактическими данными, полученными с помощью камер «Интерсвязь». Но так как во всех теоретических расчетах пропускная измеряется в приведенных к легковому автомобилю единицах, то для начала необходимо применить аналогичную систему счисления к фактическим данным используя таблицу 2.2 [5].

Таблица 2.2 – Коэффициенты приведения к легковому автомобилю на регулируемых пересечениях

Тип транспортного средства	Коэффициент приведения
Легковой автомобиль	1,0
Грузовой автомобиль	1,6
Автобус	1,7
Автопоезд	2,8
Мотоцикл	0,6

Расчет производится по формуле:

$$v = K_i \cdot N_i + N_a, \quad (2.10)$$

где K_i – коэффициент приведения транспортного средства i -го типа к легковому автомобилю;

N_a – количество легковых автомобилей;

N_i – количество автомобилей i -го типа в очереди.

Подставим значения для полосы 1RS_N в формулу (2.10):

$$v = 1,7 \cdot 37 + 254 \approx 317 \text{ прив. ед.}$$

Аналогичным способом рассчитаем значения для других полос и занесем значения в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Пропускная способность по полосам

Наименование полосы	1RS_N	1RS_S	1RS_W	1RS_E
Прив.ед./ч	317	283	499	479

Теоретические расчеты проводились на основе данных для конкретного случая, а именно для вечернего часа-пик с 17:00 до 18:00 вечера. Следовательно фактическая пропускная способность берется за этот же период времени. Результаты теоретического и фактического исследования представлены на рисунке 2.10.

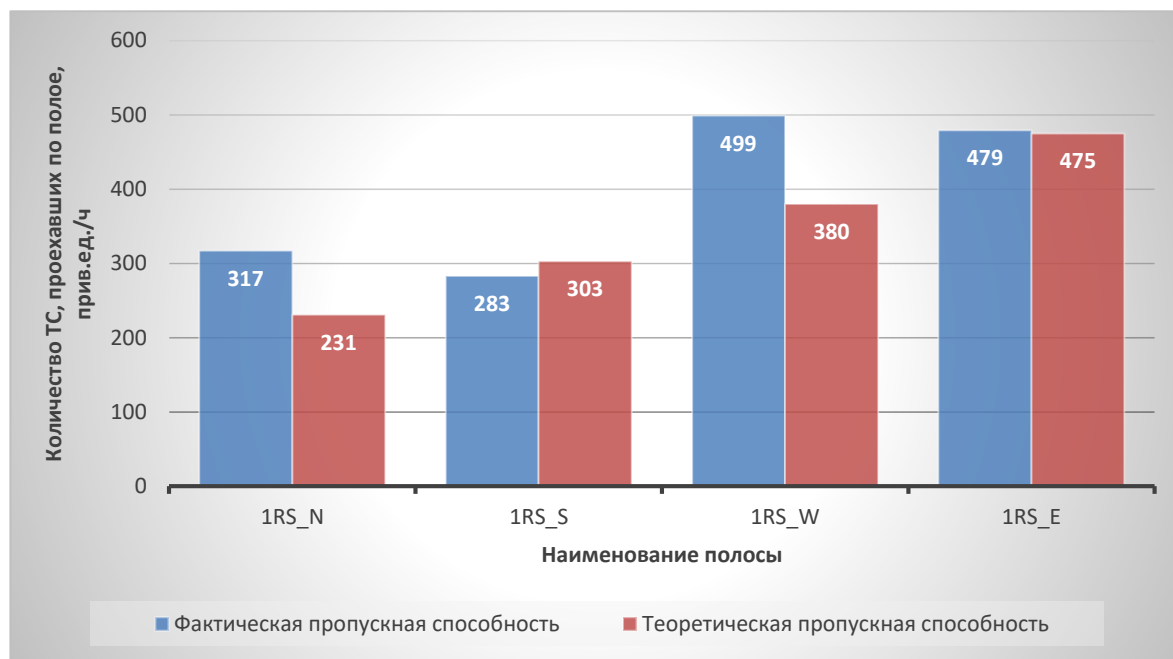


Рисунок 2.10 – Сравнение фактической и теоретической пропускной способности (прив.ед./ч)

Как видно из рисунка, реальная и фактическая пропускная способность на полосах 1RS_S и 1RS_E практически совпали, а у полос 1RS_N и 1RS_W наблюдается погрешность 27% и 24% соответственно. В силу того, что идеальной формулы расчета пропускной способности не существует, а сам по себе транспортный поток нестабилен в течение всего времени, то данная погрешность вполне допустима.

2.8 Проектное решение

Идея заключается в том, чтобы создать умный светофор, который в зависимости от дорожно-транспортной обстановки будет устанавливать время, отдаваемое пешеходам на пересечение проезжей части, а именно сколько секунд можно будет «отсечь» в конце разрешающего такта, чтобы транспортные средства смогли осуществлять поворот направо без конфликта с пешеходами. С помощью камеры и необходимого программного обеспечения отдельно будет подсчитываться количество автомобилей и количество пешеходов для каждой полосы, разрешающей поворот направо.

Пример того, как будет происходить сбор данных, представлен на рисунке 2.11.



Рисунок 2.11 – Анализ дорожно-транспортной обстановки с помощью камеры

Камера работает на основе нейронных сетей. Нейронная сеть – состоит из множества взаимодействующих простых процессов или функций – нейронов и связей между ними. Нейроны образуют слои. В слоях нейроны не связаны между

собой, но они связаны с нейронами предыдущего и следующего слоя. Точность и достоверность результата зависит от количества слоев и нейронов в сети. Выбор архитектуры нейронной сети зависит от типа решаемой задачи. Чем больше слоев и нейронов – тем точнее будет результат, ниже вероятность ошибок и выше надежность. Когда компьютер видит изображение, он видит массив значений пикселей. Цифры – единственные входные данные доступные для компьютера. В зависимости от разрешения и размера изображения это будет массив чисел. Компьютеру дается массив чисел, и он будет выводить числа, которые описывают вероятность того, что изображение будет относиться к определенному классу. Преимущество нейронной сети – возможность обучаться и исправлять ошибки [6].

На сегодняшний день камера обучена подсчитывать транспортные средства, подразделяя их на 6 категорий. Подсчитывать количество пешеходов данная камера не может в силу своего расположения, так как она расположена слишком высоко и распознать человека не удастся. Поэтому в проекте предлагается установка четырех камер в каждом углу перекрестка.

Чтобы понять, сколько времени возможно отсечь от основного такта пешеходов, используя камеры «Интерсвязь», было определено минимальное время, необходимое пешеходам для пересечения проезжей части. Результаты представлены на рисунке 2.12.

