

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

Ю. В. Рождественский

«__» _____ 2019 г.

Исследование пешеходного и дорожного трафиков в узлах УДС на основе
компьютерного зрения

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 23.03.01.2019.238 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-413

В. И. Берстенева

«__» _____ 2019 г.

Нормоконтролер (Доцент)

П. Н. Баранов

«__» _____ 2019 г.

«__» _____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Берстенева В.И. Исследование дорожного и пешеходного трафиков в узлах УДС на основе компьютерного зрения – Челябинск: ЮУрГУ, П-413, 2019, 73 с., 30 ил., 12 табл., библиограф. список – 30 наим.

В выпускной квалификационной работе представлено исследование дорожного и пешеходного трафиков в узлах УДС на основе динамического мониторинга с использованием технологии нейросетей.

В рамках данной работы произведено обследование транспортного трафика на перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев в г. Челябинск. На основе компьютерного зрения, с использованием камеры наружного наблюдения, произведен подсчет транспортных средств и анализ пропускной способности перекрестка по направлениям.

Изучены разные способы мониторинга движения на перекрестке, в том числе и учет движения с помощью камер на основе машинного обучения.

В работе была рассчитана теоретическая пропускная способность на перекрестке и произведено сравнение с фактической пропускной способностью. Обозначены требования безопасности, рассчитаны экономические затраты на строительство и содержание автомобильной дороги на перекрестке.

Целью данной работы является исследование дорожного и пешеходного трафиков в узлах УДС с использованием компьютерного зрения для выявления эффективности организации дорожного движения.

Объект работы – перекресток проспекта Победы и улицы Молодогвардейцев.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР			
Изм.	Лист	Докум.№	Подпись	Дата				
Разраб.	Берстенева				Исследование дорожного и пешеходного трафиков в узлах УДС на основе компьютерного зрения	Лит	Лист	Листов
Провер.	Шепелев В.Д.						5	73
Реценз.						ЮУрГУ Кафедра АТ		
Н. контр.	Баранов П.Н.							
Утверд.	Рождественский							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ В Г. ЧЕЛЯБИНСК	9
1.1 Автомобилизация	9
1.2 Экологическая ситуация	10
1.3 Движение на перекрестках	12
1.4 Учет движения на перекрестках.....	14
1.5 Компьютерное зрение	18
1.6 Анализ перекрестка пр. Победы – ул. Молодогвардейцев.....	19
2 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕКРЁСТКА ПР. ПОБЕДЫ – УЛ. МОЛОДОГВАРДЕЙЦЕВ Г.ЧЕЛЯБИНСК	24
2.1 Пропускная способность перекрестка.....	24
2.2 Расчет потока насыщения	43
2.3 Расчет пропускной способности левоповоротного направления при конфликте с потоком прямого направления	46
3 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	52
3.1 Оценка затрат на строительство дорог в Российской Федерации и других странах.....	52
3.2 Гарантийный срок эксплуатации автомобильных дорог	55
3.3 Расчеты затрат на строительство и содержания автомобильной дороги на перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев.....	56
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	61
4.1 Влияние предложенных мероприятий на безопасность жизнедеятельности.....	61
4.2 Шумовое и экологическое воздействие автомобильного транспорта	62
4.3 Обеспечение безопасности движения при производстве дорожных работ	67
4.4 Обеспечение безопасности рабочих при выполнении работ по реконструкции перекрестка	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	71

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

ВВЕДЕНИЕ

За последние 10 лет в Челябинском городском округе наблюдается увеличение постоянного населения. Вместе с этим растет и уровень автомобилизации населения. Действующая организация дорожного движения не всегда способна справиться с таким количеством транспортных средств. Проблемы существуют и на перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев. Повышение пропускной способности могло бы решить ряд этих проблем, но прежде, чем заняться их решением, нам необходимо провести обследование.

Обследование перекрестка необходимо для того, чтобы обеспечить хорошее функционирование и безопасность перекрестка. Для формирования информации о состоянии дорожного движения нам необходимы данные, характеризующие транспортный поток.

Одними из показателей, характеризующие транспортный поток являются интенсивность движения и неравномерность транспортного потока. Продолжительность наибольшей интенсивности движения может быть больше или меньше часа.

Периодом наиболее оживленного движения на большинстве городских и внегородских дорог обычно является 16-часовой отрезок времени в течение суток. На перекрестке, обследование которого производится в выпускной квалификационной работе, был выбран 18-часовой отрезок. В условиях перенасыщения УДС транспортным потоком может наблюдаться «пиковая» интенсивность в течение практически всего активного периода суток.

На загрузку перекрестка влияет и состав транспортного потока. Транспортные средства габаритных размеров создают стесненность движения. Свою роль играют обзорность автомобиля, легкость в управлении и манёвренность, которые и позволяет водителю выбирать необходимую дистанцию. Плотность потока влияет на скорость, которую выбирает водитель. Чем меньше плотность потока, тем выше скорость водителя. И наоборот, чем

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

больше плотность потока, тем ниже скорость водителя. Это связано с тем, что повышение скорости требует и повышения внимательности.

Значительная временная неравномерность в течение суток характерна для пешеходного потока. Она напрямую зависит от функционального значения местоположения и расположения на нем объектов притяжения пешеходов.

Данные для обследования перекрестка пр. Победы – ул. Молодогвардейцев получены натурными наблюдениями. Сэкономить время, потраченное на сбор данных, поможет камера, основанная на нейронных сетях.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ В Г. ЧЕЛЯБИНСК

1.1 Автомобилизация

Численность постоянного населения Челябинского городского округа на 2018 год составляет 1 202 371 человека. Опубликованные исследования 2017 года аналитического агентства «Автостат» говорят о том, что на такое число жителей приходится 320,4 тысяч автомобилей. Челябинск занимает девятое место по количеству автомобильного транспорта среди городов-миллионников России, а по показателю обеспеченности автомобилями на тысячу человек, город занимает 13-е место [1]. На рисунке 1.1 представлены показатели обеспеченности автомобилями на тысячу человек в России.

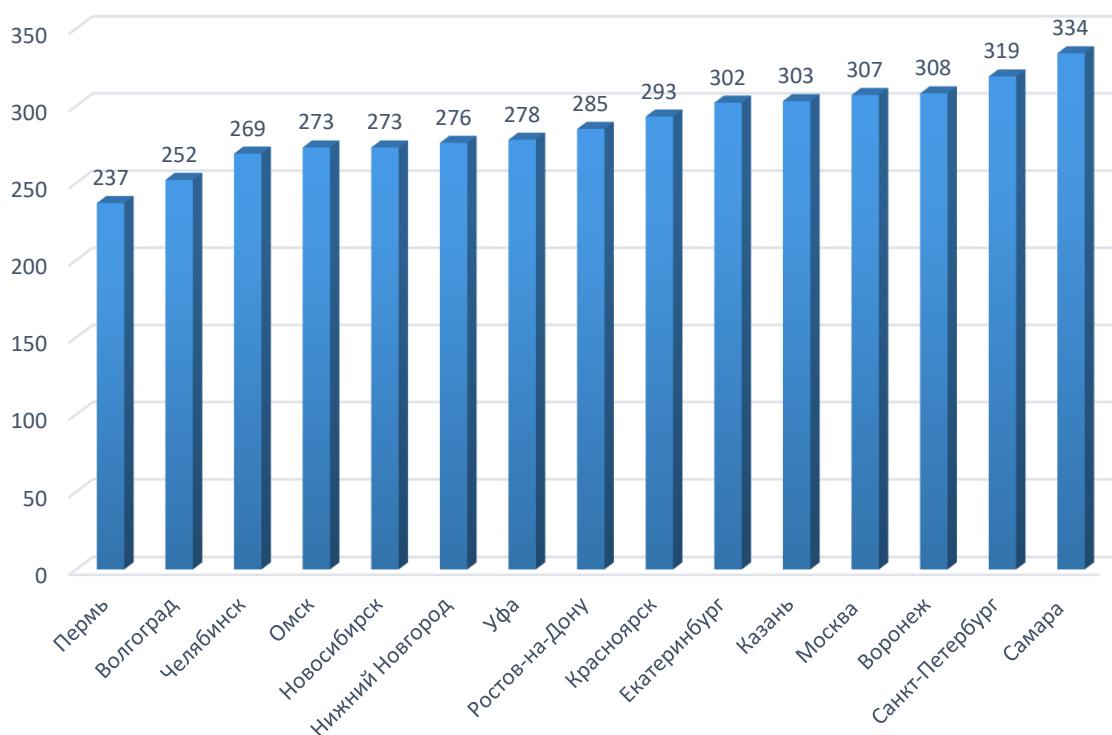


Рисунок 1.1 – Показатели обеспеченности автомобилями на тысячу человек в России

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР			
Изм.	Лист	Докум.№	Подпись	Дата				
Разраб.		Берстенева			Анализ организации транспортных процессов в г. Челябинск	Лит	Лист	Листов
Провер.		Шепелев В.Д.					9	73
Реценз.						ЮУрГУ Кафедра АТ		
Н. контр.		Баранов П.Н.						
Утверд.		Рождественский						

Причина роста увеличения автомобилизации населения – это доступность выбора и покупки автомобиля, возможность кредитования населения и рост дохода россиян. Смотря на увеличение импорта и внутреннего производства и увеличение среднегодового дохода россиян и совершенствования кредитной системы уровень автомобилизации обязан вырасти еще.

В российских городах к 2022 – 2025 гг. уровень автомобилизации может возрасти до 550 автомобилей на тысячу человек. За последние 10 лет автомобильный парк увеличился почти в 2 раза, а протяженность дорог увеличилась всего на 5% [2].

1.2 Экологическая ситуация

Автомобильный транспорт один из основных источников загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами. Снижение количества автотранспорта стало приоритетной задачей для властей Челябинской области в экологических вопросах. Низкое качество воздушной среды города, негативно влияет на здоровье населения, загрязняет водоемы, почву и сооружения. Уменьшение количества выбросов в атмосферу от машины должно способствовать улучшению экологии в городе.

Отработавшие газы содержат газообразные вещества и небольшое количество твердых частиц. По характеру воздействия на организм человека вещества, составляющие ОГ, делятся на токсичные и нетоксичные. К токсичным относятся: углеводороды, оксиды азота, оксид углерода, альдегиды, оксид серы, свинец, сажа и др. Азот, пары воды, оксид углерода (IV) и кислород – нетоксичные вещества.

Суммарная токсичность отработавших газов карбюраторных двигателей состоит из оксида азота, углеводорода и оксида углерода (CO). В дизельных – это оксид серы, сажа, оксид азота и углеводороды.

Массовое содержание токсичных компонентов в отработавших газах от транспортных средств при сжигании 1 т топлива приведено в табл. 1.1.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Таблица 1.1 – Масса выбросов при сгорании 1 т топлива [3]

Вредные вещества	Формула	Масса выбросов при сгорании 1 т топлива			
		Бензин		Дизельное топливо	
		кг	%	кг	%
Оксид углерода (II)	CO	140	56,7	45	30,6
Углеводороды	C _x H _y	80	32,4	55	37,4
Оксиды азота	NO _x	25	10,1	35	23,8
Оксид серы (IV)	SO ₂	2	0,8	4	2,8
Бенз(а)пирен	C ₂₄ H ₁₂	225·10 ⁻⁵	9·10 ⁻⁵	–	–
Соединения свинца	–	225·10 ⁻⁵	5·10 ⁻³	–	–
Твердые частицы, сажа	C	–	–	8	5,4

Крайне отрицательно на организм человека воздействует шум. Он является причиной нервных расстройств, вызывает раздражительность и усталость, бессонницу [4].

Уровень транспортного шума в городе велик и в жилых помещениях достигает 70 – 75 дБА (норма для жилых помещений 40 – 50 дБА днем и ночью 30 – 40 дБА). Интенсивность движения влияет на уровень шума и увеличивается примерно на 10 дБА при возрастании интенсивности. Также уровень шума зависит от скорости движения. Установлены средние значения, при которых увеличение скорости транспортного потока на 10 км/ч ведет к возрастанию уровня шума примерно на 6 дБА. В заторный период, скорость движения на некоторых улицах города снижается до 10 км/ч. Все это делает автомобильный транспорт малоэффективным средством передвижения. [5]

1.3 Движение на перекрестках

«Перекрёсток» – место пересечения, примыкания или разветвления дорог на одном уровне, ограниченное воображаемыми линиями, соединяющими соответственно противоположные, наиболее удаленные от центра перекрестка начала закруглений проезжих частей. Не считаются перекрестками выезды с прилегающих территорий [6]. Перекрестки являются местами, где, как правило, наиболее часто возникают ДТП и задержки движения. В нашей стране около 25 % общего числа ДТП происходит на перекрестках.

В зависимости от наличия и характера управления движением перекрестки разделяют на регулируемые и нерегулируемые. К регулируемым относят такие перекрестки, где предусмотрено светофорное регулирование, разделяющее во времени движение транспортных средств и пешеходов по конфликтующим направлениям. Перекресток, не оборудованный светофорами, может быть временно регулируемым при помощи регулировщика. Такая мера применяется, как правило, при отказе светофоров или временном повышении интенсивности движения на перекрестке (например, в часы пик или при устройстве временного объезда ремонтируемого участка дороги). Регулируемым может быть также место пересечения транспортного и пешеходного потоков (пешеходный переход). Его называют регулируемым пешеходным переходом.

По условиям движения нерегулируемые перекрестки существенно различаются в зависимости от применяемых мер организации движения. Их можно разделить на следующие группы: с неорганизованным движением, с обозначенным приоритетом для транспортных средств, с круговой схемой движения. В условиях современной организации движения перекрестки с неорганизованным движением допускаются только на второстепенных улицах и дорогах с незначительной интенсивностью движения. В этих местах порядок разъезда регламентируется Правилами дорожного движения по принципу преимущества того водителя, который не имеет помехи справа. Этот принцип принят в настоящее время во всех странах с правосторонним движением.

Перепланировка перекрестка производится на основе информации о его текущей загруженности в зависимости от количества автомобилей, направления их движения, суточных изменений трафика, габаритов проезжающих автомобилей, скоростных режимов и т. д. Эта информация позволяет оптимизировать режимы работы светофоров и организовать «зеленую волну».

При формировании информации о состоянии дорожного движения в первую очередь необходимы данные, характеризующие транспортный поток. Многолетний зарубежный и отечественный опыт научных исследований и практических наблюдений за транспортными потоками позволил выделить наиболее объективные показатели. По мере совершенствования методов и аппаратуры для исследования транспортных потоков номенклатура показателей, используемых в организации дорожного движения, продолжает развиваться. Наиболее часто применяемыми являются: интенсивность транспортного потока, его состав по типам транспортных средств, плотность потока, скорость движения, задержки движения. Интенсивность транспортного потока – это число транспортных средств, проезжающих через сечение дороги за единицу времени.

На УДС можно выделить отдельные участки и зоны, где движение достигает максимальных размеров, в то время как на других участках оно в несколько раз меньше. Такая пространственная неравномерность отражает прежде всего неравномерность размещения грузо- и пассажирообразующих пунктов и мест их притяжения.

Продолжительность наибольшей интенсивности движения может быть больше или меньше часа. Поэтому наиболее точным будет понятие пиковый период, под которым подразумевают время, в течение которого интенсивность, измеренная по малым отрезкам времени (например, по 15-минутным наблюдениям), превышает среднюю интенсивность периода наиболее оживленного движения. Периодом наиболее оживленного движения на большинстве городских и внегородских дорог обычно является 16-часовой отрезок времени в течение суток (примерно с 6 до 22 ч). В условиях

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

перенасыщения УДС транспортным потоком может наблюдаться «пиковая» интенсивность в течение практически всего активного периода суток.

Наиболее часто интенсивность движения транспортных средств и пешеходов в практике организации движения характеризуют их часовыми значениями. При этом наиболее важен этот показатель в пиковые периоды. Необходимо, однако, иметь в виду, что интенсивность движения в «часы пик» в различные дни недели может иметь неодинаковые значения. На дорогах с более высоким уровнем интенсивности движения транспортных средств меньше неравномерность движения и стабильнее интенсивность в пиковые периоды. Для двухполосных дорог с встречным движением общую интенсивность характеризуют обычно суммарным значением встречных потоков, так как условия движения и, в частности, возможность обгонов определяются загрузкой обеих полос. Если же дорога имеет разделительную полосу и встречные потоки изолированы друг от друга, то суммарная интенсивность встречных направлений не определяет условия движения, а характеризует лишь суммарную работу дороги как сооружения. Для таких дорог интенсивность движения в каждом направлении имеет самостоятельное значение.

Одним из распространенных приемов снижения сложности пересечений является запрещение на них некоторых маневров, в частности поворотов налево, которые создают наибольшие опасность и задержки движения.

1.4 Учет движения на перекрестках

Автомобильные заторы сильно осложняют жизнь как пешеходам, так и водителям. Одна из главных причин затора – низкая пропускная способность перекрестков. Перестройка перекрестка – основной способ увеличить пропускную способность. Для этого нам необходимо иметь информацию о текущей загруженности, количестве транспорта и направлениях его движения.

Существуют разные способы получения информации о загруженности дорог. Измерения проводятся визуально, оператором или анкетированием местных жителей. Эти способы учета движения на перекрестке достаточно

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

затратные, а также имеют большую погрешность. Еще один способ – использовать автоматический подсчет с помощью системы технического зрения. Видеосистемы, которые существуют сегодня, неприменимы для таких целей, так как они установлены только на некоторых полосах движения. В таблице 1.2 представлено сравнение способов учета движения.

Таблица 1.2 – Сравнение способов учета движения

Способ учета	Достоверность	Стоимость	По направлениям	Определение скорости
Ручной подсчет	–	средняя	+	–
Яндекс. Пробки	+	низкая	–	+
Системы на основе компьютерного зрения	+	высокая	–	+

Довольно сложно получить информацию о ситуации на перекрестке в данный момент времени. «Яндекс.Пробки» позволяют оценивать заторную ситуацию на дорогах города.

«Яндекс.Пробки» определяют затруднения движения достаточно просто. Данные о загруженности дорог помогают получать сами водители. Многие из них пользуются приложениями от «Яндекс».

Приложение по GPS посылает на сервис информацию о том, что данные водители уменьшают скорость движения на том или ином участке. Устройство, имеющееся у водителя, с промежутком в несколько секунд передает информацию в компьютерную систему сервиса. Вся информация о водителе абсолютно анонимна. Далее программа-анализатор выстраивает маршрут движения с информацией о скорости его прохождения – трек. Треки поступают не только от частных водителей, но и от машин компаний-партнеров Яндекса. В приложении автомобилисты самостоятельно могут сообщать сервису информацию о ДТП и ремонтных работах, указав их на карте.

На рисунке 1.2 представлена «Яндекс.карта» на которой изображена дорожная ситуация в городе Челябинск.