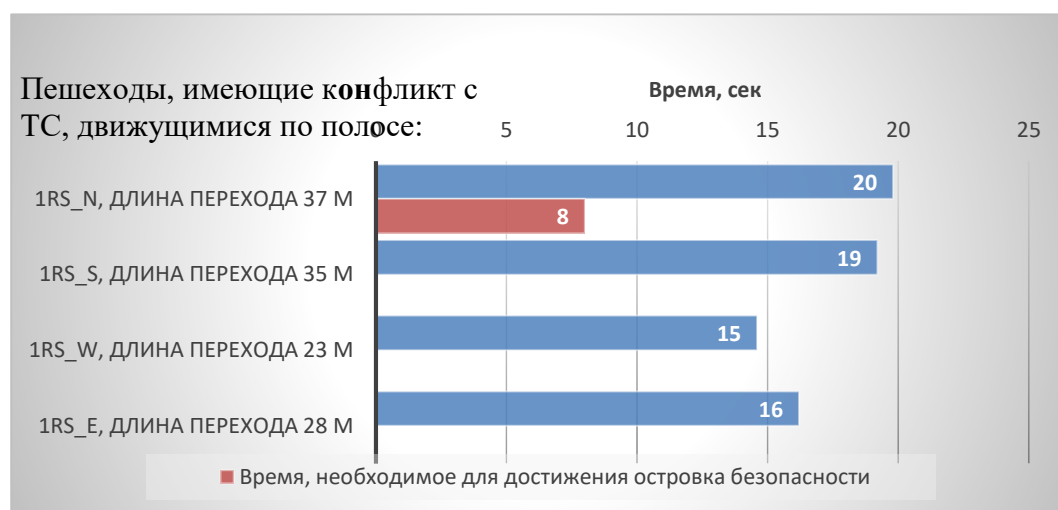


Рисунок 2.12 – Время, необходимое пешеходам для пересечения проезжей части (сек)

Из рисунка следует, что для пешеходов, имеющих конфликт с транспортными средствами, движущимися по полосам 1RS_N и 1RS_S, при действующей длительности основного такта 24 сек, возможно его сокращение на 4 и 5 сек соответственно. Но это не является пределом, так как на проезжей части расположен островок безопасности, до достижения которого требуется около 8 сек, из чего следует, что в исключительных случаях возможно сокращение такта на 16 сек. Для пешеходов, имеющих конфликт с транспортными средствами, движущимися по полосам 1RS_W и 1RS_E, при действующей длительности основного такта 43 сек, возможно его сокращение на 28 и 27 сек соответственно.

Для оценки эффективности данного предложения воспользуемся математической моделью, которая была изложена выше и занесем данные в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Зависимость пропускной способности от увеличения времени, в течение которого транспортные средства смогут поворачивать без конфликта с пешеходами

Время, на которое будет уменьшен основной такт для пешеходов, сек	Код полосы			
	1RS_N	1RS_S	1RS_W	1RS_E
При действующей работе светофорного объекта	231	303	380	475
2	259	332	407	506
4	288	362	435	536
6	317	391	462	567
8	345	420	490	597

Продолжение таблицы 2.4.

10	374	449	517	628
12	–	–	545	659
14	–	–	572	689
16	–	–	600	720
18	–	–	627	750
20	–	–	655	781
22	–	–	682	812
24	–	–	710	842
26	–	–	737	873
28	–	–	765	901

Из таблицы видно, что каждые 2 секунды, уменьшающие основной такт для пешеходов, позволяют повысить пропускную способность на 28-30 прив.ед./ч. При длительности цикла 100 сек, за час повторяется 36 циклов, следовательно за каждый цикл проезжает почти на 1 ТС больше, чем при существующем варианте. В итоге, при минимальном задействовании системы пропускная способность повышается приблизительно на 10%.

Также данный проект был смоделирован с помощью программы «PTV Vissim». Имитационное моделирование позволяет достаточно точно описать реальную систему, то есть процессы, как бы они проходили в действительности. К преимуществу имитации можно отнести то, что можно провести большое количество экспериментов, изменяя те или иные параметры и получить достаточно достоверные данные без особых затрат. Процесс моделирования представлен на рисунке 2.13.



Рисунок 2.13 – Имитационное моделирование в программе «PTV Vissim»

На верхнем рисунке представлен существующий вариант перекрестка, а на нижнем имитационный, то есть вариант, при котором в конце пешеходного такта отсекается определенное время и автомобили продолжают движение без конфликта с пешеходами. На примере полосы 1RS_N было произведено сравнение данных, полученных с помощью теоретического расчета и данных, полученных при имитационном моделировании. Результаты представлены на рисунке 2.14.

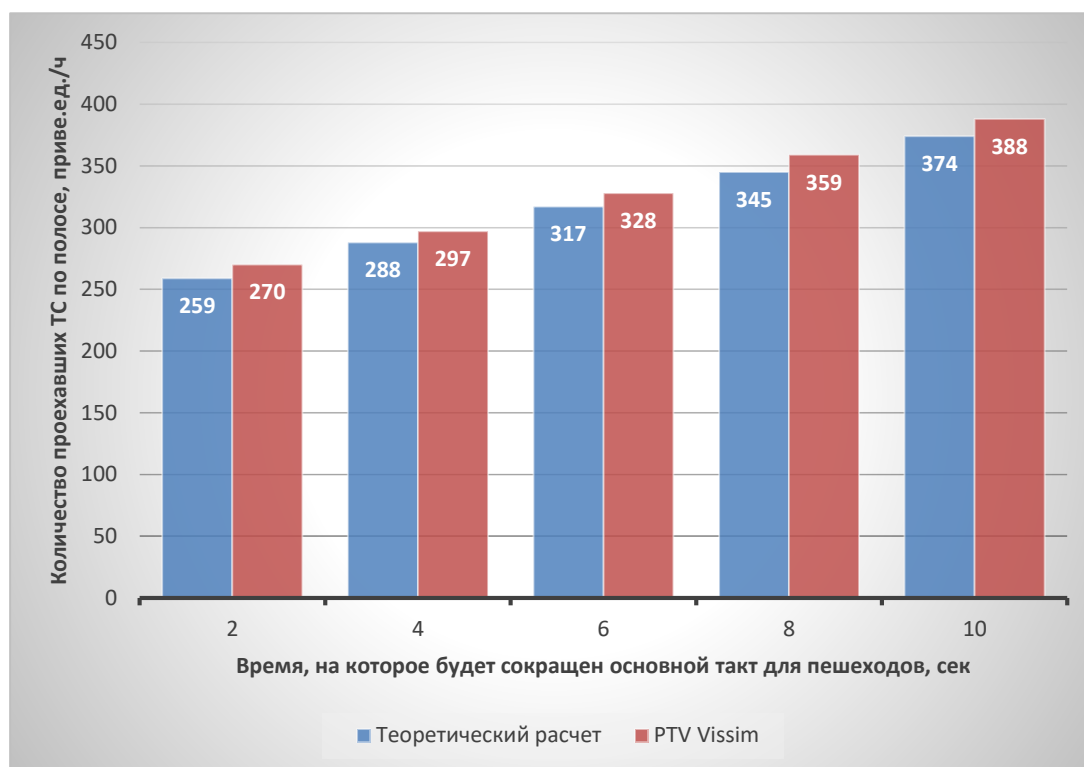


Рисунок 2.14 – Сравнение результатов теоретического расчета и имитационного моделирования на примере полосы 1RS_N

В результате проведенного сравнения пропускная способность, полученная с помощью программы «PTV Vissim» оказалась приблизительно на 4% выше, чем полученная теоретическим путем.