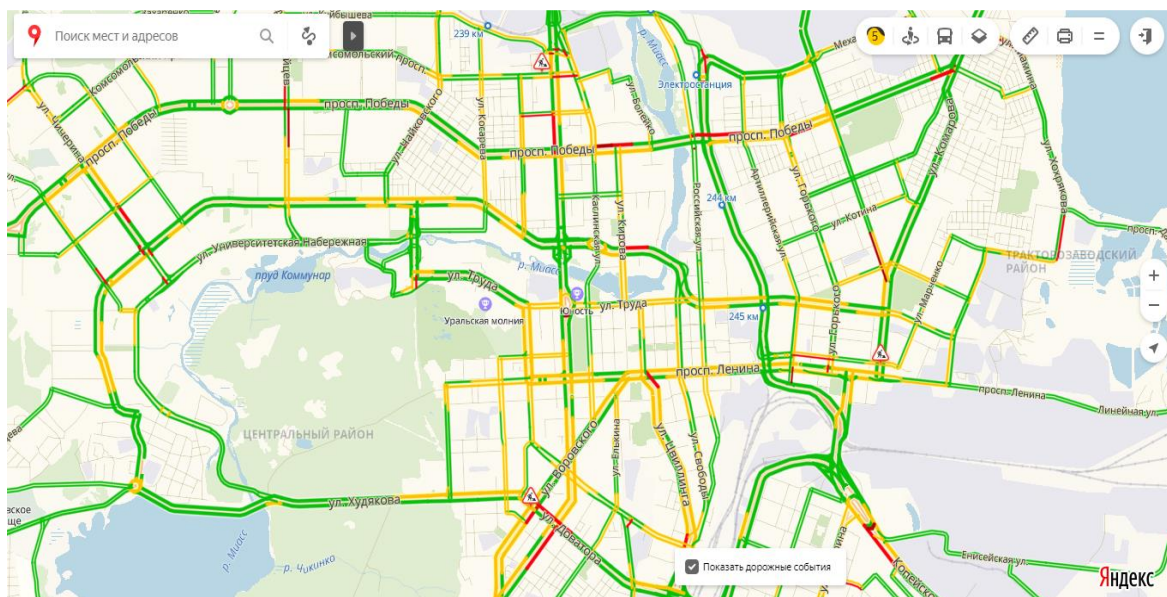


Рисунок 1.2 – дорожная ситуация в г. Челябинск на «Яндекс.Карта», 15.04.19, 17:00

Оценку скорости движения «Яндекс.Карта» дает в баллах. Загруженность дорог в «Яндекс.Картах»:

- 1 – «Дороги свободны»;
- 2 – «Дороги почти свободны»;
- 3 – «Местами затруднения»;
- 4 – «Местами затруднения»;
- 5 – «Движение плотное»;
- 6 – «Движение затрудненное»;
- 7 – «Серьезные пробки»;
- 8 – «Многокилометровые пробки»;
- 9 – «Город стоит»;
- 10 – «Пешком быстрее».

Взглянув на Яндекс.Карты с активированным слоем «Пробки», водитель видит город в оттенках от зеленого к красному, каждый из которых соответствует оценке скорости движения в баллах от 1 до 10, где 1 (зеленый) – дороги

полностью свободны, 10 (красный) – проще припарковать автомобиль и двигаться пешком [7].

Конечно, на сегодняшний день существуют системы видеонаблюдения за дорогами. Главная проблема в том, что они установлены на отдельные полосы движения и не могут собирать информацию о дорожном трафике на всем перекрестке. Главными целями этих систем является профилактика и снижение уровня правонарушений.

По данным Госавтоинспекции, на дорогах страны сегодня работают уже почти 10 тыс. таких камер. Но пока что 76% из них способны отследить только нарушение скоростного режима. Это 89% автоматически зафиксированных нарушений. Но все больше камер применяются для распознавания и других видов нарушений, среди которых:

- непуск пешеходов на пешеходных переходах;
- выезд на полосу встречного движения и под знак «Въезд запрещен»;
- нарушение правил проезда регулируемых перекрестков и железнодорожных переездов;
- нарушение требований знака «Движение грузовых автомобилей запрещено»;
- выезд транспортного средства на полосу общественного транспорта;
- нарушение правил остановки и стоянки.

По принципу работы применяемые сейчас комплексы делятся на радарные, фотовидеофиксации и лазерные. По способу использования – на передвижные и стационарные.

Самый эффективный способ анализа ситуации на дороге – это ручной подсчет. Он производится вживую или по видеозаписи. Большим недостатком этого метода является трудоемкость и затратность времени.

Преимуществом такого способа является возможность просматривать видео не только в реальном времени, но и в записанных ранее видеозаписях. Их можно перемотать или остановить, для того чтобы произвести подсчет автомобилей или пешеходов.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Сбор данных значительно облегчит автоматических подсчет с использованием видеокамеры на перекрестке.

1.5 Компьютерное зрение

Компьютерное зрение – это научное направление в области искусственного интеллекта, в частности робототехники, и связанные с ним технологии получения изображений объектов реального мира, их обработки и использования полученных данных для решения разного рода прикладных задач без участия (полного или частичного) человека.

Распознавание образов является важнейшей задачей для искусственного интеллекта. Множество различных областей исследования напрямую связаны с распознаванием. Для того, чтобы построить собственную систему технического зрения, исследователь будет использовать основы обработки изображения, выбирать методику распознавания объектов и детектирования.

Следующим этапом является тестирование. На этом этапе проводится статистический анализ и дорабатываются методы, для получения отличного результата. Распознавание образа – это отнесение объекта или события к одному или нескольким predetermined категориям. Образ – это объект, процесс или событие, которому можно присвоить имя. Класс образов (или категория) – это набор образов, имеющих общие свойства, обычно произошедших от одного источника. Во время распознавания (или классификации) предлагаемые объекты распределяются по predetermined классам. Вот далеко неполный список, для чего может применяться распознавание образов:

- Распознавание символов/цифр, как печатных, так и рукописных;
- Распознавание речи;
- Компьютерная диагностика в медицине;
- Классификация документов по содержанию;
- Системы безопасности и учета (распознавание лиц, отпечатков пальцев);

- Распознавание изображений со спутника, применение в военном деле;
- Распознавание штрих-кодов;
- Распознавание автомобильных номеров и номеров вагонов, контейнеров;
- Распознавание запахов;
- Обнаружение дефектов;
- Интерпретация последовательностей ДНК [8].

Цель компьютерного зрения – разработка методов, которые позволят машине «понимать» или анализировать изображения и видео. Самый важный момент при разработке модуля технического зрения – методы, которые используются в нем [9]. Если мы говорим о распознавании визуальных образов, то это одна из важнейших задач компьютерного зрения. Машинное зрение представляет собой промышленное применение компьютерного зрения (и конкретные реализации). Обработка изображений дает исследователю набор методов для конвертирования изображения в цифровую форму и выполнения различных операций над ним для извлечения дополнительной информации. Обработка сигналов применяется для предварительных преобразований, получаемых входных данных. Робототехника и теория управления интересуют нас с точки зрения связки с модулями распознавания. Эта тема является одной из центральных в курсе. Если кратко, то машинное обучение – наука о том, как сделать компьютеры способными действовать без необходимости явного программирования их действий. Попросту говоря, как научить машину обучаться (и в идеале, самообучаться). Искусственный интеллект (AI) – это область компьютерных наук, которая придает особое значение созданию интеллектуальных машин, которые работают и реагируют как люди [10].

1.6 Анализ перекрестка пр. Победы – ул. Молодогвардейцев

Согласно СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги» ширина полос определяется категорией дороги и может быть 3,75 м, 3,5 м, и 3 метра.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Минимальная ширина проезжей части при 4-х полосном движении – 15 метров, т.е. ширина полос на такой дороге 3,75 метра. В СНиП 2.07.01-89 «Застройка городов» допускается полоса 2,75 для проездов, а для 4-х полосного движения минимальная ширина проезжей части – 14 метров. Об этом же сказано в ГОСТ Р 52289-2004: «При разметке дорог ширину полосы движения принимают с учетом категорий дорог согласно требованиям действующих строительных норм и правил. На дорогах, элементы поперечного профиля которых не соответствуют требованиям действующих строительных норм и правил, ширина размечаемой полосы движения должна быть не менее 3,00 м.

Допускается уменьшать ширину полосы, предназначенной для движения легковых автомобилей, до 2,75 м при условии введения необходимых ограничений режима движения». [11]

В таблице 1.3 приведены сведения о ширине проезжей части в зарубежных странах. [12]

Таблица 1.3 – Ширина полосы проезжей части зарубежных стран

Страна	Ширина полосы проезжей части, м
Япония	3-3,25
Венгрия	3-3,5
Великобритания	3-3,65
Германия	2,75-3,25
Испания	3-3,25
Польша	2,5-3
Франция	3,5
Чехия	3
Швейцария	3,15-3,65
США	2,7-3,6
Китай	3,5

В России, относительно других стран, достаточно широкая ширина полосы проезжей части. Доказано, что небольшие по ширине дороги дисциплинируют водителей, он меньше отвлекается от дороги, его маневры более

продуманные и происходят на меньшей скорости, а это напрямую связано с безопасностью. [13]

Перекрёсток пр. Победы – ул. Молодогвардейцев отличается тем, что все направления имеют достаточно широкую полосу проезжей части. Ширина в направлении север - юг равняется 4 метрам, а запад - восток – около 3,5 метров. По проспекту Победы располагаются трамвайные пути. А улица Молодогвардейцев имеет значительный уклон. На рисунке 1.3 представлена схема перекрестка пр. Победы – ул. Молодогвардейцев.

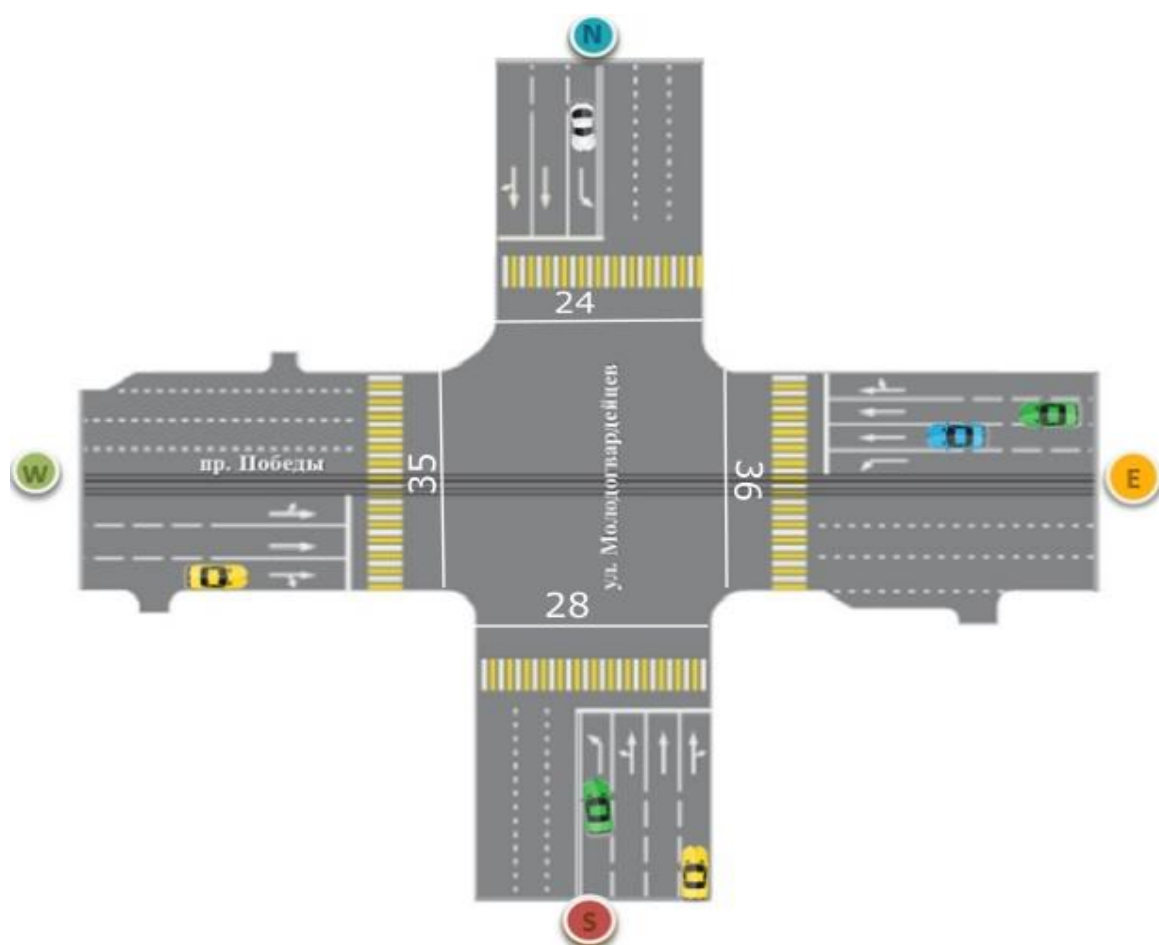


Рисунок 1.3 – Схема перекрестка пр. Победы – ул. Молодогвардейцев

Исследование дорожного и пешеходного трафиков на перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев проводилось с помощью портала видеонаблюдения компании «Интерсвязь».

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

На рисунке 1.4 изображен снимок экрана, сделанного во время видеотрансляции 22 апреля 2019 в 18:24. [14]



Рисунок 1.4 – снимок экрана видеотрансляции компании «Интерсвязь»

Для подсчета пропускной способности перекрестка пр. Победы – ул. Молодогвардейцев 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».

Этот процесс занимает достаточно много времени и требует особой внимательности. Для изучения 1 часа съемки, только одного направления, требуется 2 часа наблюдения и подсчета. Таким образом, для обработки всего перекрестка нам понадобилось 144 часа работы.

Вывод по разделу один

В первом разделе выпускной квалификационной работы была сформирована информация о состоянии дорожного движения на перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев. Для получения необходимых данных был

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

использован такой метод, как ручной подсчет. Ручной подсчет проводился при помощи камер наружного видеонаблюдения, но тем не менее этот процесс оказался очень долгим и трудозатратным. Изучены и другие способы учета движения на перекрестках.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

2 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕКРЁСТКА ПР. ПОБЕДЫ – УЛ. МОЛОДОГВАРДЕЙЦЕВ Г.ЧЕЛЯБИНСК

2.1 Пропускная способность перекрестка

Для подсчета пропускной способности перекрестка пр. Победы – ул. Молодогвардейцев были произведены замеры транспортных и пассажирских потоков в период с 6:00 до 24:00 часов 22 января 2019 года с использованием камер наружного видеонаблюдения «Интерсвязь». Камеры располагаются на домах и сооружениях так, чтобы максимально открыть обзор на перекресток или улицу. Видеонаблюдение производится круглосуточно, записывается и добавляется в архив. Камеры установлены в основных узлах города Челябинск, на рисунке 2.1 обозначены их местоположение.

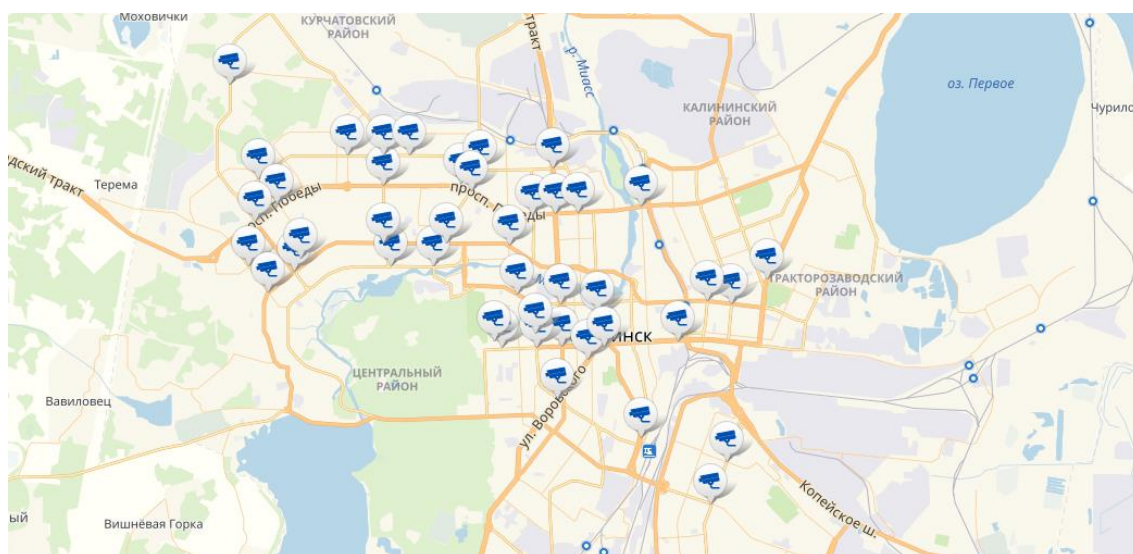


Рисунок 2.1 – Расположение камер «Интерсвязь» в г. Челябинск

Камеры «Интерсвязь» установлены во многих городах Челябинской области:

- Чебаркуль;

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР					
Изм.	Лист	Докум.№	Подпись	Дата	Исследование пропускной способности перекрестка пр. Победы – ул. Молодогвардейцев					
Разраб.	Берстенева							Лит	Лист	Листов
Провер.	Шепелев В.Д.								24	73
Реценз.								ЮУрГУ Кафедра АТ		
Н. контр.	Баранов П.Н.									
Утверд.	Рождественский									

- Копейск;
- Коркино;
- Златоуст;
- Магнитогорск;
- Миасс;
- Южно-Уральск;
- Пласт;
- Еманжелинск;
- Троицк;
- Озерск и др.

Видеонаблюдение в городе Челябинск производится при помощи 42 камер наружного наблюдения.

Для исследования дорожного и пешеходного трафика был выбран перекресток пр. Победы – ул. Молодогвардейцев. На рисунке 2.2 представлена почасовая пропускная способность транспортных средств в направлении на юг.

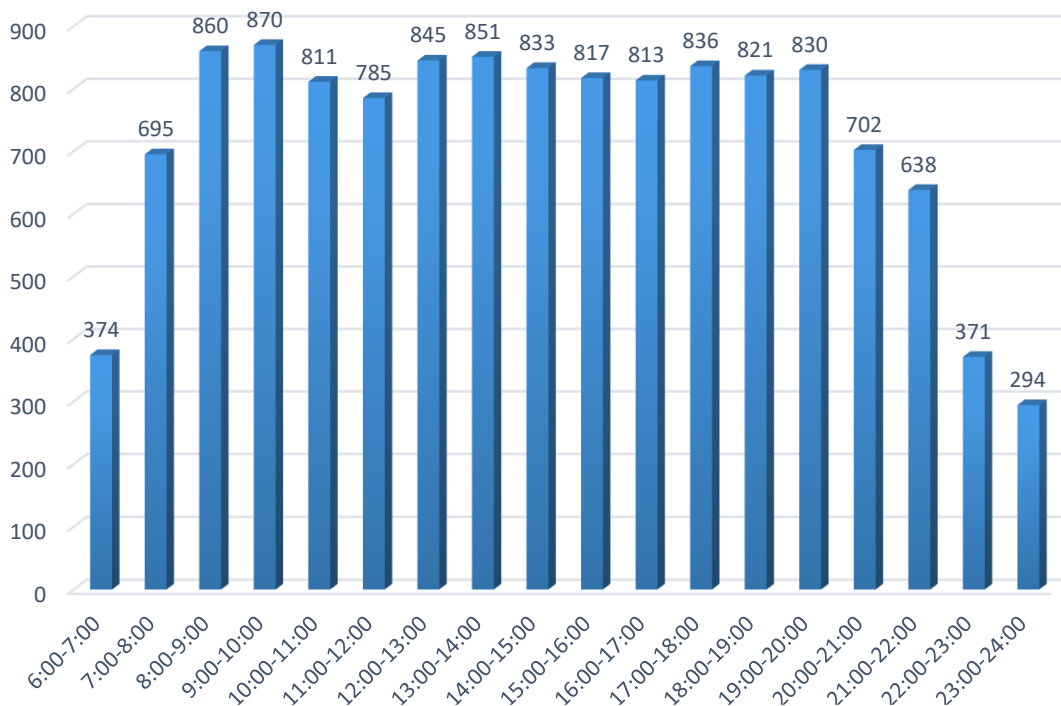


Рисунок 2.2 – Пропускная способность транспортных средств в направлении на юг, ТС/час

На графике можно увидеть, что заторная ситуация возникает с 8:00 и заканчивается в 19:00, при этом затор в этом направлении и промежутке времени достаточно равномерный.

Максимальное количество транспортных средств в этом направлении составило 870 транспортных средств. Эта цифра была достигнута в период с 9:00 до 10:00. Минимальное количество транспортных средств было зафиксировано в период с 23:00 до 24:00 и составило 294 ТС/час.

Совершенно иначе выглядит график проходимости пешеходов на данном перекрестке в направлении на юг. Данный график представлен на рисунке 2.3.

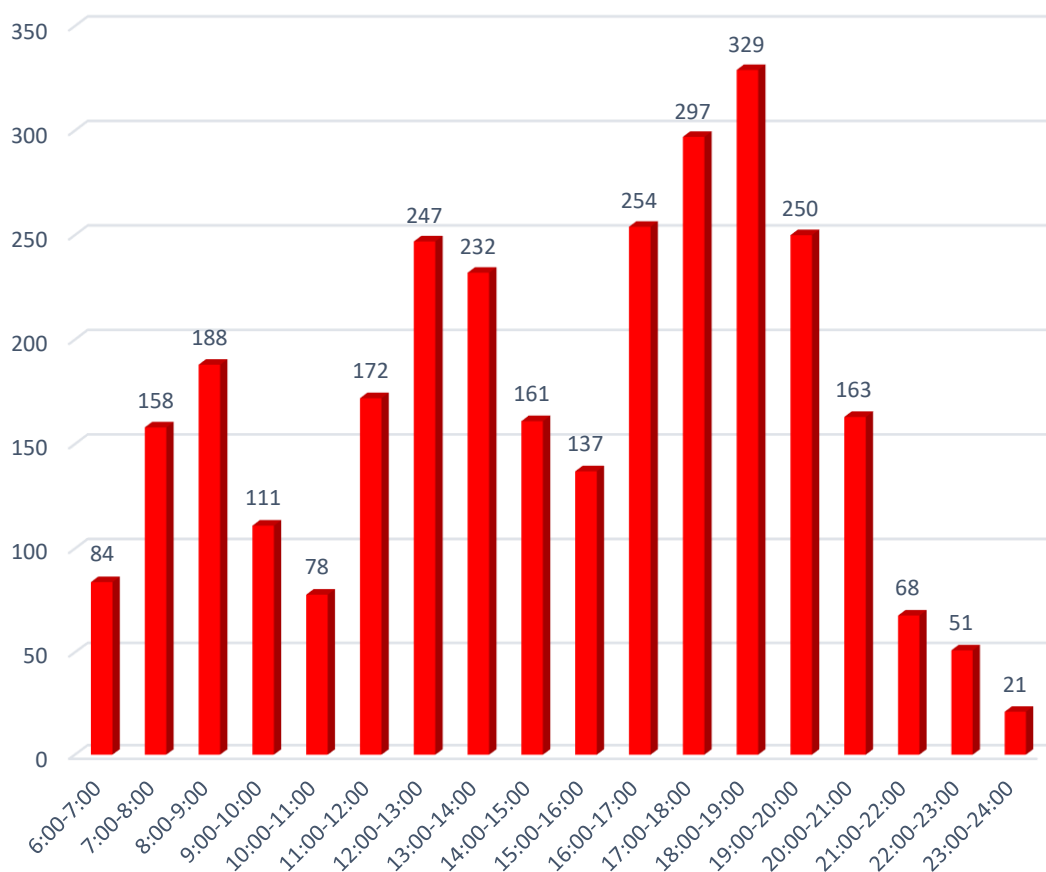


Рисунок 2.3 – Пешеходный график в направлении на юг, чел./час

Наибольший пешеходный поток был образован в период с 18:00 до 19:00 и составил 329 человек. Резкие скачки роста пешеходного трафика наблюдаются в периоды с 8:00 – 9:00, 13:00 – 14:00, 16:00 – 20:00.

Наименьшая проходимость достигнута в период с 23:00 – 24:00 и составила 21 человек.

На рисунке 2.4 представлена почасовая пропускная способность транспортных средств в направлении на север.

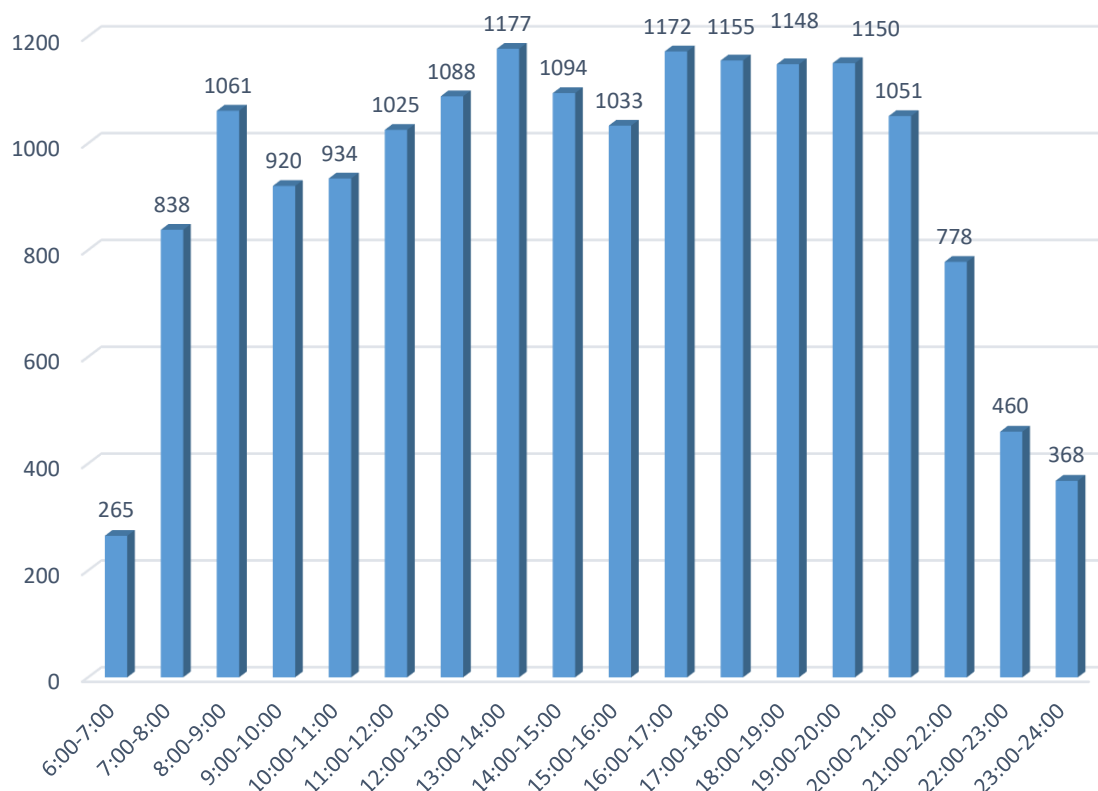


Рисунок 2.4 – Пропускная способность транспортных средств в направлении на север, ТС/час

Как видно из рисунка, наибольшая пропускная способность была достигнута не в часы пик, когда люди едут на работу или с работы, а в период с 13:00 до 14:00 часов.

Максимальное количество автомобилей, проехавших в направлении на север составило 1177.

Заторная ситуация на перекрестке в данном направлении существовала почти все часы наблюдения.

На рисунке 2.5 представлен пешеходный поток в направлении на север.

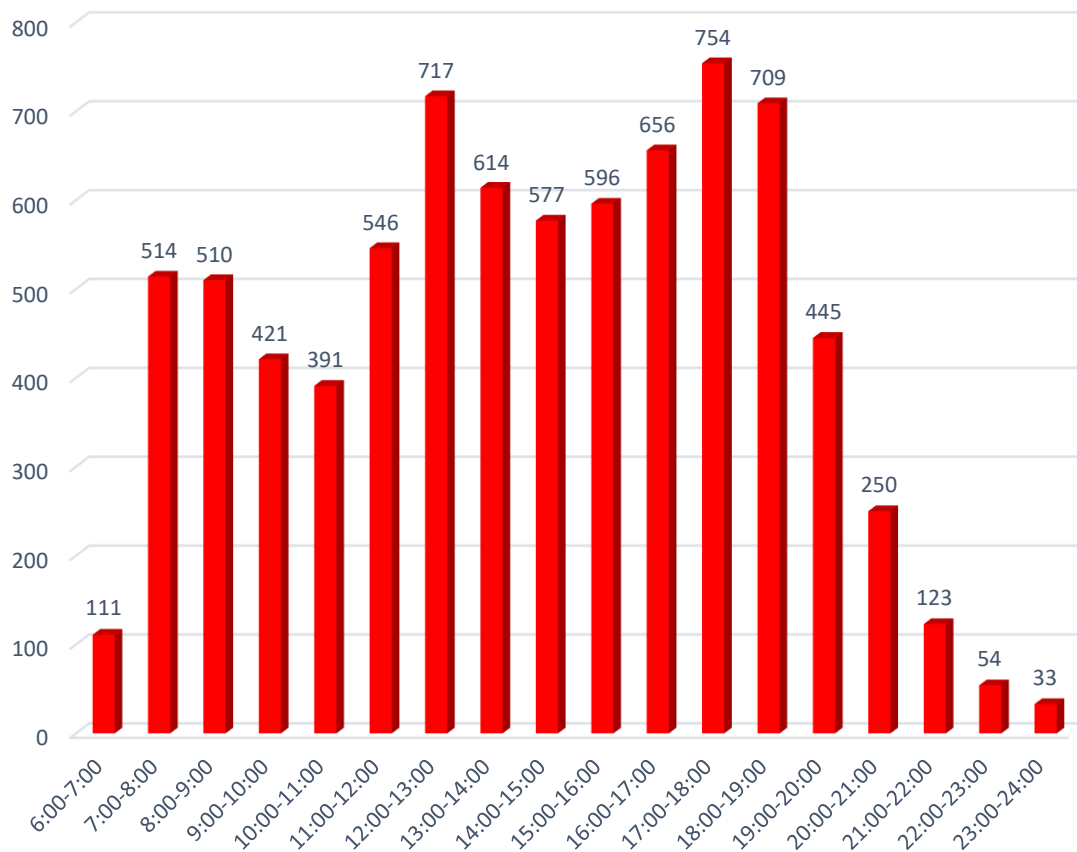


Рисунок 2.5 – Пешеходный поток в направлении на север, чел./час

На графике видно, что пешеходный поток в направлении на север в разы выше, чем в направлении на юг.

Так, пешеходный поток в направлении на север максимален в период с 17:00 до 18:00 и составляет 754 человека, а наибольший пешеходный поток в направлении на юг составляет 329 чел./час.

Если сравнить период с 17:00 до 18:00 у направлений юг и север, то видно колоссальную разницу, которая составляет 457 чел./час в пользу направления на север. В период с 23:00 до 24:00 зафиксирован наименьший пешеходный поток, 33 человека в час.

На перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев в направлениях на восток и запад, заторная ситуация совершенно другая, нежели в направлениях на север и юг.

На рисунке 2.6 представлена почасовая пропускная способность транспортных средств в направлении на восток.

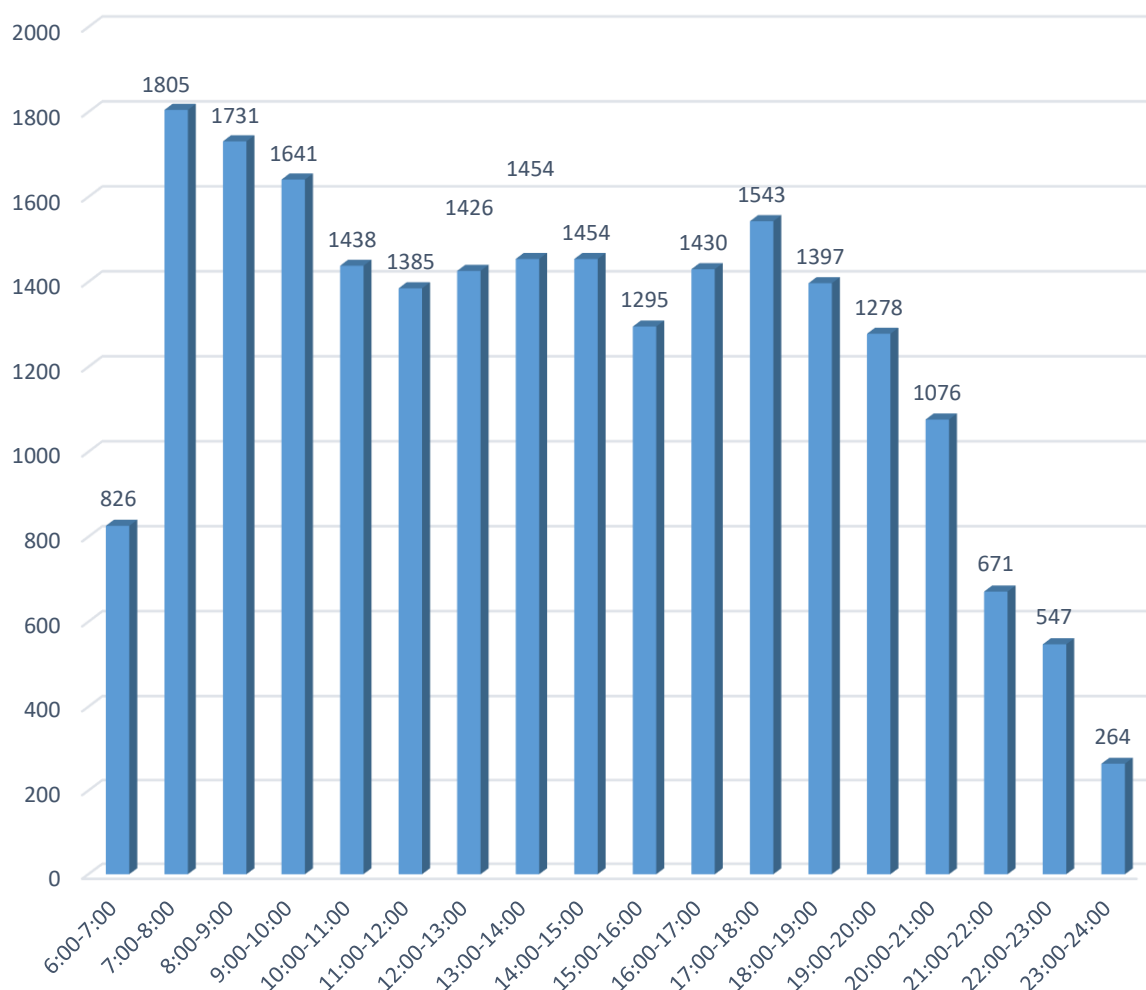


Рисунок 2.6 – Пропускная способность транспортных средств в направлении на восток, ТС/час

Заметно, что максимальное количество транспортных средств проехало утром, в период с 7:00 до 8:00 (1805 транспортных средств), а дальше это количество постепенно уменьшалось.

В период с 10:00 до 17:00 поток практически не изменялся, но с 17:00 до 18:00 произошел небольшое увеличение количества транспортных средств, после чего снова пошло на уменьшение.

Пешеходный поток в направлении на восток представлен на рисунке 2.7.

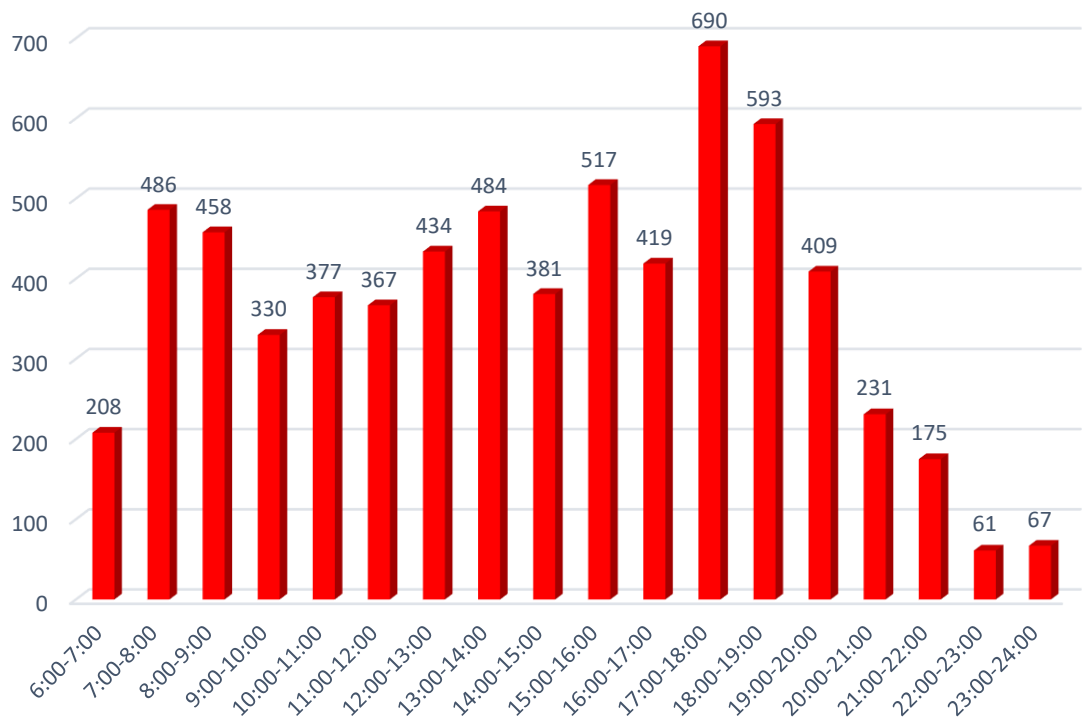


Рисунок 2.7 – Пешеходный поток в направлении на восток, чел./час

На рисунке 2.8 представлена почасовая пропускная способность транспортных средств в направлении на запад.