Вывод по разделу два

В данном разделе были исследованы основные динамические показатели полос, с разрешенным движением прямо и направо (пр. Победы и ул. Молодогвардейцев). Были получены зависимости и закономерности влияния пешеходного трафика на пропускную способность полос с учетом структуры транспортного потока, геометрии перекрестка и его особенностей. Разработана математическая модель по сбору и обработке данных с камер на основе технологии нейросетей. Использование адаптивных светофоров позволяет увеличить пропускную способность полосы с разрешенным поворотом направо в состоянии затора полос на 10-50%.

3 ЭКОНОМИКА

На территории Российской Федерации для повышения пропускной способности дорог, как правило, производят расширение проезжей части. Уровень пропускной способности рассчитывается специалистами для разных типов дорог и его учитывают при проектировании: выбирают необходимое количество полос, разрешенную скорость и т.д. [7].

Например, в «Рекомендации по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений» указано, что районная улица в городе должна пропускать 500 автомобилей в час по каждой полосе [8]. Следовательно, если пропускной способности не достаточно, то предлагается делать еще одну полосу. Но проблема в том, что пропускная способность это теоретический показатель, который в реальности не достигается, особенно в черте города из-за множества пересечений дорог, большого количества светофорных объектов, скорости реакции водителей, состояния дорожного покрытия и т.д.

В данном проекте предлагается увеличение пропускной способности за счет оптимизации транспортных и пешеходных потоков с помощью интеллектуальных технологий, а именно камер видеонаблюдения и связанными с ними светофорами. Эффект от проведения мероприятий по повышению пропускной способности с использованием умных технологий состоит в экономии средств, необходимых на расширение, строительство новых полос, а также затрат на их содержание. Для этого подсчитаем затраты на строительство полос, предназначенных для выполнения правого поворота на каждом из направлений.

					23.03.01.2019.208.00.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Докум.№</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Моор А.Д.</i>				<i>Экономика</i>	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Шепелев В.Д.</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>	<i>Баранов П.Н.</i>							
<i>Утверд..</i>	<i>Рождественский Ю.В.</i>							
						<i>ЮУрГУ</i> <i>Кафедра АТ</i>		

3.1 Затраты на строительство полос, предназначенных для выполнения правого поворота

Согласно данным за 2016 год, стоимость строительства 1 км одной полосы автомобильной дороги в Челябинской обл. составила 33899000 руб., т.е. 33899 руб./м [9].

Полоса 1R_N:

5084850 руб. – стоимость строительства 150 м дороги;

22400 руб. – стоимость нанесения 16 м² дорожной разметки 1.14.1 «зебра» [10];

24210 руб. – стоимость установки искусственной дорожной неровности ИДН-900-4м перед нерегулируемым пешеходным переходом [11];

1050 руб. – стоимость знака 4.2.3 "Объезд препятствия справа или слева" 1 шт. [12];

1599 руб. – стоимость знака 8.22.3 "Препятствие", 1 шт.;

3150 руб. – стоимость знаков 5.19.1 и 5.19.2 "Пешеходный переход", 3 шт.;

850 руб. – стоимость знака 2.4 "Уступите дорогу", 1 шт.;

1050 руб. – стоимость знака 4.1.2 "Движение направо", 1 шт.;

1050 руб. – стоимость знака 3.1 "Въезд запрещен", 1 шт.;

23040 руб. – стоимость установки стоек дорожных знаков, 4 шт. [13];

35230 руб. – установка секций барьерных ограждений, 13 шт. [14].

Общую стоимость строительства полосы посчитаем по формуле:

$$C_{\text{стр}} = C_{\text{пол}} + C_{\text{др}} + C_{\text{дз}} + C_{\text{идн}} + C_{\text{бо}}, \quad (3.1)$$

где $C_{\text{стр}}$ – общая стоимость строительства полосы, предназначенной для выполнения правого поворота, руб.;

$C_{\text{пол}}$ – стоимость строительства дороги, руб.;

$C_{\text{др}}$ – стоимость нанесения дорожной разметки, руб.;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпи	Дат	23.03.01.2019.208.00.00.ПЗ	54

$C_{дз}$ – стоимость установки дорожных знаков, руб.;

$C_{идн}$ – стоимость установки искусственной дорожной неровности, руб.;

$C_{бо}$ – стоимость установки барьерных ограждений, руб.

Подставим значения в формулу (3.1):

$$C_{рек} = 5084850 + 22400 + 31789 + 24210 + 35230 = 5198479 \text{ руб.}$$

Полоса 1R_S:

4915355 руб. – стоимость строительства 145 м дороги;

22400 руб. – стоимость нанесения 16 м² дорожной разметки 1.14.1 «зебра»;

31789 руб. – стоимость установки дорожных знаков, 8 шт. на 4 стойки;

24210 руб. – стоимость установки искусственной дорожной неровности

ИДН-900-4м перед нерегулируемым пешеходным переходом;

35230 руб. – установка секций барьерных ограждений, 13 шт.

Подставив значения в формулу (3.1) получим:

$$C_{рек} = 4915355 + 22400 + 31789 + 24210 + 35230 = 5028984 \text{ руб.}$$

Полоса 1R_W:

4575015 руб. – стоимость строительства 135 м дороги;

22400 руб. – стоимость нанесения 16 м² дорожной разметки 1.14.1 «зебра»;

31789 руб. – стоимость установки дорожных знаков, 8 шт. на 4 стойки;

24210 руб. – стоимость установки искусственной дорожной неровности

ИДН-900-4м перед нерегулируемым пешеходным переходом;

35230 руб. – установка секций барьерных ограждений, 13 шт.

Подставив значения в формулу (3.1) получим:

$$C_{рек} = 4575015 + 22400 + 31789 + 24210 + 35230 = 4688644 \text{ руб.}$$

Полоса 1R_E:

4744460 руб. – стоимость строительства 140 м дороги;

22400 руб. – стоимость нанесения 16 м² дорожной разметки 1.14.1 «зебра»;

31789 руб. – стоимость установки дорожных знаков, 8 шт. на 4 стойки;

24210 руб. – стоимость установки искусственной дорожной неровности ИДН-900-4м перед нерегулируемым пешеходным переходом;

35230 руб. – установка секций барьерных ограждений, 13 шт.

Подставив значения в формулу (3.1) получим:

$$C_{\text{рек}} = 4744460 + 22400 + 31789 + 24210 + 35230 = 4858089 \text{ руб.}$$

Также, в связи со строительством полос, предназначенных для выполнения правого поворота, необходимо будет произвести реконструкцию светофорного объекта. На осуществление данного мероприятия потребуется дополнительно около 1014000 руб. [15].

Общие затраты на перекресток значительно увеличатся, так как придется дополнительно выделять средства на содержание, ремонт и капитальный ремонт новых полос, общей протяженностью 570 м. В «Докладе о стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, ремонта и содержания 1 км автомобильных дорог общего пользования Российской Федерации (2016 год)» приводятся данные, что на годовое содержание 1 км дороги необходимо около 369000 руб. В данном случае это будет стоить 210330 руб. На ремонт потребуется 2180657 руб., а на капитальный ремонт 9813889 руб. [16]. Ремонт дороги должен производиться раз в 12 лет, а капитальный ремонт раз в 24 года [17]. При пересчете на затраты в год получится 181721 руб. и 382662 руб. соответственно.

Затраты на годовое обслуживание новых полос посчитаем по формуле:

$$C_{\text{год}} = C_{\text{сод}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{кап.рем}}, \quad (3.2)$$

где $C_{\text{год}}$ – общие затраты на обслуживание полос, руб./год;

$C_{\text{сод}}$ – затраты на содержание полос, руб./год;

$C_{\text{рем}}$ – затраты на ремонт полос, руб./год;

$C_{\text{кап.рем}}$ – затраты на капитальный ремонт полос, руб./год.

Подставив значения в формулу (3.2) получим:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпи	Дат	23.03.01.2019.208.00.00.ПЗ				56

$$C_{\text{год}} = 210330 + 181721 + 382662 = 774713 \text{ руб.}$$

Подсчитаем необходимые инвестиции на реализацию проекта по строительству полос, предназначенных для выполнения поворота направо по формуле:

$$C_{\text{общ}} = C_N + C_S + C_W + C_E + C_{\text{со}}, \quad (3.3)$$

где C_N – стоимость строительства дороги при движении на север, руб.;

C_S – стоимость строительства дороги при движении на юг, руб.;

C_W – стоимость строительства дороги при движении на запад, руб.;

C_E – стоимость строительства дороги при движении на восток, руб.;

$C_{\text{со}}$ – стоимость реконструкции светофорного объекта, руб.

Подставим рассчитанные ранее значения в формулу (3.3):

$$C_{\text{общ}} = 5198479 + 5028984 + 4688644 + 4858089 + 1014000 = 20788196 \text{ руб.}$$

3.2 Затраты на проект с применением интеллектуальных технологий

Для реализации проекта потребуются следующие вложения:

120000 руб. – стоимость написания программного обеспечения (консультация с кафедрой «Системное программирование»);

40000 руб. – блок управления светофором, 4 шт.;

174608 руб. – камера видеонаблюдения, 4 шт. [18].

Подсчитаем общие затраты на осуществление мероприятий:

$$T_{\text{общ}} = T_{\text{по}} + T_{\text{бу}} + T_{\text{кв}}, \quad (3.4)$$

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

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпи	Дат	23.03.01.2019.208.00.00.ПЗ	57

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

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

Подставим найденные значения в формулу (3.4):

$$T_{общ} = 120000 + 40000 + 174608 = 334608 \text{ руб.}$$

Также, для устранения и предотвращения сбоев и неполадок в работе, необходимо будет поддерживать данное программное обеспечение. Годовая стоимость обслуживания – 60000 руб.

3.3 Сравнение затрат на реализацию проектов

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

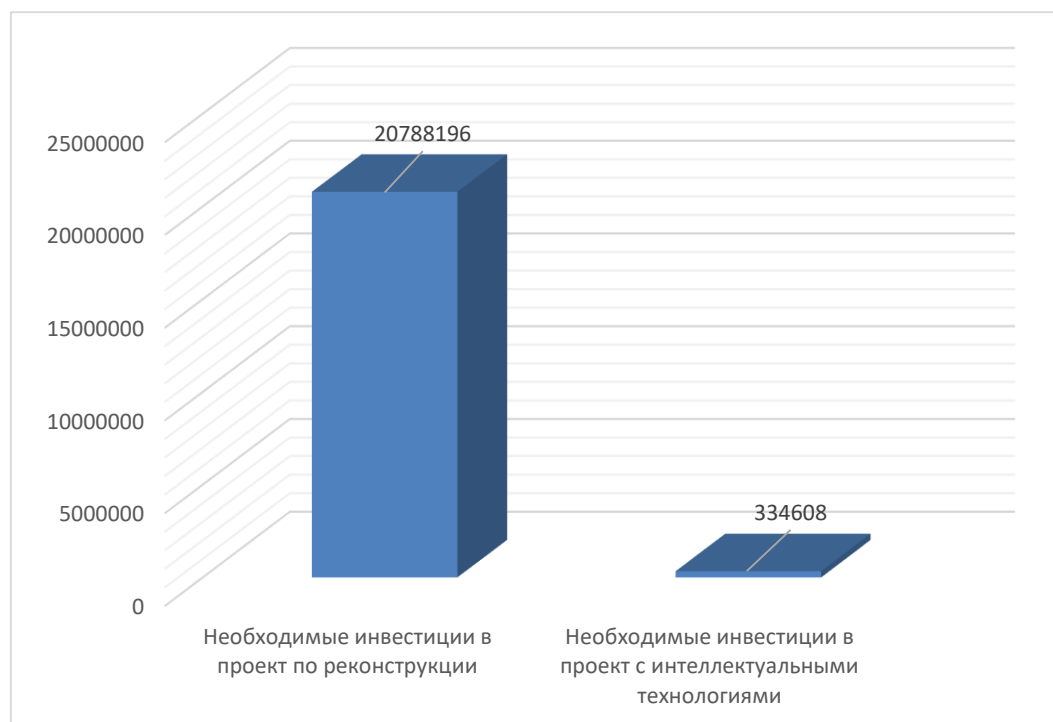


Рисунок 3.1 – Необходимые капитальные вложения для реализации проектов, руб.

Как видно из рисунка, разница в необходимых инвестициях достаточно велика. Реконструкция перекрестка обойдется почти в 62 раза дороже.

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

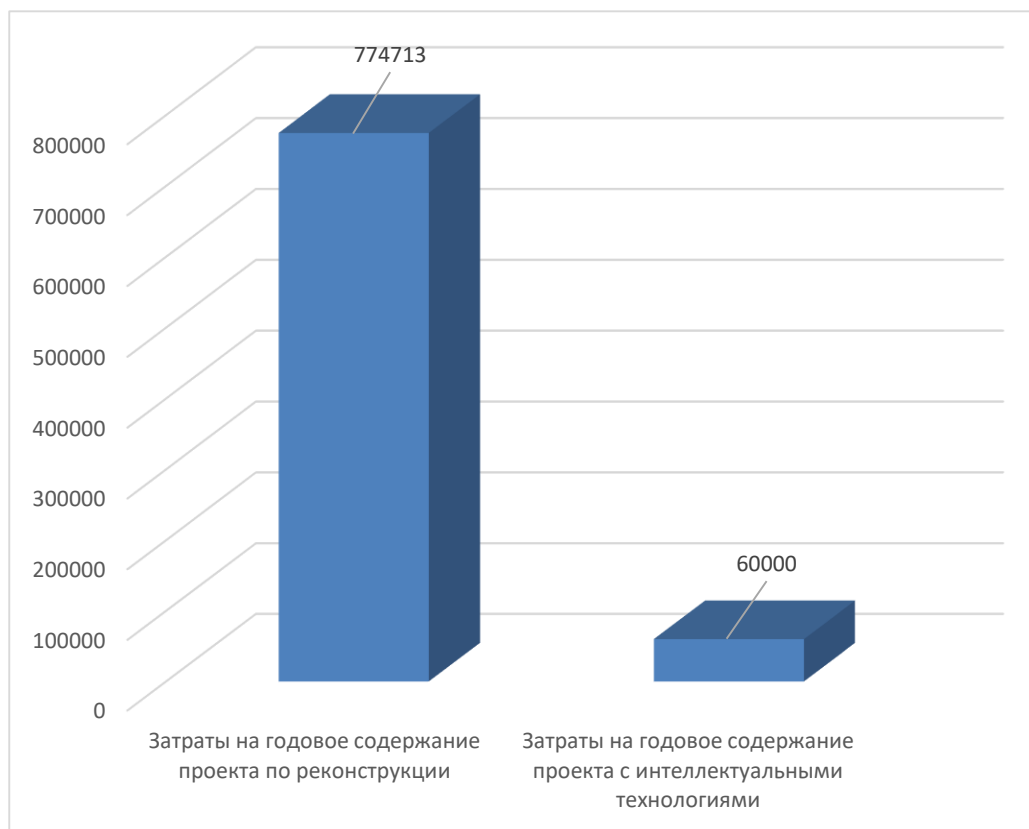


Рисунок 3.2 – Средства, необходимые на годовое содержание проекта, руб.