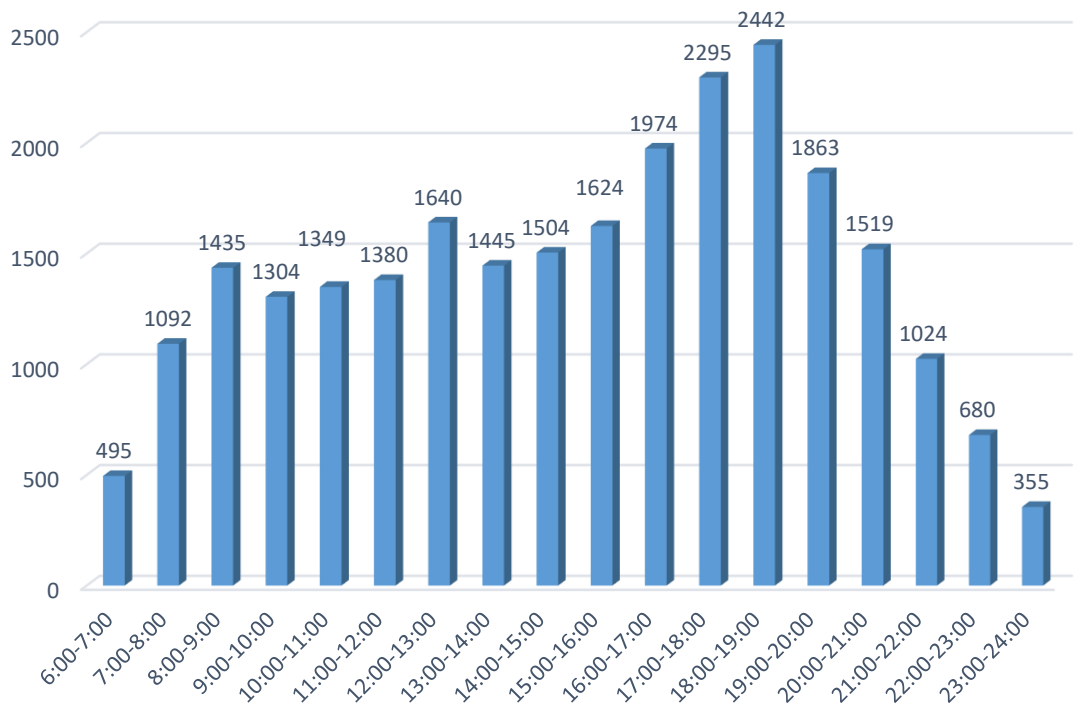


Рисунок 2.8 – Пропускная способность транспортных средств в направлении на запад, ТС/час

Пешеходный поток в направлении на восток, представленный на рисунке 2.7, неравномерный. Его максимум зафиксирован в период с 17:00 до 18:00 и составляет 690 человек. Высокая пешеходная активность наблюдалась в периоды 7:00 – 8:00, 13:00 – 14:00, 15:00 – 16:00 и составляла 486, 484 и 517 человек соответственно. Минимальное значение достигнуто в промежуток с 22:00 до 23:00 и составляет 61 человек.

На рисунке 2.8 видно, что график практически зеркально отображает количество проехавших транспортных средств в направлении на восток.

Максимальное количество транспортных средств проехало вечером, в период с 18:00 до 19:00 и составило 2442 человека.

Если сравнить период с 18:00 до 19:00 у направлений восток и запад, то заметна значительная разница, которая составляет 1045 чел/час в пользу направления на запад. Наименьшее количество транспортных средств проехало в период с 23:00 до 24:00.

На рисунке 2.9 показан пешеходный трафик в направлении на запад.

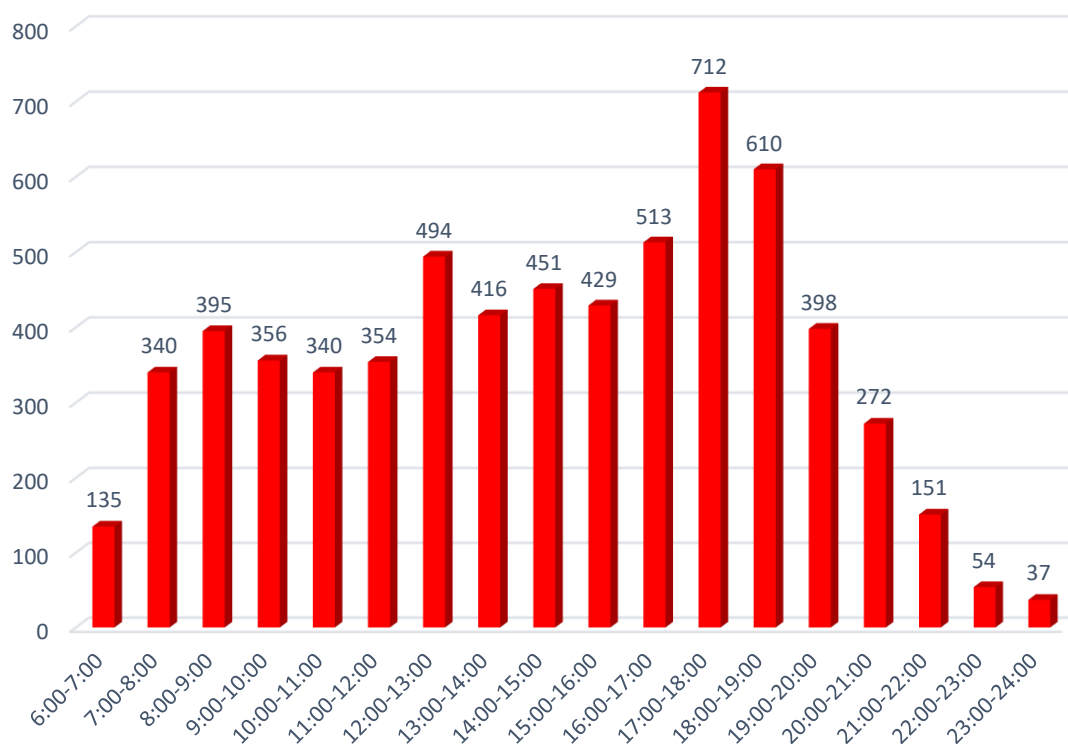


Рисунок 2.9 – Пешеходный поток в направлении на запад, чел./час

Свой максимум пешеходный поток достиг в период с 17:00 до 18:00 и составил 712 человек. Всплески пешеходной активности наблюдаются с 8:00 – 9:00, 12:00 – 13:00, 16:00 – 19:00.

Сравним количество пешеходов, пересекаемых перекресток пр. Победы – ул. Молодогвардейцев в период с 17:00 – 18:00 по направлениям восток и запад. В направлении на запад прошло всего на 22 человека больше, чем в направлении на восток.

На рисунке 2.10 изображено суммарное количество транспортных средств и пешеходов, пересекающих перекресток пр. Победы – ул. Молодогвардейцев в период с 6:00 до 24:00.

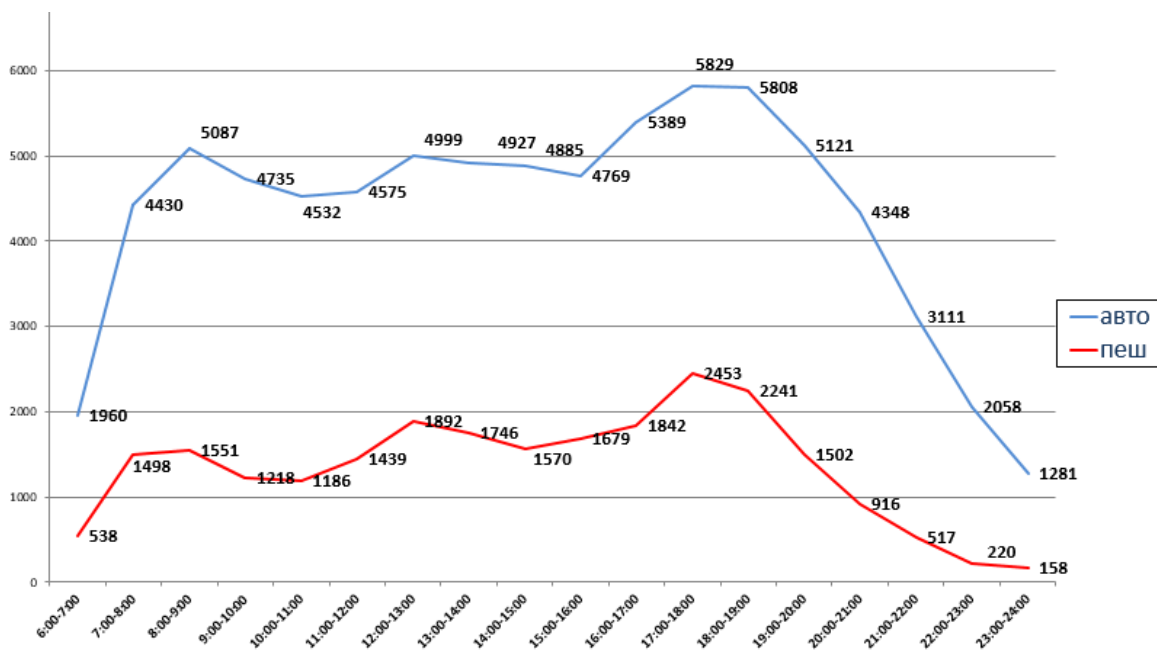


Рисунок 2.10 – Суммарное количество транспортных средств и пешеходов

Смотря на график видно, что максимальное количество пешеходов и транспортных средств находится во временном промежутке с 17:00 до 19:00. Бросается в глаза и то, что кривая, относящаяся к транспортным средствам, по форме очень похожа на кривую, обозначающую пешеходный поток.

Максимальная часовая пропускная способность транспортных средств на перекрестке была зафиксирована на отметке 5829 тс/час, минимальная 1281 ТС/час.

Максимальный часовой пешеходный поток на перекрестке был зафиксирован на отметке 2453 чел./час, минимальный 158 чел./час.

На рисунке 2.11 показано среднее количество пешеходов, переходящих проезжую часть в направлении на юг за разрешающий такт.

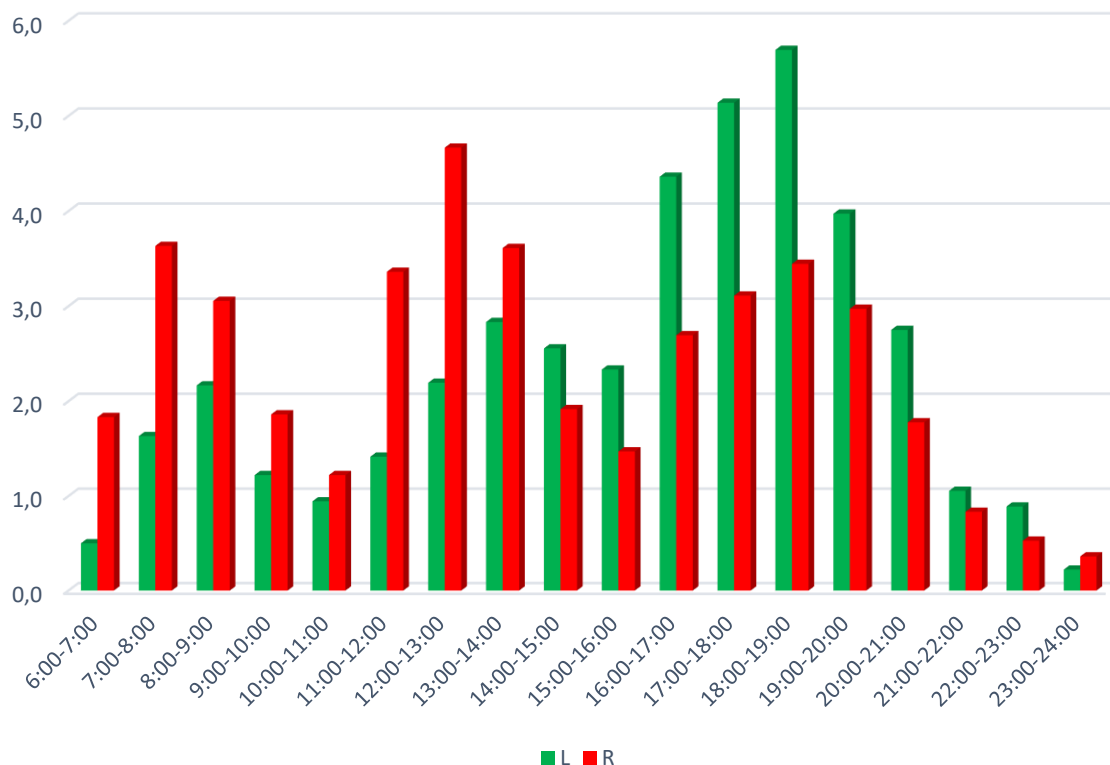


Рисунок 2.11 – Среднее количество пешеходов, переходящих проезжую часть за разрешающий такт

На графике видно, что в период с 6:00 до 14:00 преобладающим является пешеходный поток, движущийся с правой стороны. С 14:00 картина начинает меняться.

В период с 16:00 до 23:00 преобладающим направлением становится поток людей, переходящих перекресток с левой стороны.

В результате наблюдений было выявлено, что среднее количество людей, идущих справа было максимально в период с 12:00 – 13:00 и составило 4,7 чел./час. А среднее количество людей, идущих слева было максимально в период с 18:00 – 19:00 и составило 5,7 чел./час.

На рисунке 2.12 представлен график изменения потока легковых транспортных средств, движущихся налево по полосе L, в направлении на север.

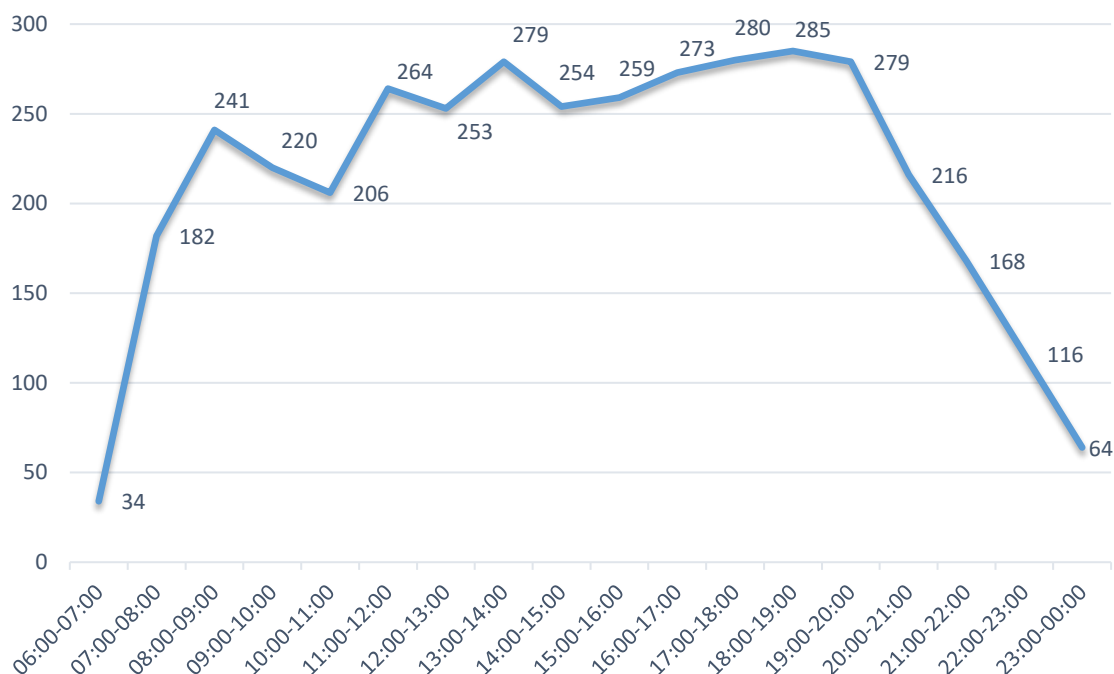


Рисунок 2.12 – Изменение потока легковых транспортных средств, движущихся налево (север)

В направлении на север, при повороте налево, образование затора началось в 7:30. Спады интенсивности транспортных на перекрестке наблюдались в периоды с 9:00 до 11:00. В целом заторная ситуация продлилась до 20:30.

Максимальное количество транспортных средств, повернувших налево, наблюдалось с 18:00 до 19:00 и составило 285 автомобилей. С 6:00 до 7:00 перекресток пересекли 34 автомобиля, что является минимальным количеством транспортных средств.

На перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев, в направлении на север, при повороте налево, в период с 6:00 до 24:00 зафиксировано 3873 транспортных средств.

На рисунке 2.13 представлен график изменения потока легковых транспортных средств, движущихся налево по полосе LS, в направлении на север.

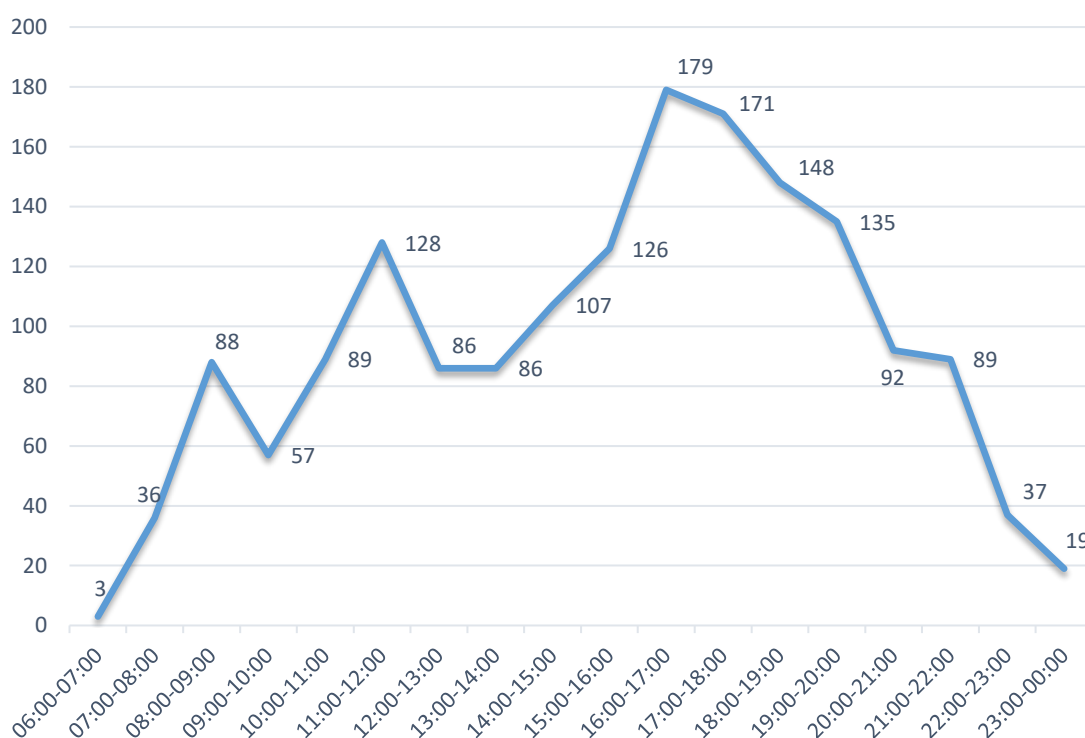


Рисунок 2.13 – Изменение потока легковых транспортных средств, движущихся налево по полосе LS (север)

График изменения потока легковых транспортных средств полосы LS сильно отличается от графика полосы L.