Проведем сравнительный анализ проектов по повышению пропускной способности перекрестка пр. Победы и ул. Молодогвардейцев за счет строительства новых полос и за счет использования интеллектуальных технологий в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Сравнительный анализ проектов

Дополнительные затраты на содержание перекрестка	Строительство полос	Применение интеллектуальных технологий
Необходимые инвестиции, руб.	20 788 196	334 608
Стоимость содержания, руб./год	774 713	60 000

Вывод по разделу три

В данном разделе были подсчитаны затраты на реализацию предлагаемого проекта по повышению пропускной способности с применением интеллектуальных технологий, а также затраты на «классическое» решение – строительство новых полос (расширение проезжей части). Затраты на воплощение проектов составили 334608 руб. и 20788196 руб. соответственно. Стоимость годового содержания составила 60000 руб. и 774713 руб. соответственно.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Автомобилизация

Постоянно возрастающий уровень автомобилизации с каждым годом провоцирует развитие множества различных проблем, таких как: заторные ситуации на дорогах, ухудшение экологической обстановки, а также большое количество вибраций и шумов, которые оказывают негативное воздействие на организм человека.

Автомобилизация – это оснащенность населения автомобилями. Уровень автомобилизации определяется из показателя среднего количества частных легковых автомобилей, приходящихся на 1000 жителей [19]. Уровень мировой автомобилизации показан на рисунке 4.1 [20].

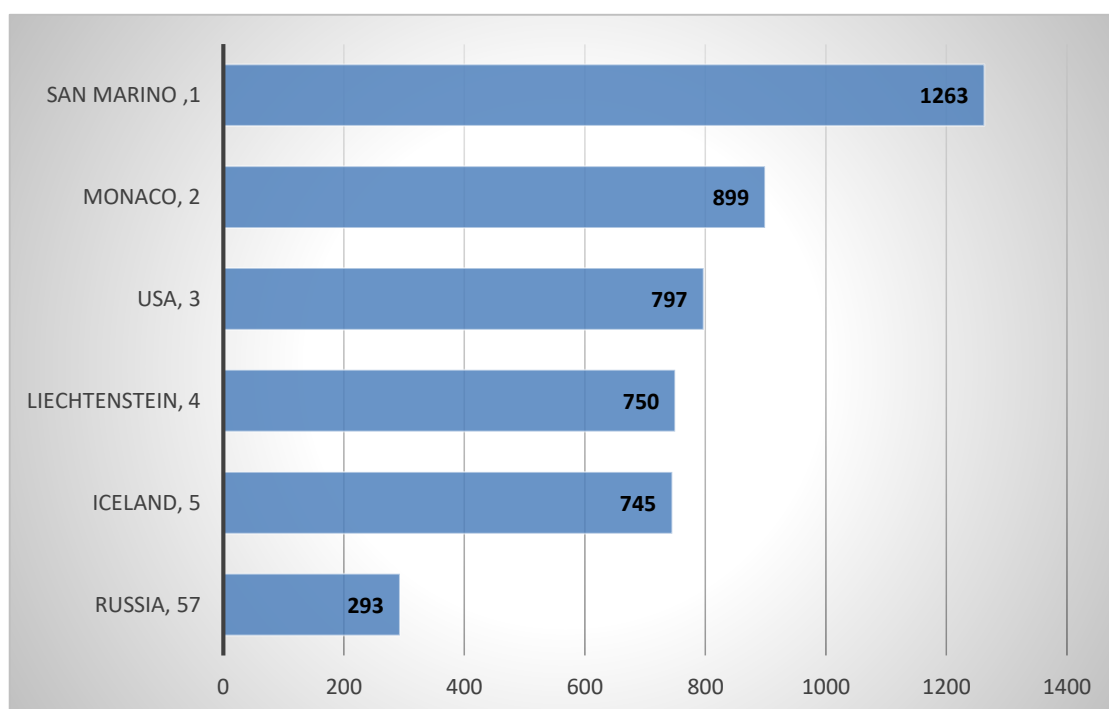


Рисунок 4.1 – Уровень автомобилизации в некоторых странах мира (авт./1000 чел.)

					23.03.01.2019.208.00.00 ПЗ		
Изм.	Лист	Докум.№	Подпись	Дат			
Разраб.	Моор А.Д.						
Провер.	Аверьянов Ю.И.						
Реценз.							
Н. контр.	Баранов П.Н.						
Утверд..	Рождественский Ю.В.						
Безопасность жизнедеятельности					Лит	Лист	Листов
					ЮУрГУ Кафедра АТ		

Как видно из рисунка, Россия значительно уступает по уровню автомобилизации другим странам. Например, в США уровень автомобилизации более чем в 2 раза выше, чем в России.

По состоянию на 1 июля 2018 года обеспеченность легковыми автомобилями в среднем по России составила 293 единиц на тысячу жителей [21]. В Челябинской области – 291 единица на тысячу жителей [22].

Не смотря на то, что оснащенность населения легковыми автомобилями в России находится на относительно низком уровне, уровень ее негативного воздействия возможно даже больше чем в странах с высоким уровнем автомобилизации в силу более устаревшего подвижного состава, менее жестких регламентов и технических требований, а также в связи с практически полным отсутствием применения современных технологий по оптимизации и регулирования транспортных потоков.

4.2 Влияние предложенных мероприятий на безопасность жизнедеятельности

Анализ дорожно-транспортных происшествий по Челябинской области представлен на рисунке 4.2.

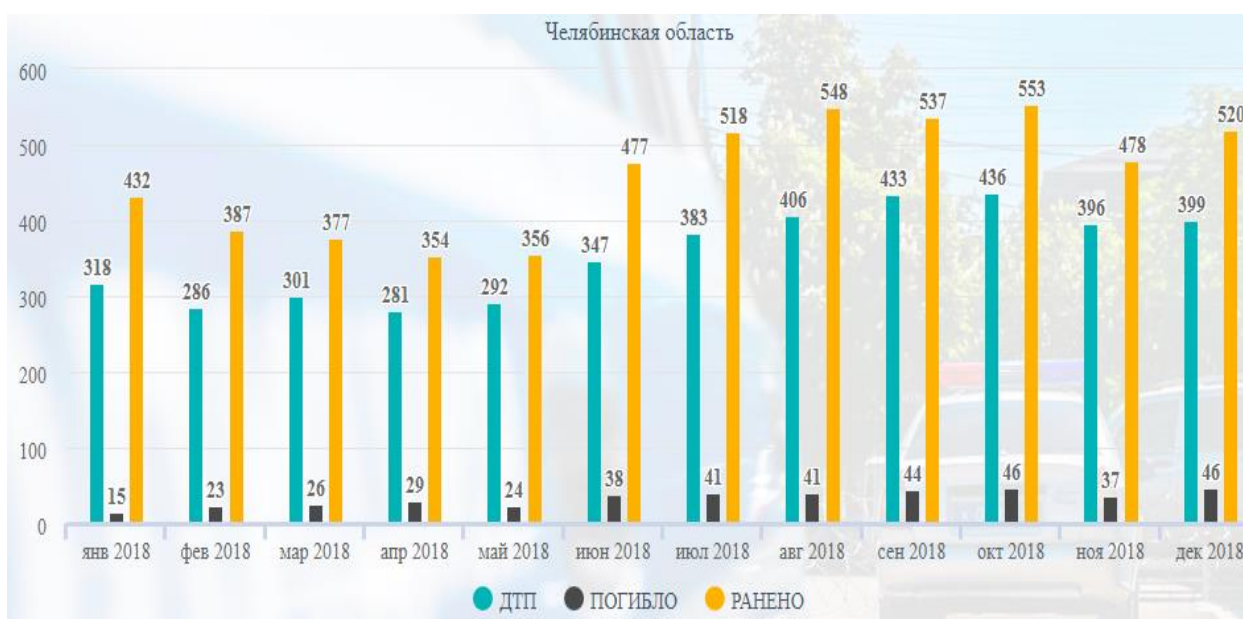


Рисунок 4.2 – Диаграмма ДТП по Челябинской области за 2018 г.

Суммарно в 2018 году в Челябинской области произошло 4287 ДТП, в 1346 из которых пострадали пешеходы. В самом Челябинске произошло 1772 ДТП, 620 из которых были с участием пешеходов [23].

Локальный проект «Челябинский урбанист» составил карту дорожно-транспортных происшествий, представленную на рисунке 4.3 [24].

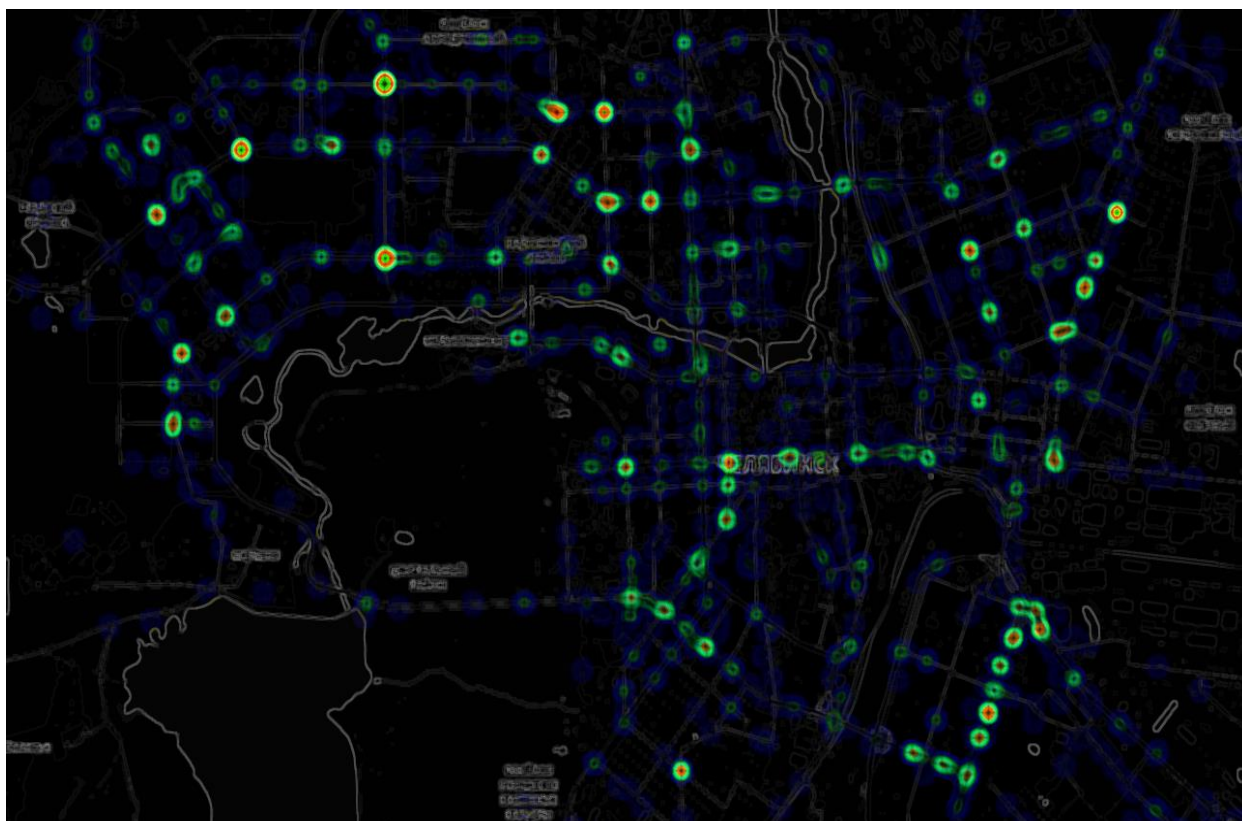


Рисунок 4.3 – Интерактивная карта ДТП г. Челябинск

На данном рисунке представлены все ДТП, произошедшие в городе за 2018 год, в которых было ранено 2225 человек и 80 погибли.

Для повышения уровня безопасности на перекрестке улицы Молодогвардейцев и проспекта Победы предлагается ряд мероприятий, которые будут этому способствовать.

Одним из мероприятий является обустройство островков безопасности на улице Молодогвардейцев (в связи с тем, что по проспекту Победы проложены трамвайные пути, обустройство островков безопасности нецелесообразно).

Островок безопасности предупреждает водителей о наличии пешеходного перехода, даже если разметка 1.14 и дорожные знаки 5.19.1, 5.19.2 отсутствуют или малозаметны. В случае, если пешеход не успевает завершить переход проезжей части, он может дожидаться следующего разрешающего сигнала светофора на данном островке безопасности, что особенно важно для маломобильных групп населения. Так же островки безопасности являются мерой успокоения транспортного потока, то есть снижают скорость и приводят к равномерности потока. Полосы рядом с островками сужаются, что вынуждает водителей замедлять ход. К тому же, островки безопасности на перекрестках уменьшают радиус поворота, что опять же заставляет снижать скорость поворачивающих водителей.

Повысить безопасность дорожного движения возможно путём сужения полос [25]. Согласно американским исследованиям, пропускная способность у полосы, шириной 3 м, всего на 7% ниже чем у полосы, шириной 3,6 м [26]. Ценой небольшой потери пропускной способности, узкие полосы уменьшают скорость трафика и повышают безопасность, снижая вероятность ДТП.