Образование затора на полосе LS началось в 7:30. Спады интенсивности транспортных на перекрестке наблюдались в периоды с 9:30 до 10:30 и с 12:00 до 15:00. В целом заторная ситуация продлилась до 20:00.

Максимальное количество транспортных средств, повернувших налево, наблюдалось с 16:00 до 17:00 и составило 179 автомобилей. С 6:00 до 7:00 перекресток пересекли всего 3 автомобиля, что является минимальным количеством транспортных средств за этот день.

На перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев, в направлении на север (полоса LS), при повороте налево, в период с 6:00 до 24:00 зафиксировано 1676 транспортных средств.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР

Лист

35

На рисунке 2.14 представлен график изменения потока легковых транспортных средств, движущихся налево в направлении на юг.

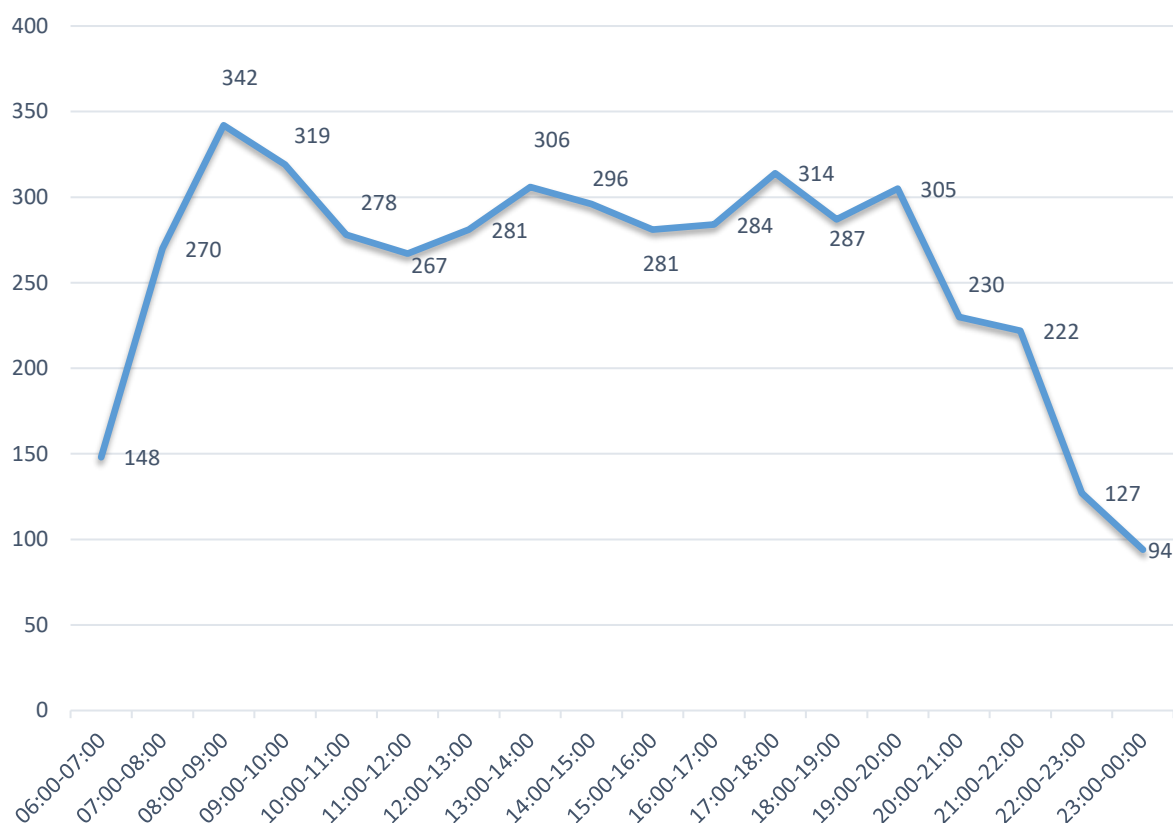


Рисунок 2.14 – Изменение потока легковых транспортных средств, движущихся налево (юг)

В процессе обследования перекрестка, было выявлено, что затор в данном направлении сохраняется в течение всего рабочего дня. Изучая рисунок 2.14 заметно, что в период с 8:00 до 9:00 произошло резкое возрастание количества транспортных средств. Сильный спад количества транспортных средств начал образовываться в 20:00. Максимальное количество транспортных средств было достигнуто в период с 8:00 до 9:00 и составило 342 ТС.

Таким образом, на перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев, в направлении на юг, в период с 6:00 до 24:00 зафиксировано 4651 транспортных средств.

На рисунке 2.15 представлен график изменения потока легковых транспортных средств, движущихся налево в направлении на восток.

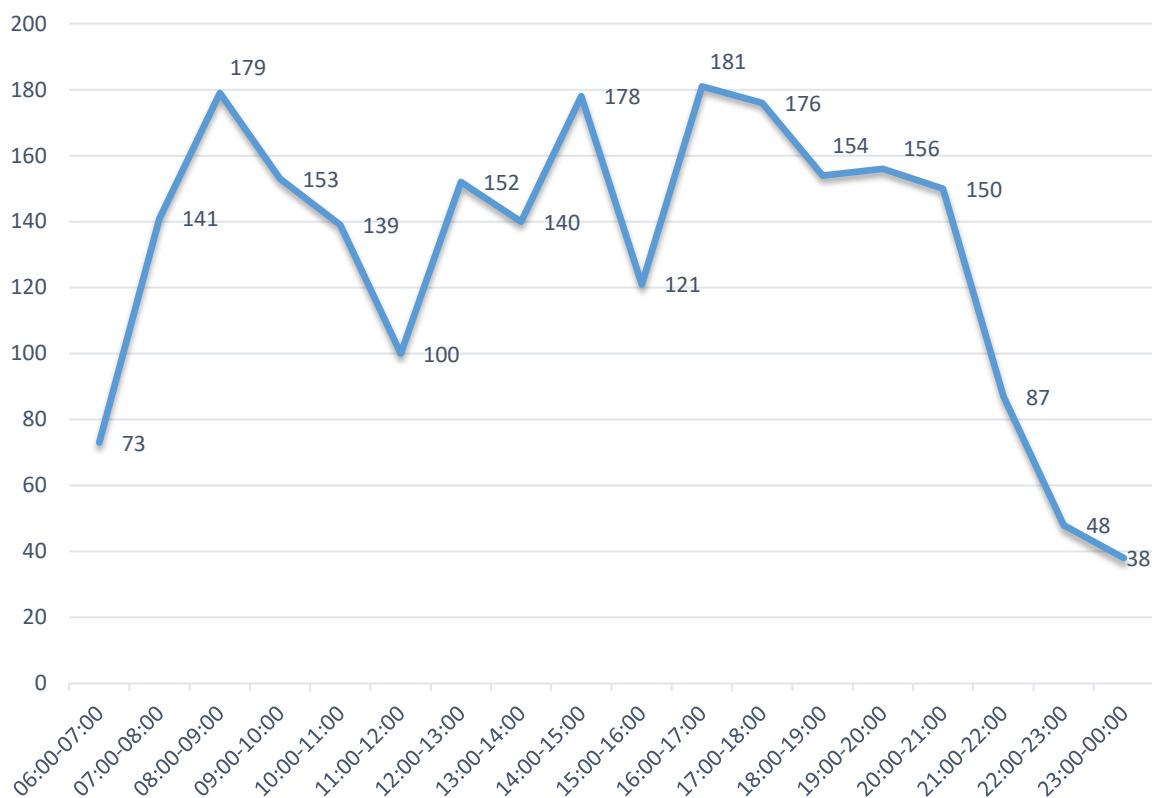


Рисунок 2.15 – Изменение потока легковых транспортных средств, движущихся налево (восток)

Рисунке 2.15 отличается тем, что кривая, изображённая на нем, достаточно ломанная. Это говорит о том, что ситуация на перекрёстке нестабильна. Следует учесть, что движение по данной полосе осуществляется прямо и налево.

Общее количество транспортных средств, проехавших по полосе за день составляет 5531 ТС, а повернувших налево – 2366 ТС.

Максимальное количество автомобилей, совершивших проезд по перекрестку зафиксирован в период с 16:00 до 17:00 и составляет 181 тс. С 8:00 до 9:00 проехало 179 ТС, а в период с 23:00 до 24:00 проехало наименьшее количество транспортных средств – 38.

На рисунке 2.16 представлен график изменения потока легковых транспортных средств, движущихся налево в направлении на запад.

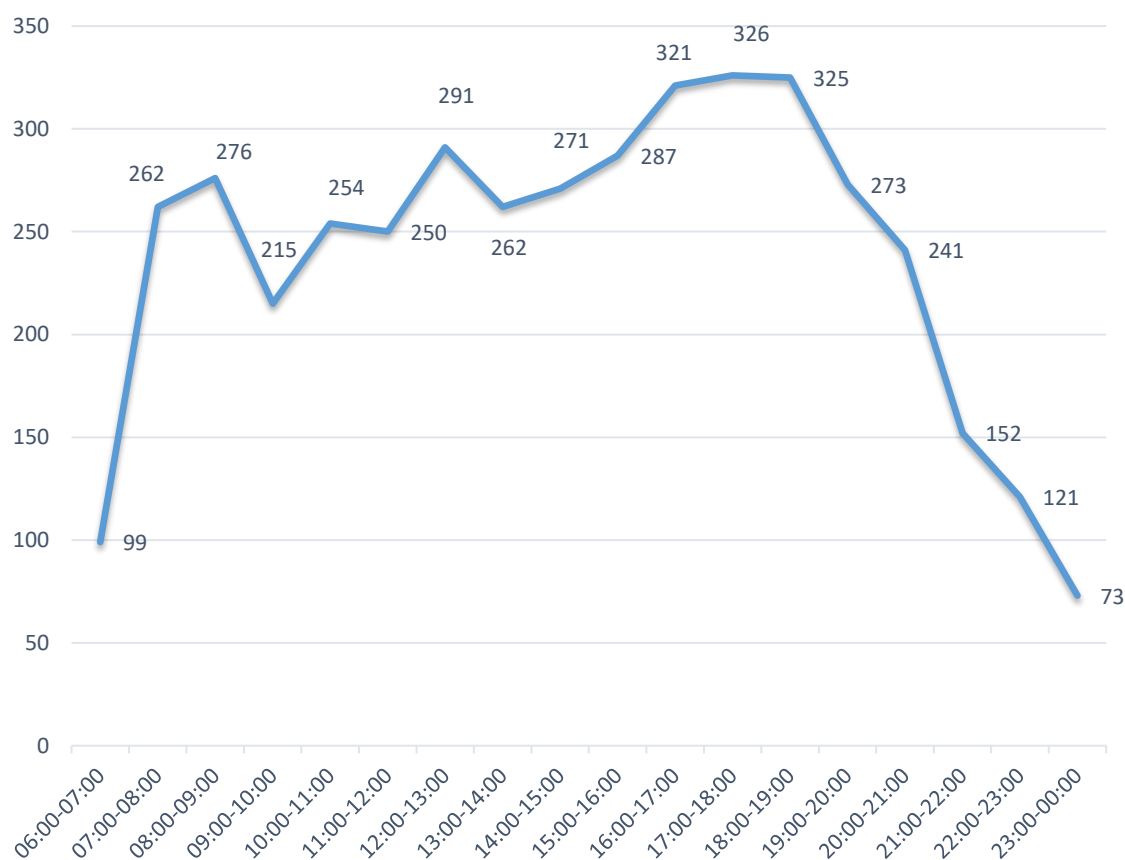


Рисунок 2.16 – Изменение потока легковых транспортных средств, движущихся налево (запад)

В направлении на запад количество транспортных средств возрастает. Вероятная причиной является то, что в данном направлении есть полоса, предназначенная только для поворота налево.

Общее количество транспортных средств, проехавших по полосе за день составляет 4299 ТС.

Максимальное число транспортных средств достигнуто в период с 18:00 до 19:00 и составляет 326 ТС.

На рисунке 2.17 показано количество транспортных средств, повернувших налево на перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев в течение дня.

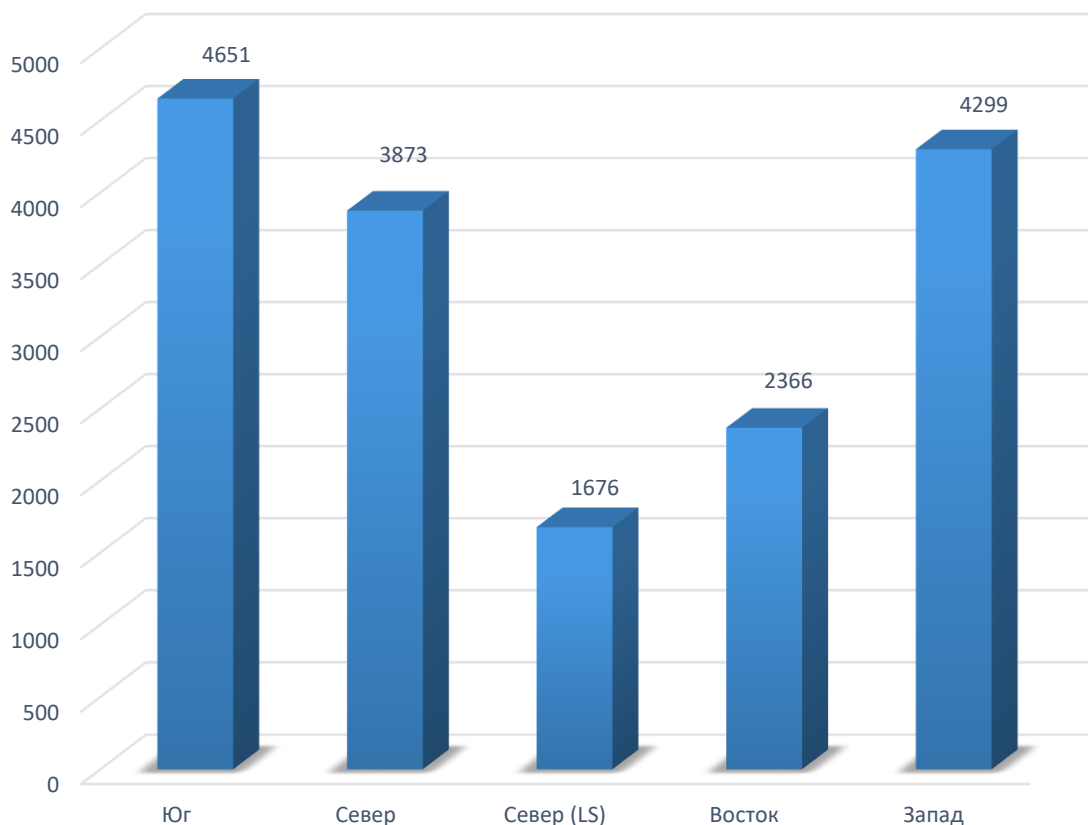


Рисунок 2.17 – Пропускная способность поворота налево за день по направлениям

Максимальное количество транспортных средств, повернувших налево, зафиксировано у направления на юг. Число транспортных средств составило 4651 ТС.

Общее количество транспортных средств в направлении на север (суммируем две полосы) составляет 5549 ТС.

При одинаковом времени горения разрешающего такта, направления восток и запад имеют сильную разницу в количестве транспортных средств. В направлении на запад проехало на 1933 автомобиля больше.

Рисунок 2.18 показывает, какое количество транспортных средств пересекло перекрёсток пр. Победы – ул. Молодогвардейцев в заторное время с 17:00 до 18:00, все данные взяты для сравнения автомобилей, проехавших только налево, только прямо и направо в количестве одной полосы.

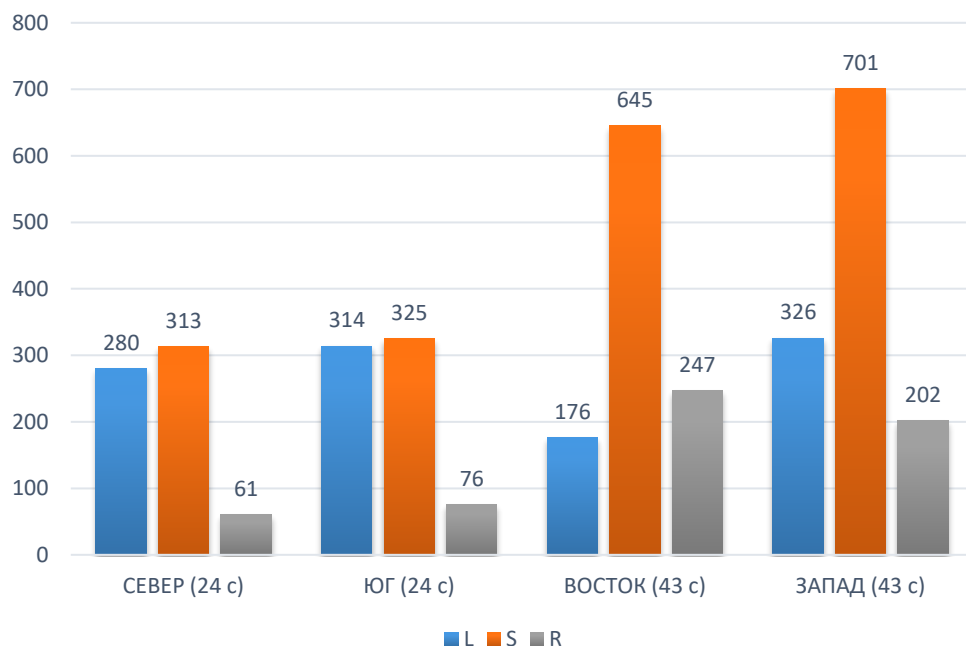


Рисунок 2.18 – Сравнение транспортных средств в период с 17:00 до 18:00

Рисунок 2.19 показывает, какое количество транспортных средств пересекло перекрёсток пр. Победы – ул. Молодогвардейцев в заторное время с 8:00 до 9:00.