Следующим мероприятием по повышению безопасности является применение светофора, анализирующего обстановку с помощью машинного зрения. Предполагается настройка фаз таким образом, что пешеходы преимущественно будут пересекать проезжую часть группами, а как известно, переход в составе группы является более безопасным по сравнению с одиночным, так как для водителя визуально «пятно» становится больше, а следовательно заметнее. Так же предполагается, что длительность ожидания пешеходами очередной фазы, разрешающей пересечение проезжей части, сократится, а время ожидания непосредственно влияет на безопасность участников дорожного движения. Данные по зависимости вероятности нарушения правил дорожного движения от средней задержки пешеходов на регулируемых перекрестках представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Уровни обслуживания пешеходов на регулируемых переходах

Уровень обслуживания	Средняя задержка пешехода, d_p	Вероятность нарушения правил дорожного движения
A	<10	Низкая
B	$\geq 10-20$	
C	>20-30	Умеренная
D	>30-40	
E	>40-60	Высокая
F	>60	Очень высокая

Рассчитаем длительность задержки пешеходов, у которых существует конфликт с транспортными средствами, движущимися по полосам 1RS_N и 1RS_S по формуле:

$$d_p = \frac{0,5(C - g)^2}{C}, \quad (4.1)$$

где d_p – средняя длительность ожидания пешехода при движении через регулируемых переход;

g – длительность сигнала, разрешающего движение пешеходов, с.

Подставим значения в формулу (4.1):

$$d_p = \frac{0,5(100 - 24)^2}{100} \approx 29 \text{ с.}$$

Аналогичным способом рассчитаем значение задержки для пешеходов, у которых существует конфликт с транспортными средствами, движущимися по полосам 1RS_W и 1RS_E:

$$d_p = \frac{0,5(100 - 43)^2}{100} \approx 16 \text{ с.}$$

Исходя из полученных значений можно сделать вывод о том, что пешеходы, пересекающие улицу Молодогвардейцев, находятся на уровне обслуживания «А», следовательно вероятность нарушения ПДД низкая, а вот пешеходы, пересекающие проспект Победы, находятся на уровне С, где вероятность нарушить правила уже умеренная.

4.3 Шумовое и экологическое загрязнение автомобильным транспортом

Шум в окружающей среде – это наружный шум, который создается в результате деятельности человека. Примерно 70% крупных городов сталкиваются с проблемой шумового загрязнения. На долю транспорта приходится 80-90 % из общего шумового загрязнения. Шум, вызванный деятельностью человека, как правило имеет раздражающий характер. Увеличение уровня шума выше нормы негативно действует на здоровье человека: увеличивается утомляемость, возникает стресс, снижается умственная активность.

Бороться с шумовым загрязнением можно несколькими способами. Одним из перспективных способов является использование специальных устройств с активным шумоподавлением, которые основаны на сложении звуковых волн в противофазе [27]. Также возможно использовать установку шумозащитных экранов, но данная технология не имеет широкого применения, так как по правилам они должны отвечать эстетическим требованиям, вписываться в ландшафт, а соблюсти данные условия далеко не всегда возможно. Еще один способ – это использование шумо-газо-пылезащитного озеленения. Данный вид озеленения представляет собой плотную многорядную посадку специальных древесно-кустарниковых пород, которые эффективно борются с шумом, выхлопными газами и дорожной пылью на пути их распространения [28].

Так, сотрудники Восточно-Сибирского государственного университета провели оценку шумового загрязнения городской среды от автотранспорта в г. Улан-Удэ, а также провели сравнительный анализ уровня шума на автомобильных

Изм.	Лист	№ докум.	Подпи	Дат	23.03.01.2019.208.00.00.ПЗ	66

дорогах, имеющих и не имеющих зеленые насаждения. Для исследованных территорий были в основном однорядные посадки кустарниковых и деревьев вдоль автомобильных дорог. Результаты их исследования представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Сравнение значений уровня шума автомобильных дорог с зелеными насаждениями и без них

Наименование исследуемой точки	Уровень шума на границе с проезжей частью, дБА	Уровень шума на расстоянии 7,5 м от проезжей части, дБА	Разница между уровнями шума, дБА
С зелеными насаждениями			
Ключевская, 37	67,3	56,4	12,0
Ключевская, 42 Б	70,0	55,1	14,9
Бабушкина, 22	69,5	55,4	14,1
Сахьяновой, 8	62,8	55,9	6,9
Терешковой, 11	71,5	59,2	12,3
Терешковой, 17	66,2	56,6	9,6
Терешковой, 28	60,7	55,3	5,4
Пр. 50-лет Октября, 15	64,7	56,1	8,6
Пр. 50-лет Октября, 20	66,6	55,8	10,8
Борсоева, 9	71,0	56,5	14,5
Среднее уменьшение уровня шума за счет зеленых насаждений и расстояния от проезжей части			10,9
Без зеленых насаждений			
Бабушкина, 7	70,1	67,3	2,8
Трубачева, 31	70,0	66,5	3,5
Пищевая, 10 В	68,0	66,9	1,1
Лимонова, 10	66,3	64,5	1,8
Комсомольская, 39	65,9	60,8	5,1
Смолина, 43	69,3	68,9	0,4
Коммунистическая, 41	67,5	64,8	2,7
Среднее уменьшение уровня шума за счет расстояния от проезжей части			2,5

В результате эксперимента было подтверждено, что зеленые насаждения вдоль автомобильных дорог позволяют снизить уровень шума в среднем на 16 % [29].

Города-миллионники сильно подвержены загрязнению атмосферного воздуха автотранспортом. Отработавшие газы содержат смесь, которая насчитывает около 290 различных соединений. В большинстве своем это газообразные вещества и немного твердых частиц. По химическим свойствам компоненты отработавших газов делят на две группы: токсичные (CO, NO_x, SO₂, H₂S и т.д.) и нетоксичные (N₂, O₂, CO₂, H₂O, H₂). Больше всего вредных веществ выделяется при трогании с места и остановке, при работе на холостом ходу. Из этого следует, что самое опасное место – это затор, так как большое количество транспортных средств одновременно работает при самом неблагоприятном режиме, что особенно актуально для перекрестка улицы Молодогвардейцев и проспекта Победы.

В 2012 году мобильная измерительная лаборатория «Горэкоцентр» определяла содержание семи компонентов, характерных для автомобильных выбросов: угарного газа (CO), оксидов азота (NO и NO₂), диоксида серы (SO₂), сажи, керосина и бензина. Замеры производились в утренние либо вечерние часы пик. Результаты заборов представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Содержание вредных веществ в воздухе около дорог с разной интенсивностью движения

Адрес	CO	NO ₂	NO	SO ₂	Сажа	Керосин	Бен- зин
	мг/куб.м						
Двор, Молодогвардейцев, 34	<1,5	0,107	<0,03	<0,025	<0,025	<0,6	<0,05
Перекресток, Комсомольский пр., 48	1,6	0,14	<0,03	<0,025	<0,025	<0,6	<0,05

Продолжение таблицы 4.3

Магистраль, Бр. Кашириных, 101	2,2	0,15	<0,03	<0,025	<0,025	<0,6	<0,05
Магистраль, Энгельса, 49	2,3	0,068	<0,03	<0,025	<0,025	<0,6	<0,05
Перекресток, Свободы, 139	1,9	0,19	<0,03	<0,025	0,027	<0,6	<0,05
Магистраль, Меридиан	4,8	0,19	<0,03	<0,025	0,13	<0,6	2,5
Магистраль, Свердловский тр, 24	5,7	0,095	0,276	<0,025	0,041	<0,6	<0,05
Дорога около лесопарковой зоны, Коммуны, 43	1,7	0,031	<0,03	<0,025	<0,025	<0,6	<0,05
Магистраль, Свердловский пр., 24	6,8	0,163	0,44	<0,025	<0,025	<0,6	<0,05
Значение ПДК, мгновенные, мг/куб.м	5	0,2	0,4	0,5	0,15	1,2	5,0
Значения ПДК, суточные, мг/куб.м	3	0,04	0,06	0,05	0,05	-	1,5

Как видно из таблицы, из семи проб вдоль магистралей только две показали превышение нормы концентрации вредных веществ. Но это не значит, что всё в пределах нормы, так как приборы для забора воздуха показывали средние значения за 20 минут, в то время как мгновенные концентрации отработавших газов иногда составляли четырехкратное превышение ПДК [30].

Одним из наиболее простых методов борьбы с отработавшими выхлопными газами является описанное выше озеленение автомобильных дорог. Если переходить к более сложному, то это усовершенствование конструкций двигателей, а также использование экологичных видов топлива (природного газа, жидкого водорода, этилового спирта и т.д.).

4.4 Техника безопасности при выполнении дорожных работ

Дорожные рабочие, имеющие необходимую подготовку, перед допуском к работе должны пройти обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры, а также пройти обучение по безопасным методам и приемам выполнения работ [31].

Дорожным рабочим необходимо соблюдать технику безопасности для обеспечения защиты от воздействия опасных производственных факторов, таких как:

- повышенный уровень вибрации;
- двигающиеся транспортные средства;
- повышенная загазованность и запыленность рабочей зоны;
- повышенная или пониженная температура рабочей зоны.

Для защиты от механических воздействий дорожные рабочие обязаны использовать предоставляемыми работодателями бесплатно костюмы хлопчатобумажные, жилеты сигнальные, плащи непромокаемые, ботинки кожаные, перчатки комбинированные, наколенники брезентовые (на вате), костюмы на утепляющей прокладке и валенки для зимнего периода.

Во время работы дорожные рабочие обязаны:

- ограждать рабочее место защитным ограждением и обозначать соответствующими дорожными знаками (3.1 «Въезд запрещен», 3.24 «Ограничение скорости», 1.25 «Дорожные работы») с сигнальным освещением;
- включать сигнально освещение в темное время суток;
- включать светильники для освещения рабочих мест в темное время суток.

Вывод по разделу четыре

В данном разделе был проведен анализ дорожно-транспортных происшествий по Челябинской области и в частности по городу Челябинск. Суммарно в 2018 году в Челябинской области произошло 4287 ДТП, 1772 из которых произошло в г. Челябинск. Были предложены мероприятия, предназначенные повысить уровень безопасности дорожного движения на данном перекрестке. Также были изучены факторы, такие как шумовое и экологическое загрязнение автомобильным транспортом, негативно влияющие на здоровье человека и предложены способы борьбы с ними.

					23.03.01.2019.208.00.00.ПЗ	71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпи	Дат		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка интеллектуальной технологии по взаимодействию пешеходов и дорожной инфраструктуры на основе машинного зрения. В данном проекте предложены мероприятия, направленные на увеличение пропускной способности перекрестка.

В проекте предлагается создание умного светофора, который посредством камер видеонаблюдения, использующими нейронные сети для оценки дорожно-транспортной обстановки, будет отсекал время от основного такта пешеходов, тем самым позволяя транспортным средствам продолжать движение без конфликта с пешеходами. Данная технология будет работать в моменты перегрузки перекрестка, оставляя пешеходам время, минимально необходимое для пересечения проезжей части.

При расчетах экономической составляющей была установлена стоимость реализации данного проекта, которая составила 344608 руб. Обслуживание данного объекта обойдется в 60000 руб. в год. Для сравнения, такое классическое решение по повышению пропускной способности как строительство полос, предназначенных для выполнения поворота направо, обойдется в 20788196 руб. при стоимости годового содержания 774713 руб.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпи	Дат	23.03.01.2019.208.00.00.ПЗ	72

- 10 Стоимость нанесения дорожной разметки. – https://dostup1.ru/economics/Mindortrans-poschital-skolko-stoit-1-kilometr-dorogi-v-Chelyabinskoy-oblasti_89819.html.
- 11 Стоимость установки искусственной дорожной неровности. – <https://pkmegapolis.ru/lezhachie-politseyskie/idn900>.
- 12 Стоимость дорожных знаков. – <http://antipark.ru/prays-dorozhnoe-oborudovanie-stolbiki-barery-konusy-betonnye-polusfery-peterburg.html>.
- 13 Стоимость установки дорожных знаков. – <https://ros-znak.com/uslugi/ustanovka-dorozhnykh-znakov>.
- 14 Стоимость установки барьерных ограждений. – <http://mastergruppa74.ru/izdeliya-i-uslugi/zabory/peshekhodnye-ograzhdeniya>.
- 15 Стоимость реконструкции светофорного объекта. – zakazinfo.admsurgut.ru/filemanager/download/88067.
- 16 Стоимость ремонта дорог. – <https://www.mintrans.ru/documents/8/9150>.
- 17 Постановление Правительства РФ от 30 мая 2017 г. № 658 “О нормативах финансовых затрат и Правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения”.
- 18 Стоимость камер видеонаблюдения. – <https://securityrussia.com/cctv/kamery/geovision-gv-bl3400>.
- 19 Понятие автомобилизации. – https://studopedia.ru/3_13437_avtomobil-i-avtomobilizatsiya-v-sovremennom-ponimanii.html.
- 20 Мировой уровень автомобилизации. – <https://www.nationmaster.com/country-info/stats/Transport/Road/Motor-vehicles-per-1000-people>.
- 21 Уровень автомобилизации. – <https://www.autostat.ru/news/35771/>.
- 22 Уровень автомобилизации в Челябинской обл. – <https://74.ru/text/auto/203293129441281.html>.
- 23 Статистика ДТП в Челябинской обл. – <http://stat.gibdd.ru/>.

- 24 Интерактивная карта ДТП в г. Челябинск. – <https://chelurban.ru/dtp/>.
- 25 NACTO, Urban Street Design Guide © Copyright 2013 National Association of City Transportation Officials , DOI 10.5822/978-1-61091-534-2
- 26 [Harwood, Douglas W., “Effective Utilization of Street Width on Urban Arterials,” National Cooperative Highway Research Program Report 330, Transportation Research Board, August 1990.](#)
- 27 Методы борьбы с шумовым загрязнением. – Marianna Jacyna, Mariusz Wasiak, Konrad Lewczuk, Grzegorz Karoń. Noise and environmental pollution from transport: decisive problems in developing ecologically efficient transport systems. Journal of Vibroengineering, Vol. 19, Issue 7, 2017, p. 5639-5655.
- 28 ОДМ 218.011-98 Автомобильные дороги общего пользования. Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог.
- 29 Оценка шумового загрязнения городской среды от автотранспорта. – http://vestnik.osu.ru/2017_6/16.pdf.
- 30 Содержание вредных веществ в воздухе около дорог в г. Челябинск. – <https://74.ru/text/gorod/525308.html>.
- 31 Техника безопасности при выполнении дорожных работ. – http://ohrana-bgd.ru/obsch/obsch5_22.html.