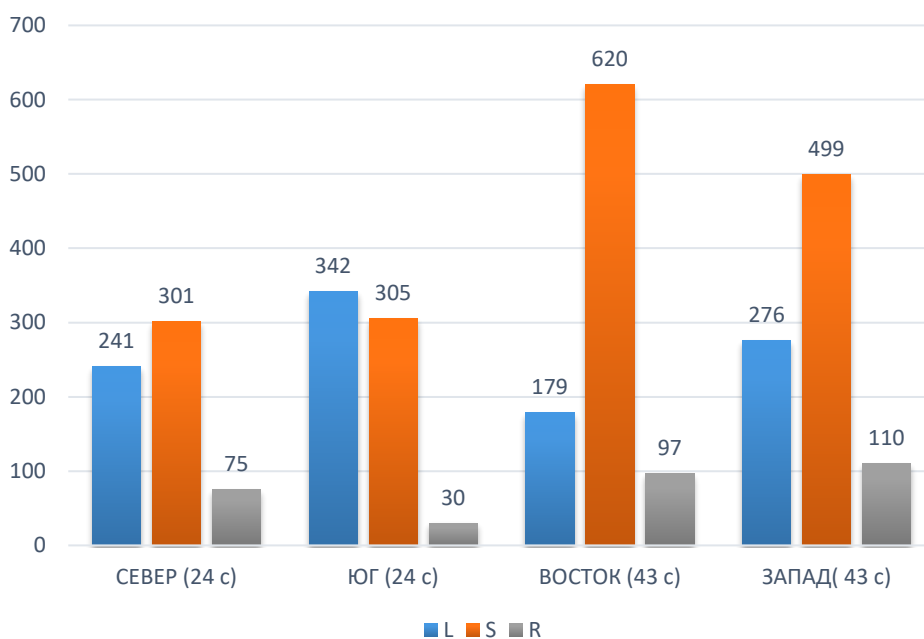


Рисунок 2.19 – Сравнение количества транспортных в период с 8:00 до 9:00

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР

Лист

40

Следует учесть, что направления север – юг имеет длину разрешающего такта в 24 секунды, а направление запад – восток 43 секунды. Поэтому нам необходимо рассчитать среднее количество автомобилей в секунду.

Если сравнить рисунки 2.18 и 2.19, то можно заметить, что количество транспортных средств совершающее поворот налево по направлениям восток и запад меньше или незначительно больше, чем у направлений на север и юг.

На рисунке 2.20 показано какое среднее количество автомобилей в секунду пересекает перекресток в состоянии затора.

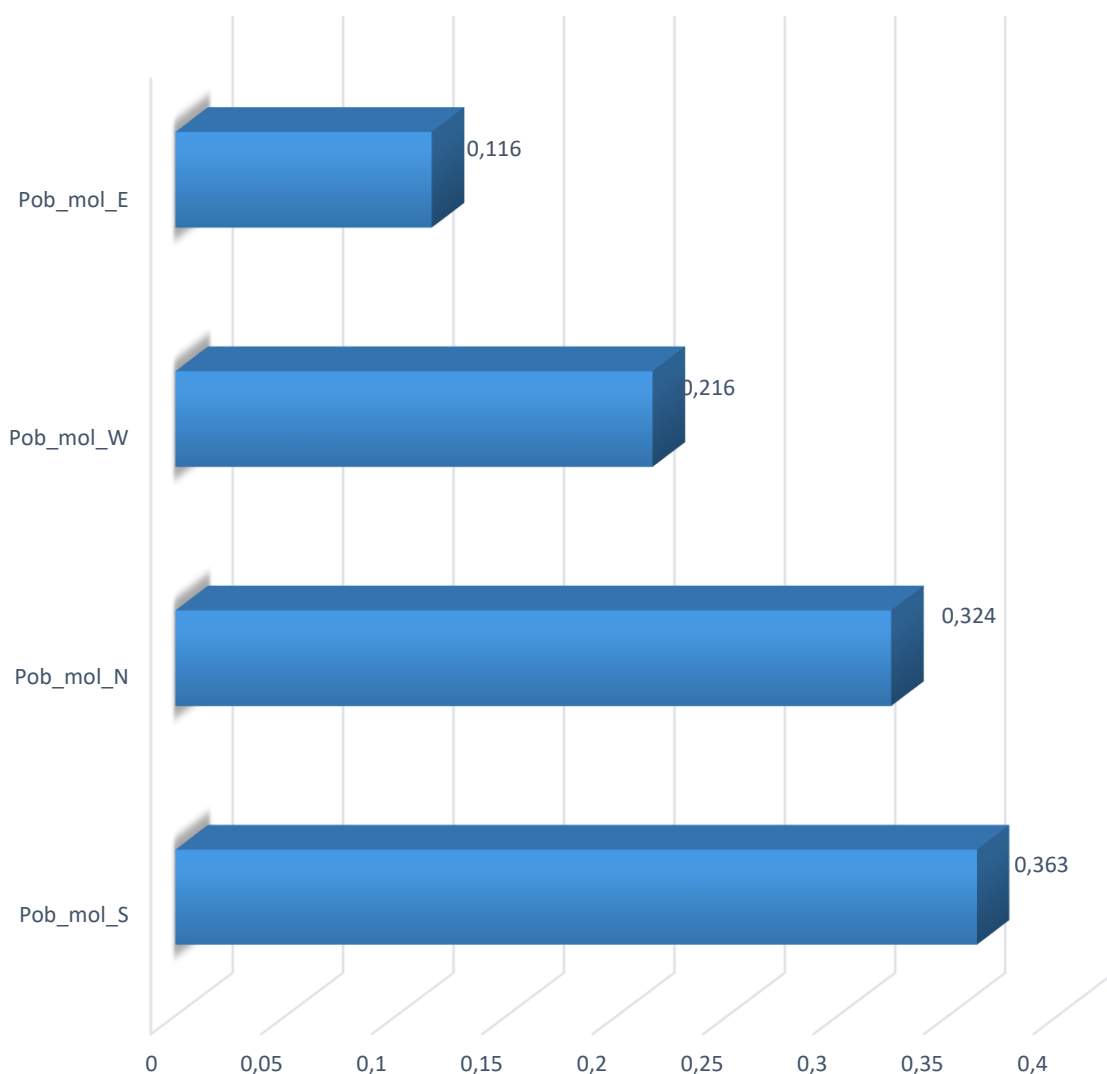


Рисунок 2.20 – Среднее количество автомобилей в секунду на левоповоротном направлении

Данные были получены в период с 17:00 – 18:00. Эти значения рассчитаны для левоповоротного направления. Самое больше значение получено в направлении на юг и составило 0,363 автомоб. в секунду. Наименьшее значение получено в направлении на восток и составляет 0,116 автомоб. в секунду.

Сбор данных, необходимых для исследования пропускной способности перекрёстка пр. Победы – ул. Молодогвардейцев, осуществлялся методом ручного подсчета. Но уже сейчас создана и дорабатывается умная камера.

Снимок экрана с такой камеры представлен на рисунке 2.21.



Рисунок 2.21 – Мониторинг транспортного трафика на основе компьютерного зрения

Технология на основе нейросетей по мониторингу транспортного трафика необходима в рамках проекта «Умный город». Она способна различить передвижения транспортных средств 6 категорий.

Нейронная сеть – это последовательность нейронов, соединенных между собой синапсами. Благодаря такой структуре, машина обретает способность анализировать и даже запоминать различную информацию.

Нейронные сети также способны не только анализировать входящую информацию, но и воспроизводить ее из своей памяти. Другими словами, нейросеть это машинная интерпретация мозга человека, в котором находятся миллионы нейронов, передающих информацию в виде электрических импульсов. На рисунке 2.22 изображен пример распознавания транспортных средств на перекрестке.

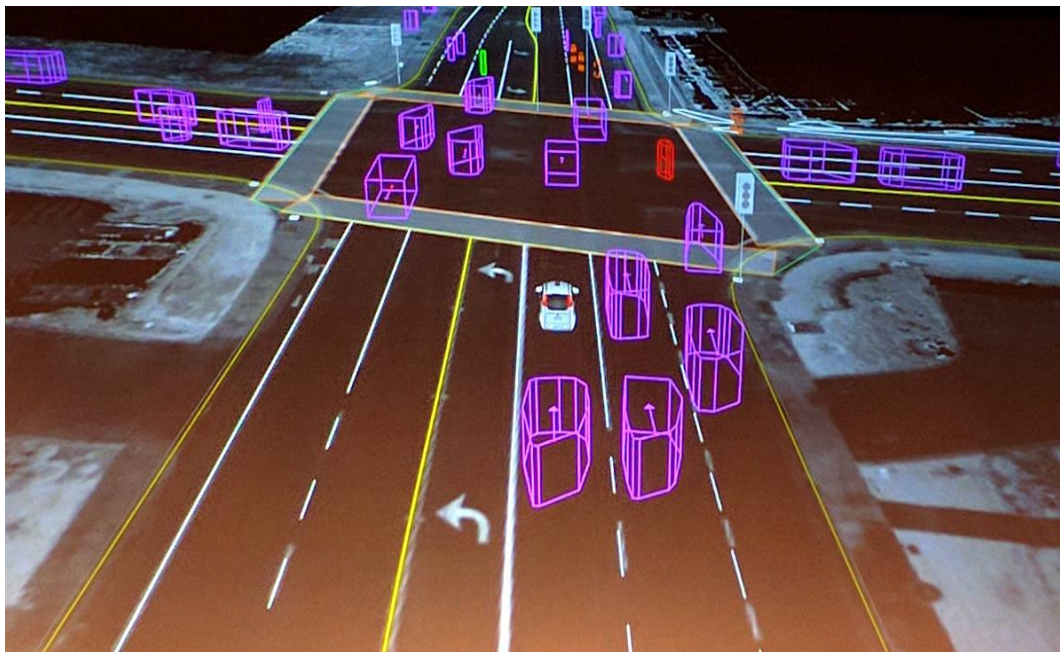


Рисунок 2.22 – Распознавание движущихся транспортных средств

Нейронные сети используются для решения сложных задач, в которых присутствует аналитические вычисления похожие на те, что делает человеческий мозг. Нейронные сети применяются при классификации, предсказании и распознавании. Распознавание – самое широкое применение нейросетей [15].

2.2 Расчет потока насыщения

С целью оценки эффективности организации дорожного движения в исследуемом узле, необходимо определить поток насыщения каждого направления.

Для определения действительного потока насыщения используется формула:

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

$$S = S_0 \cdot N \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb}, \quad (1)$$

где S_0 – идеальный поток насыщения, прив.авт./ч (по умолчанию 1900);

N - количество полос движения в составе группы;

f_w - коэффициент, учитывающий ширину полосы движения;

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

f_g - коэффициент, учитывающий продольные уклоны;

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

f_{bb} - коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые автобусами;

f_a - коэффициент, учитывающий тип территории;

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;

f_{Rpb} - коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте направо.

Данная формула (1) является общей для всех случаев. В силу того, что в рассматриваемом случае некоторые элементы отсутствуют, то формула будет иметь следующий вид:

$$S = S_0 \cdot N \cdot f_w \cdot f_g \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LT}. \quad (2)$$

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

- очередь транспортных средств состоит только из легковых автомобилей;

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

- уклон на подходе к перекрёстку равен 4%;
- ширина полосы движения 3,5 м;
- сухое дорожное покрытие;
- отсутствие помех, создаваемых паркующимися автомобилями и остановками общественного транспорта.

Коэффициент, учитывающий ширину полосы движения f_w . Значение ширины полосы может меняться в пределах от 2,4 до 4,8 м. В нашем случае ширина полосы $3L_S$ составляет 3,5 м. Коэффициент, учитывающий ширину полосы движения f_w рассчитывается по формуле:

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

где W – ширина полосы, м.

Подставив значение в формулу (1) получим:

$$f_w = 1 + \frac{(3,5 - 3,6)}{9} = 0,98.$$

Коэффициенты, учитывающие величину уклона f_g . Значение величины продольного уклона на подходе к перекрестку может изменяться 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.

Коэффициент f_g , учитывающий уклон определяется по формуле:

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}, \quad (4)$$

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

Подставив найденное значение в формулу (4) получим:

$$f_g = 1 - \frac{(-4)}{200} = 0,98.$$

Коэффициент, учитывающий тип территории f_A . Бывает в центральном районе, либо в других районах. Коэффициент учитывает частоту паркования,

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

деятельности такси и общественного транспорта, большое количество пешеходов. В рассматриваемом случае данный коэффициент $f_a=0,9$.

2.3 Расчет пропускной способности левоповоротного направления при конфликте с потоком прямого направления

В случае, если левоповоротный поток, входящий в рассматриваемую группу полос, осуществляет движение в конфликте с противоположным приоритетным транспортным потоком, то расчет пропускной способности выполняется с использованием специальной дополнительной процедуры – определения коэффициента приведения потока насыщения f_{LT} , учитывающего левоповоротное движение с конфликтом.

В общем виде в случае движения с конфликтом коэффициент f_{LT} определяется по:

$$f_{LT} = \frac{G_B}{G} \cdot f'_{LT} + \frac{G_K}{G} \cdot f''_{LT}, \quad (5)$$

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

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

G – общая длительность зелёного сигнала;

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

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

На рисунке 2.23 представлены графики зависимостей параметра f''_{LT} .

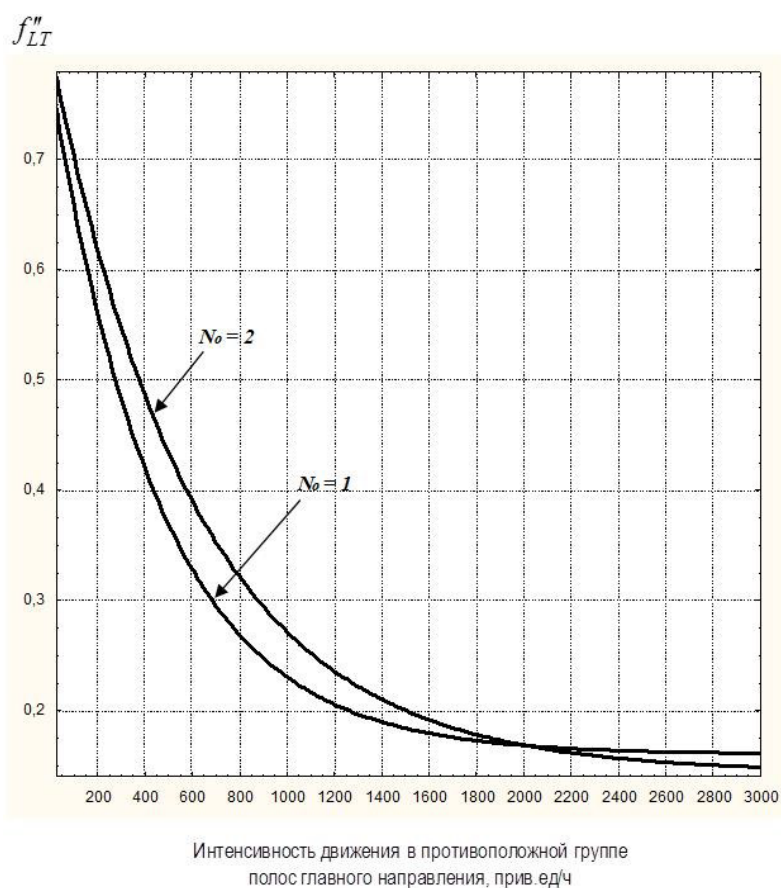


Рисунок 2.23 - Графики зависимости параметра f''_{LT} от интенсивности противоположного потока

На рисунке 2.23 представлены графики зависимостей параметра f''_{LT} от таких параметров, как:

- интенсивности движения V_0 в противоположной группе полос главного направления (прив.ед./ч);
- доля левоповоротного потока в рассматриваемой группе полос, P_{LT} ;
- количество полос N в рассматриваемой группе;
- количество полос N_0 в противоположной группе.

Подставим в формулу (6) значения, которые были получены выше:
 $S = 1900 \cdot 1 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 1560$ прив. ед./ч.

Пропускная способность полосы движения на регулируемом пересечении определяется по формуле:

$$P_{ji} = \frac{S_{ji} \cdot g_i}{C}, \quad (6)$$

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 (6):

$$P_{ji} = \frac{1560 \cdot 24}{100} = 374 \text{ прив. ед./ч.}$$

Все вышеизложенные расчеты были для направления N.

Далее необходимо провести аналогичные расчеты для левоповоротных полос остальных направлений.

Результаты расчетов будут представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1– Сравнение показателей полос различных направлений

	3LS_N	4L_N	3L_S	3LS_E	4L_W
Влияние общественного транспорта, f_{bb}	1	1	1	1	1
Влияние ширины полосы, f_w	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Влияние продольного уклона, f_g	0,95	0,95	0,98	1	1
Тип территории, f_a	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Коэффициент приведения, учитывающий левоповоротное движение без конфликта, f^2L_{pb}	0,92	0,95	0,95	–	–

Коэффициент приведения, учитывающий левоповоротное движение с конфликтом, f_{Lpb}	—	—	—	0,35	0,28
Поток насыщения, прив.ед./ч	1464	1512	1560	586	469
Пропускная способность полосы, прив.ед./ч	351	362	374	252	201

Показатели потока насыщения и пропускной способности представлены на рисунке 2.24.

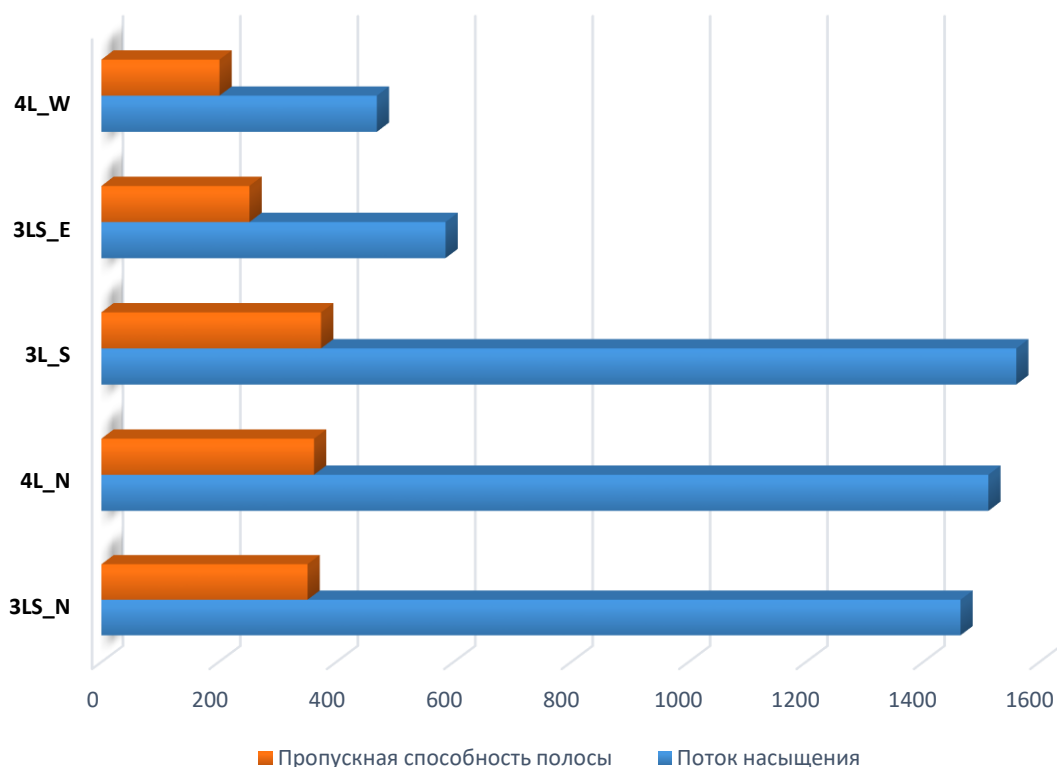


Рисунок 2.24 – Сравнение пропускной способности и потока насыщения полос различных направлений (прив.ед./ч)

В таблице 2.2 сравним фактические данные с теоретическими, полученными путем вычислений. Фактическую пропускную способность, полученную с камер «Интерсвязь» возьмем в период с 17:00 до 18:00.

Таблица 2.2 – Пропускная способность по полосам

Наименование полосы	3LS_N	4L_N	3L_S	3LS_E	4L_W
Фактическая пропускная способность	171	280	314	176	326

Результаты теоретического и фактического исследования представлены на рисунке 2.25.

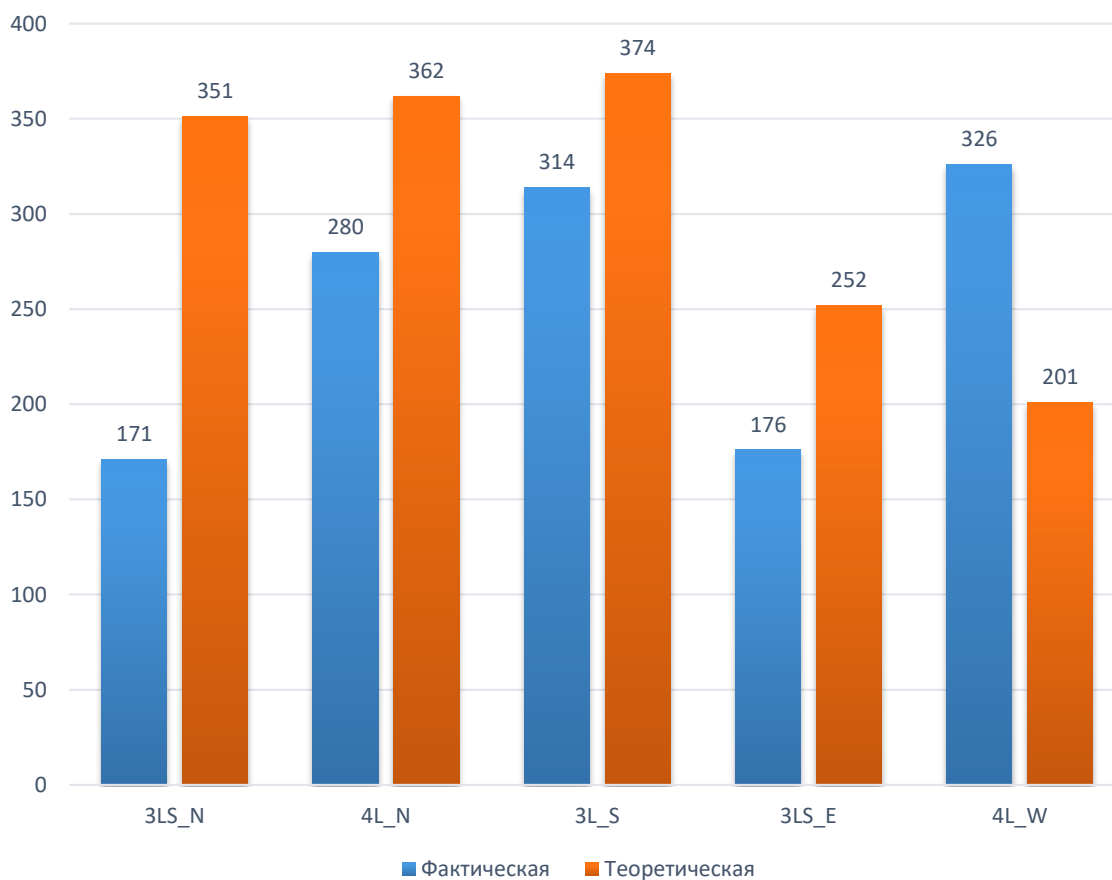


Рисунок 2.25 – Сравнение фактической и теоретической пропускной способности

В результате сравнения фактической и теоретической пропускной способности на перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев видно, что все полосы имеют сильное различие. На полосах 3LS_N, 4L_N, 3L_S и 3LS_E фактическая пропускная способность значительно ниже, чем теоретическая. На полосе 4L_W наоборот, теоретическая больше, чем фактическая пропускная способность.

Вывод по разделу два

Во втором разделе выпускной квалификационной работы подробно проанализировано обследование перекрестка пр. Победы – ул. Молодогвардейцев. В результате обследования изучены пешеходный поток и пропускная способность транспортных средств во всех направлениях. Рассчитано среднее количество транспортных средств на левоповоротных направлениях. Также произведено сравнение теоретической и фактической пропускной способности левых полос на перекрестке.

Использование современных цифровых решений по мониторингу транспорта, позволяет выявить недостатки в организации дорожного движения и повысить эффективность транспортной инфраструктуры.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

3 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Оценка затрат на строительство дорог в Российской Федерации и других странах

Автомобильная дорога – это сложный линейный объект, который помимо основных конструктивных элементов (дорожного полотна, дорожного покрытия и подобных элементов) имеет в своем составе на всем протяжении дорожные сооружения, являющиеся их неотъемлемой технологической частью (защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства).

Средняя стоимость строительства 1 км 1 полосы движения по каждой технической категории автомобильных дорог приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Средняя стоимость строительства 1 км 1 полосы движения в зависимости от технической категории автомобильной дороги

Категория дороги	Средняя стоимость строительства 1 км 1 полосы движения, тыс. руб.
I	52 286,72
II	42 536,15
III	37 109,23
IV	14 096,45
V	11 732,75

На решение о строительстве дорог играет огромное количество сложных и взаимосвязанных факторов. Например, такие как шум, воздух, отходы, живописность местности, население, безопасность, почва и множество других [16].

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР			
Изм.	Лист	Докум.№	Подпись	Дата				
Разраб.		Берстенева			Экономический раздел	Лит	Лист	Листов
Провер.		Шепелев В.Д.					52	73
Реценз.						ЮУрГУ Кафедра АТ		
Н. контр.		Баранов П.Н.						
Утверд.		Рождественский						

На величину стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, ремонта и содержания автомобильных дорог влияет множество факторов, таких как характеристики проезжей части (ширина, обочины, радиусы, перекрестки, разметка, знаки), рельеф местности, наличие охраняемых зон, стоимость материалов и выкупа земель.

Множество исследовательских работ говорят о том, что большой ущерб дорожному покрытию приносит не большое количество автомобилей, а транспортные средства, перевозящие тяжелые грузы. На перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев в направлениях на восток и запад, доля грузовых транспортных средств составляет 2%.

В таблице 3.2 приведено сравнение стоимости 1 км 1 полосы движения в Российской Федерации, Канаде, Швеции, США, Германии и Китае.

Таблица 3.2 – Сравнения стоимости строительства 1 км 1 полосы движения в Российской Федерации и в зарубежных странах

Страна	Стоимость строительства 1 км 1 полосы движения, млн. руб.	
	4 полосы и более	2 полосы
Российская Федерация	47,5	19,1
Канада	233	113
Швеция	153	–
США	270	97
Германия	208	118
Китай	226	49

Анализ данных о стоимости строительства автомобильных дорог в Российской Федерации и за рубежом показывает, что строительные затраты в России не превышают аналогичные затраты в зарубежных странах. Самое затратное строительство дорог производится в Германии (118 млн. руб.) [17].

Для наглядности на рисунке 3.1 построен график сравнения стоимости строительства 1 км полосы движения для двухполосной дороги.

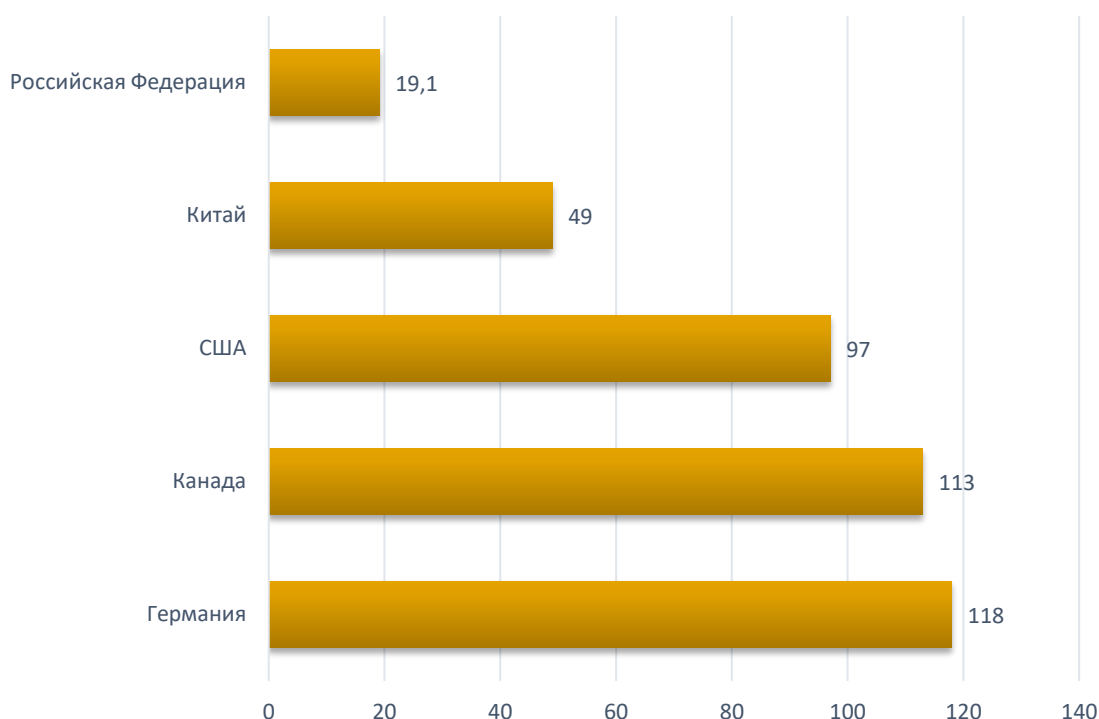


Рисунок 3.1 – Стоимость строительства 1 км 1 полосы движения, млн. руб.

В Челябинской области стоимость реконструкции 1 км дороги III категории в 2016 году составила 46 668,57 тыс. рублей. В 2014 году такая реконструкция стоила 37,3 млн. рублей, в 2015 – 49,1 млн. рублей. Стоимость реконструкции дорог IV категории в 2016 году составила 15 847,68 тыс. рублей. В 2015 реконструкция дороги IV категории составляла 20 427,84 тыс. рублей.

Стоимость капитального ремонта 1 км автомобильной дороги III категории, в Челябинской области, в 2016 году составила 34 773,78 тыс. рублей, а IV категории – 25 900,82 тыс. рублей. Стоимость ремонта 1 км дороги II категории составила 9 680,33 тыс. рублей, III категории – 13 563,55 тыс. рублей.

Стоимость содержания 1 км автомобильной дороги в Челябинской области в 2016 году составила 497,2 тыс. рублей. В 2014 году содержание дорог обходилось в 376,7 тысяч, а в 2015 году – 370 тыс. рублей [18].

3.2 Гарантийный срок эксплуатации автомобильных дорог

При строительстве, реконструкции и капитальном ремонте земельного полотна и слоев основания дорожной одежды, минимальным гарантийным сроком принимается срок в 8 и 6 лет соответственно.

Гарантийный срок для обочин или её частей, укрепленных материалом по типу проезжей части, принимается равным гарантийному сроку покрытия дорожной одежды. В иных случаях гарантийный срок для обочин или её частей не регламентируется. Гарантийный срок для покрытия из цементобетона при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте дорожной одежды принимается не менее 8 лет. Гарантийный срок для верхнего слоя покрытия и слоев износа из асфальтобетона при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте дорожной одежды принимаются в зависимости от интенсивности движения в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице 3.3. Минимальный гарантийный срок для нижнего слоя покрытия рекомендуется принимать 5 лет.

Таблица 3.3 – Рекомендуемые гарантийные сроки для верхнего слоя покрытия из асфальтобетона

Прогнозируемая интенсивность движения транспортного потока по полосе движения в физических автомобилях, авт./сут	Рекомендуемые гарантийные сроки для верхнего слоя покрытия из асфальтобетона, лет
<1000	8
1000-2500	7
2500-5000	6
5000-10000	5
10000-20000	4
>20000	2

При назначении гарантийных сроков при ремонте покрытий автомобильных дорог слоями из асфальтобетона рекомендуется принимать гарантийный срок равный 4 года. При интенсивности движения транспортного

потока на полосу движения более 15000 авт./сут рекомендуется принимать гарантийный срок 2 года. Гарантийный срок на барьерное ограждение (металлическое, железобетонное) принимается 5 лет. Гарантийный срок на сигнальные столбики принимается 2 года [19].

3.3 Расчеты затрат на строительство и содержания автомобильной дороги на перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев

Из доклада о стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, ремонта и содержания 1 км автомобильных дорог общего пользования Российской Федерации 2016 год известно, что стоимость строительства 1 км дорожной полосы, шириной 7 м, составляет 37 109 230 руб. Стоимость содержания 1 км дорожной полосы, шириной 7 м, составляет 368 910 рублей [17]. Определим площадь такой дорожной полосы по формуле:

$$S = a \cdot b, \quad (8)$$

где a – длина полосы;

b – ширина полосы;

$$S = 7 \cdot 1000 = 7000 \text{ м}^2.$$

Стоимость строительства и содержания дорожной полосы площадью 7000 м² составит 37 478 140 руб.

В направлении на юг, длина полос составит 600 м (от светофора до светофора), общая ширина полос равна 12 м. По формуле определим площадь участка, состоящего из трех полос в направлении на юг:

$$S = 600 \cdot 12 = 7200 \text{ м}^2.$$

Стоимость 1 м² строительства и содержания дороги равна 5354,02 руб. Рассчитаем стоимость дороги для направления на юг.
 $5354,02 \cdot 7200 = 38\,548\,944$ руб.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Средний показатель проезда автомобилей в год (за исключением выходных и праздничных дней) по направлению на юг составит $265 \cdot 13\,046 = 3\,457\,190$ ТС.

Таким образом, не составит труда рассчитать стоимость строительства и содержания дороги на 1000 автомобилей

$$\frac{38\,548\,944}{3\,457\,190} \cdot 1000 = 11\,150 \text{ рублей в год.}$$

Стоимость строительства и содержания дороги на 1000 автомобилей составила 11 150 рублей в год.

Аналогичным образом произведем расчеты стоимости строительства и содержания дороги для направления север, восток и запад. Результаты запишем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Строительство и содержание автомобильной дороги по направлениям

Направление	Площадь участка автомобильной дороги, м ²	Средний показатель проезда транспортных средств в год, ТС	Стоимость строительства и содержания автомобильной дороги, руб.	Стоимость строительства и содержания дороги (на 1000 автомобилей), руб. в год
Юг	7 200	3 457 190	38 548 944	11 150
Север	7 250	4 430 005	38 816 645	8 762
Восток	6 600	6 005 165	35 336 532	5 584
Запад	5 472	6 736 300	29 297 197	4 349

Исходя из результатов, представленных в таблице, подведем итоги. Наиболее дорогим по стоимости на строительство и содержание автомобильной дороги оказалось направление на юг и составляет 11 150 рублей в год на 1000

автомобилей. Самым дешевым является направление на запад. Стоимость строительства и содержания этого направления составляет 4 349 рублей в год на 1000 автомобилей.

Для более детального изучения этого вопроса, рассчитаем расходы на строительство и содержание в год на 1000 автомобилей для каждой полосы. Длина полосы 3L_S составит 600 м (от светофора до светофора), ширина полосы равна 4 м. По формуле 8 определим площадь направления на юг:

$$S = 600 \cdot 4 = 2400 \text{ м}^2.$$

Стоимость 1 м^2 строительства и содержания дороги равна 5354,02 руб. Рассчитаем стоимость дороги для полосы 3L_S
 $5354,02 \cdot 2400 = 12\,849\,648$ руб.

Средний показатель проезда автомобилей в год (за исключением выходных и праздничных дней) для полосы 3L_S составит
 $265 \cdot 4\,500 = 1\,192\,500$ ТС.

Таким образом, не составит труда рассчитать стоимость строительства и содержания дороги на 1000 автомобилей

$$\frac{12\,849\,648}{1\,192\,500} \cdot 1000 = 10\,775 \text{ рублей в год.}$$

Стоимость строительства и содержания автомобильной полосы составила 10 775 рублей в год на 1000 автомобилей.

Факторами, влияющими на стоимость строительства и содержания дороги, являются площадь участка дороги и средний показатель проезда транспортных средств в год.

На перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев расположены 14 полос для движения.

В таблице 3.5 аналогичным образом подсчитана стоимость строительства и содержания автомобильных полос на перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Таблица 3.5 – Строительство и содержание автомобильной полосы

Наименование полосы	Площадь участка автомобильной дороги, м ²	Средний показатель проезда транспортных средств в год, ТС	Стоимость строительства и содержания дороги (на 1000 автомобилей), руб. в год
3L_S	2400	1 192 500	10 775
2S_S	2100	1 325 000	8 485
1SR_S	2700	742 000	10 482
4L_N	1 710	1 007 000	9 091
3SL_N	1 710	1 113 000	8 225
2S_N	1 880	1 219 000	8 257
1SR_N	1950	897 025	11 638
3LS_E	2100	1 431 000	7 857
2S_E	2 460	2 438 000	5 402
1SR_E	1 950	1 855 000	5 628
4L_W	1 216	1 113 000	5 849
3S_W	1 330	2 199 500	3 237
2S_W	1 216	1 934 500	3 365
1SR_W	1 710	1 113 000	8 225

На перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев самой дорогостоящей оказалась полоса 1SR_N. Строительство и содержание этой полосы обойдется в 11 638 рублей в год на 1000 автомобилей. Полоса 3S_W является самой дешевой, ее строительство и содержание будет стоить 3 237 рублей в год на 1000 автомобилей.

Вывод по разделу три

В данном разделе выпускной квалификационной работы была рассчитана стоимость строительства, капитального ремонта, реконструкции и содержания 1 км дорожного покрытия в Российской Федерации и Челябинской области. Проведено сравнение стоимости строительства дорожной полосы в РФ и других странах.

Произведен расчет стоимости строительства и содержания дороги на перекрёстке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев во всех направлениях. Перекрёсток имеет 14 полос для движения. Выявлено самое дорогостоящее инженерное решение по организации движения транспорта по полосам в заторном состоянии. Так проезд по полосе 1SR_N обходится городскому бюджету в 11 638 рублей в год на проезд 1000 автомобилей, самое эффективное решение по полосе 3S_W – 3 237 рублей в год на 1000 автомобилей. Таким образом, использование технологий, связанных с компьютерным зрением, позволяет получить новый инструмент для оценки эффективности проекторочных, инженерных и организационных решений в контексте развития «Умный город».

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Влияние предложенных мероприятий на безопасность жизнедеятельности

Для повышения уровня безопасности на перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев предложены некоторые мероприятия.

Одним из этих мероприятий является сужение полос проезжей части во всех направлениях. Ширина полос на перекрестке уменьшится до 3 – 3,25 метров. Сужение ширины полосы даст возможность сократить занимаемую площадь или же увеличить пропускную способность, путем введения дополнительных полос. Но главной задачей, конечно, является увеличение уровня безопасности дорожного движения. Водитель машинально станет более внимательным и осторожным. Сужение полос является средством с огромным потенциалом для города. Некоторых реконструкций и расширений можно было бы избежать, если изменить ширину полосы.

Вторым мероприятием по увеличению безопасности на перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев является установка «островков» безопасности. Их предлагается установить по улице Молодогвардейцев. «Островок безопасности» – элемент обустройства дороги, разделяющий полосы движения противоположных направлений (в том числе и полосы для велосипедистов), конструктивно выделенный бордюрным камнем над проезжей частью дороги или обозначенный техническими средствами организации дорожного движения и предназначенный для остановки пешеходов при переходе проезжей части дороги. К «островку» безопасности может относиться часть разделительной полосы, через которую проложен пешеходный переход [20]. Расстояние между краем проезжей части и границей «островка» должно быть не менее 7,5 м.

Ширина должна быть не менее ширины пешеходного перехода, а длина –

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Докум.№</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Берстенева</i>				Безопасность жизнедеятельности	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Аверьянов Ю.И</i>						61	73
<i>Реценз.</i>						ЮУрГУ		
<i>Н. контр.</i>	<i>Баранов П.Н.</i>					Кафедра АТ		
<i>Утверд.</i>	<i>Рождественский</i>							

не менее 1,5 м. Границу «островка» безопасности обозначают при помощи разметки и/или бордюра. Приподнятые «островки» с бордюрами на проезжей части устраивают при наличии стационарного электрического освещения. Высота бордюра должна быть (10 ± 1) см [21]. «Островок» безопасности всегда обеспечивает видимость пешеходного перехода водителям, даже если отсутствует разметка. Обустройство «островка» безопасности значительно повысит безопасность пешеходов на проезжей части.

Еще одним, очень важным, мероприятием является установка пешеходных ограждений. Такие барьерные сооружения ограничивают тротуар и пешеходные переходы от проезжей части, что повышает безопасность пешеходов. Ограждения не дают возможность людям перейти проезжую часть в непопознанном месте. На перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев уже установлены данные ограждения, но не во всех местах [22].

Автомобильный транспорт является источником повышенной опасности для здоровья и жизни людей. Данная проблема особенно актуальна в последние десятилетия. Произошло увеличение количества автомобилей и интенсивность их эксплуатации. На автомобильном транспорте произошел резкий рост производства, увеличения численности работников, деятельность которых связана с эксплуатацией автомобилей. В связи с этим образовалась потребность в предупреждении и снижении воздействия на человека неблагоприятных производственных факторов, связанных с эксплуатацией автомобильного транспорта [23].

4.2 Шумовое и экологическое воздействие автомобильного транспорта

Усиление экологической напряженности во многих городах и регионах России связано с шумовым воздействием автомобильного транспорта. Много беспокойства шум приносит жителям больших городов и городов-миллионников. Большой проблемой являются и автостоянки, расположенные в районах жилой застройки. На уровень шума влияют несколько факторов. Интенсивность транспортного потока. Наибольшие уровни шума образуются на магистральных

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

улицах больших городов при интенсивности движения 2000 – 3000 авт/ч. На перекрестке пр. Победы – ул. Молодогвардейцев в часы затора проезжает около 5800 авт/ч.

Скорость транспортного потока. При увеличении скорости транспортных средств, происходит возрастание общего шума. Этот шум растет из-за двигателя и колес, которые преодолевают сопротивление с воздухом.

Состав транспортного потока. Грузовые транспортные средства создают сильное шумовое воздействие, поэтому возрастание доли такого подвижного состава приведет к общему возрастанию шума.

Тип и качество дорожного покрытия. Асфальтобетонное покрытие создает наименьший шум. Дорожное покрытие, имеющее выбоины, нестыковки поверхностей, проседания повышают уровень шума.

Тип двигателя. Двигатели разной мощности и вида образуют разные уровни шума.

Планировочные решения территорий. Продольный профиль и извилистость улиц, наличие разноуровневых транспортных развязок и светофоров влияют на характер работы двигателей, а, следовательно, и на создаваемый шум. Высота и плотность застройки определяют дальность распространения шума от магистралей. Так, ширина зон акустического дискомфорта вдоль магистралей в дневные часы может достигать 700 – 1000 м в зависимости от типа прилегающей застройки.

Наличие зеленых насаждений. Со всех сторон проезжей части необходимы санитарно-защитные зоны, в которых высаживают деревья. Так создаются препятствия для распространения шума на близлежащие территории. Также в районах с загрязненным воздухом высокая заболеваемость органов дыхания, кожными и другими заболеваниями. Деревья активно очищают атмосферный воздух. Одно дерево средней величины восстанавливает количество кислорода, необходимое для дыхания 3 человек, а 1 га зеленых насаждений в течение часа поглощает такое количество углекислого газа, какое вдыхают 200 человек [24].

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Свойства растений поглощать газы и пыль основаны на фильтрующей и осаждающей способности листьев, ветвей и стволов деревьев [25]. Снижение выбросов вредных веществ при помощи зелёных насаждений наиболее эффективно в летний период. Так трёхрядная посадка деревьев с двумя рядами кустарника, высотой 1,5 м, на полосе, шириной до 20 м способная снизить уровень загрязнения до 50 %. Данный вид озеленения нередко применяется в городской местности. В загородной среде обитания чаще всего вблизи населённых пунктов используют четырёхрядную посадку деревьев с кустарниками, высотой 1,5 м на полосе, шириной до 50 м, при этом поперечный профиль шумозащитной полосы должен иметь форму треугольника с более пологой стороной, обращённой к проезжей части. При этом необходимо использовать деревья, обладающие наибольшей устойчивостью к выхлопным газам автомобиля. Из хвойных пород деревьев таковыми являются лиственница сибирская, сосна обыкновенная, ель, из лиственных: тополь белый, дуб черешчатый, липа сердцевидная, берёза повислая, клён ясенелистный, из кустарников: кизильник блестящий, шиповник майский, бирючина обыкновенная. Кроме того, кроны лиственных деревьев поглощают до 26 % падающей на них звуковой энергии [26]. В таблице 4.1 представлены величины снижения уровня шума различными типами зеленых насаждений.

Таблица 4.1 – Величины снижения уровня шума различными типами зеленых насаждения

Состав посадок	Ширина посадок, м	Снижение уровня шума за полосой, дБА			
		Интенсивность движения, авт/ч			
		До 60	До 200	До 600	До 1200
1. Три ряда лиственных пород (клен остролистный, вяз, липа мелколистная, тополь бальзамический) с кустарником в виде живой изгороди или подлеска (клен татарский, спирея калинолистная)	10	6	7	8	8

Продолжение таблицы 4.1

2. Четыре ряда лиственных пород (липа мелколистная, клен остролистный, тополь бальзамический) с кустарником в виде двухъярусной изгороди (акация желтая, спирея, гордовина, жимолость татарская)	15	7	8	9	9
3. Четыре ряда хвойных пород (ель, лиственница) шахматной посадки с двухъярусным кустарником (терн белый, клен татарский, акация желтая, жимолость)	15	13	15	17	18
4. Пять рядов лиственных пород (аналогично п. 2)	20	8	9	10	11
5. Пять рядов хвойных пород (аналогично п. 3)	20	14	16	18	19
6. Шесть рядов лиственных пород (аналогично п. 2)	25	9	10	11	12

Шум снижает производительность труда. При работах, требующих повышенного внимания, при увеличении уровня звука от 70 до 90 дБА снижается производительность труда на 20%.

Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, снижение памяти. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость.

Установлено, что чрезмерные уровни шума влияют на работоспособность людей. При физическом труде она снижается на 30%, при умственном – на 60%. Воздействие шума на вегетативную нервную систему проявляется даже при небольших уровнях шума (40 – 70 дБА) и не зависит от субъективного восприятия шума человеком.

В таблице 4.2 представлено количество шумового загрязнения различными видами транспортных средств [27].

Таблица 4.2 – Шумовое загрязнение природной среды транспортно-дорожным комплексом

Источник транспортного шума	Уровень звука, дБА при скорости 40 км/ч
Трамвай	75 – 96
Грузовой автомобиль	85 – 96
Легковой автомобиль	65 – 88
Автобус	80 – 95
Мотоцикл	86 – 108
Мопед	73 – 79

Автомобильный транспорт является причиной шумового загрязнения 80% территории городов. Сложившаяся ситуация осложняется тем, что эксплуатируемый на дорогах Российской Федерации автотранспорт не отвечает требованиям европейских стандартов (25 - 30 % эксплуатируемых автомобилей не соответствует установленным экологическим нормам), продолжает оставаться низким качество автомобильного топлива.

Многие автомобильные дороги располагаются возле жилых домов и уровень шума в этих жилых застройках превышает нормы на 5-30 дБ. Чем больше город, тем больше количество населения, проживающее в условиях шумового дискомфорта. В российской федерации в зоне шумового загрязнения живет 34 миллиона человек.

Факторы окружающей среды, так же, как и социальные факторы, вносят значительный вклад в показатели заболеваемости и смертности населения и влияют на демографическую ситуацию в Челябинской области. По укрупненным расчетам под воздействием загрязняющих веществ атмосферного воздуха (концентрация > 0,1 ПДК) находится более 1 300 000 человек. Это 40,4 % населения Челябинской области [28].

4.3 Обеспечение безопасности движения при производстве дорожных работ

При организации движения в местах производства дорожных работ должны использоваться все необходимые технические средства, предусмотренные утвержденной схемой организации движения и ограждения места производства дорожных работ.

К обустройству участка работ временными знаками, ограждениями и другими техническими средствами следует приступать только после согласования схемы с органами ГИБДД и ее утверждения руководителем организации, в ведении которой находится автомобильная дорога.

К выполнению дорожных работ, в том числе размещению дорожных машин, инвентаря, материалов, нарушающих режим движения, разрешается приступать после полного обустройства места работ всеми необходимыми техническими средствами организации дорожного движения.

Перед началом работ рабочие и машинисты дорожных машин должны быть проинструктированы по технике безопасности и ознакомлены со схемой организации движения на месте работ, с применяемой условной сигнализацией, подаваемой жестами и флажками, с порядком движения дорожных машин и транспортных средств в местах разворота, въездах и съездах, местах складирования материалов и хранения инвентаря.

Применяемые при дорожных работах временные технические средства организации движения должны устанавливаться и содержаться за счет организаций, производящих дорожные работы.

Расстановку знаков, ограждающих и направляющих устройств необходимо осуществлять с конца участка, наиболее удаленного от зоны производства работ, причем в первую очередь со стороны, свободной от дорожных работ. Сначала устанавливают дорожные знаки, затем ограждающие и направляющие устройства. Снятие знаков, ограждающих и направляющих устройств производят в обратной последовательности.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Как правило, дорожные машины и оборудование на период темного времени суток, если в этот период не проводятся работы, должны быть убраны за пределы земляного полотна или проезжей части улицы. Как исключение, их можно размещать не ближе 1,5 м от границы ближайшей полосы, по которой осуществляется движение, при этом дорожные машины должны быть ограждены с обеих сторон блоками или барьерами с сигнальными фонарями красного цвета и дорожными знаками.

В населенных пунктах машины и оборудование в темное время суток следует размещать на прилегающих дворовых территориях или местных проездах, имеющих электрическое освещение.

Рабочие, выполняющие дорожные работы, должны быть обеспечены специальной одеждой (жилетами) ярко-оранжевого цвета со световозвращающими вставками.

В случае устройства объездов, изменения маршрутов движения или ухудшения условий движения общественного транспорта по ремонтируемому участку владелец дороги должен заблаговременно извещать автотранспортные предприятия о месте и сроках выполнения дорожных работ через средства массовой информации.

Исполнитель непосредственно перед началом работ должен информировать (уведомить) ГИБДД о начале работ [29].

4.4 Обеспечение безопасности рабочих при выполнении работ по реконструкции перекрестка

Главным правилом для сохранения жизни и здоровья работников дорожных служб является ограничение движения транспортных средств, в том месте, где будут проводиться дорожные работы.

Реконструкцию желательно проводить в ясную погоду и светлое время суток. Участок, за которым находится бригада рабочих, должен быть перекрыт транспортным средством с соответствующими знаками (разрешенная скорость, проведение дорожных работ и направление объезда препятствия). Знаки должны

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

иметь подсветку для улучшения видимости. На транспортном средстве должен быть установлен проблесковый маячок оранжевого цвета.

Все работники обязательно должны иметь хорошо заметную одежду со световозвращающими вставками. Участок, на котором проводятся работы, должен быть огражден дорожными конусами, а еще лучше водоналивными барьерами. Работать разрешается только исправной техникой и инструментом. Все работники обязательно должны проходить ежегодную проверку знаний, также проходят инструктаж по действующим в организации документам охраны труда.

Нельзя допускать к работе несовершеннолетних или людей, не прошедших медицинский осмотр. При работе с битумоварками, рециклерами или горелками особое внимание стоит уделить и пожарной безопасности. На месте проведения работ обязательно должно иметься несколько огнетушителей [30].

Выводы по разделу четыре

Безопасность жизнедеятельности на автомобильном транспорте играет важную роль в жизни человека, региона и страны. В условиях загазованности, шума, вибрации и других производственных факторов работают миллионы людей. С помощью такой науки, как безопасность жизнедеятельности, разрабатываются меры защиты человека и среды обитания от негативных воздействий, а также меры по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной задачей выпускной квалификационной работы являлось исследование дорожного и пешеходного трафика с целью обоснования эффективности использования дорожной инфраструктуры и организации дорожного движения.

В результате обследования перекрестка были выявлены полосы с загрузкой 80-90% от максимально возможного, а также полосы, с пропускной способностью 30-40% (учитывается в состоянии затора). В работе определено, что левоповоротная полоса в направлении на запад, обеспечивает проезд автомобилей в единицу времени в 2-3 раза больше, чем левоповоротная полоса в направлении на восток. Выявлена полоса для движения прямо в направлении на запад с наименьшим показателем пропускной способности.

Направления на юг и север имеют хорошие показатели пропускной способности и обеспечивают до 90 % от максимально возможной теоретической пропускной способности. Тем не менее, заторная ситуация на перекрестке, сохраняется не только в пиковые часы, а практически в течение всего дня.

При определении экономического эффекта была рассчитана стоимость проезда на 1000 автомобилей с учетом строительства и содержания автомобильных полос на перекрестке. Было приведено сравнение стоимости проезда 1000 приведённых автомобилей по каждой полосе. Было выявлено, что стоимость инженерных и организационных решений в рамках одного перекрестка отличается в разы. Данный подход на основе оценки стоимости проезда транспорта позволяет выявить недостатки существующей сети и прогнозировать эффективность бедующих решений.

Системный динамический мониторинг дорожного трафика на основе компьютерного зрения, дает новые большие возможности для оценки эффективности организационных, инженерных решений и создания комфортной и безопасной жизни для людей.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Показатель обеспеченности автомобилями на 1000 человек. – <https://www.autostat.ru/press-releases/29680/>.
- 2 Рост уровня автомобилизации. – <https://www.autonews.ru/news/5825a3369a79474743126ff2?ruid=NaN>.
- 3 Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов: Учебное пособие. Издательство АСВ, – М., 2007. – с. 288.
- 4 Воздействие шума на человека. – https://studwood.ru/1540700/bzhd/vozdeystvie_shuma_cheloveka.
- 5 Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев: Учеб. Для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с., с. 213-214.
- 6 Определение «перекрёсток». – <https://pdd-russia.com/pdd-russia/pdd/1-obshhie/polozhenija.html>
- 7 Яндекс.Карты. – <https://yandex.ru/maps/56/chelyabinsk/?ll=61.377479%2C55.160465&z=14>.
- 8 Распознавание образов. – <http://robotclass.ru/распознавание-образов-с-чего-начинат/>.
- 9 An innovative road marking quality assessment mechanism using computer vision. – <https://journals.sagepub.com>.
- 10 Компьютерное зрение. – <https://habr.com/ru/post/350918/>.
- 11 Строительные нормы и правила, автомобильные дороги. – <http://снп.рф/snip/view/93>.
- 12 Ширина проезжей части за рубежом. – <https://roads.ru/forum/topic/30903-pochemu-shirinu-polos-mozhno-i-nuzhno-umenshat-do-3-325-m/>.
- 13 Сужение полос. – <http://www.1gai.ru/baza-znaniy/zakonodatelstvo/520562-pochemu-vlasti-reshili-suzit-polosy-na-doroge-po-vsey-strane.html>.
- 14 «Интерсвязь». – <https://stream1.is74.ru/on/>.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

15 Pattern recognition and bionic manipulator driving by surface electromyography signals using convolutional neural network. – <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1729881418802138>.

16 Highways The Location Design Construction and Maintenance of Road Pavements (Alan Woodside, David Woodward, Coleman A. O'Flaherty). – <http://bookre.org/reader?file=611281&pg=2>.

17 Доклад о стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, ремонта и содержания 1 км автомобильных дорог общего пользования Российской Федерации (2016 год). – <https://www.mintrans.ru/documents/8/9150>.

18 Министерство дорожного хозяйства и транспорта Челябинской области. – <http://mindortrans74.ru>.

19 ОДМ 218.6.029-2017 Рекомендации по установлению гарантийных сроков конструктивных – элементов автомобильных дорог и технических средств организации дорожного движения. – <http://docs.cntd.ru/document/556279835>.

20 Определение «островков безопасности». – <https://avto-urist.online/ostrovok-bezopasnosti-pdd/>.

21 Ширина островка безопасности. – <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-52766-2007>.

22 Безопасность жизнедеятельности в дипломных проектах: учебное пособие/ В.Н. Бекасова, С.И. Боровик, Н.В. Глотова и др.; под ред. И.С. Украинской. -Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. - 166 с.

23 В.С. Кланица. Охрана труда на автомобильном транспорте: учеб. пособие для нач. проф. образования / В. С. Кланица. — 6-е изд.,стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2013 — 176 с.

24 Постановление главного государственного санитарного врача РФ. – <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293745/4293745652.htm>.

25 ОДМ 218.011-98 Автомобильные дороги общего пользования. Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог. – <http://docs.cntd.ru/document/1200006888>.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

26 Чиркова А. И., Литвинов П. В. Зелёные насаждения как метод защиты от шума и вредных выбросов двигателей внутреннего сгорания в сельской местности // Молодой ученый. — 2017. — №11. — С. 173-176.

27 Front-Line Worker Engagement: Greening Health Care, Improving Worker and Patient Health, and Building Better Jobs. – <https://journals.sagepub.com>
Laura Chenven Danielle Copeland.

28 Доклад во исполнение Федерального Закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ, постановления Правительства Челябинской области от 22.10.2013 г. № 357-П в рамках государственной программы Челябинской области «Охрана окружающей среды Челябинской области» на 2014–2019 годы. – <http://www.mineco174.ru/htmlpages/Show/protectingthepublic/2016>.

29 Обеспечение безопасности движения при производстве дорожных работ. – <https://files.stroyinf.ru/Data1/57/57178/#i115469>.

30 ОДМ 218.6.019-2016 Рекомендации по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ. – <http://docs.cntd.ru/document/1200132956>.

					23.03.01.2019.238.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73