

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

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент,

_____ 2019 г.
«__»_____

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ Ю. В. Рождественский
«__»_____ 2019 г.

Оптимизация пути движения пешеходов на перекрестках с целью повышения
безопасности пешеходов и пропускной способности транспортного потока

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–23.04.01.2019.078.ПЗ ВКР

Руководитель работы,
профессор

_____ В. А. Городокин
«__»_____ 2019 г.

Автор работы
студент группы П-215

_____ Е. С. Загребина
«__»_____ 2019 г.

Нормоконтролёр, доцент

_____ П. Н. Баранов
«__»_____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Загребина Е.С. Оптимизация пути движения пешеходов на перекрестках с целью повышения безопасности пешеходов и пропускной способности транспортного потока. – Челябинск: ЮУрГУ, П–215, 2019, 72 с., 44 ил., 8 табл., библиогр. список – 25 наим.

Целью данной выпускной квалификационной работы является оптимизация пути движения пешеходов на пересечении улиц Гагарина и Дзержинского.

В рамках данной работы был проведен анализ об уровне автомобилизации в городе Челябинске. Также, было проанализирован уровень аварийности в г. Челябинске и на исследуемом перекрестке.

В выпускной квалификационной работы был проанализирован в том числе международный опыт по обеспечению безопасности пешеходов на пешеходных переходах и выбран наиболее оптимальный вариант для внедрения на перекрестке.

В данной работе были представлены недостатки существующей схемы организации дорожного движения на пересечении улиц Гагарина и Дзержинского.

После исследования перекрестка на предмет недостатков, была представлена схема организации дорожного движения на перекрестке и подробно изложены все предлагаемые мероприятия для оптимизации транспортных потоков.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 АВТОМОБИЛИЗАЦИЯ	8
1.1 Автомобилизация как важный аспект жизни человека.....	8
1.2 Автомобилизация в Российской Федерации и в мире.....	10
1.3 Автомобилизация в Челябинске	12
Выводы по разделу один	14
2 АВАРИЙНОСТЬ	16
2.1 Аварийность в мире	18
2.2 Аварийность в Российской Федерации.....	21
2.2.1 Аварийность на перекрестках.....	22
2.3 Аварийность в городе Челябинске и на пересечении улиц Гагарина и Дзержинского	23
Выводы по разделу два.....	25
3 МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ	26
Выводы по разделу три.....	37
4 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ	38
4.1 Существующая схема организации движения	38
4.2 Анализ пропускной способности.....	39
4.3 Интенсивность транспортных потоков	43
4.4 Конфликтные точки	44
4.5 Диаграмма светофорного регулирования.....	49
4.6 Недостатки существующей схемы организации движения.....	49
4.7 Предлагаемая схема организации дорожного движения	53
4.7.1 Расчет времени основного такта	60
4.7.1 Анализ конфликтных точек после реорганизации	65
Выводы по разделу четыре	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	71

ВВЕДЕНИЕ

Транспорт является одной из важнейших сфер государства, которая обеспечивает не только потребности населения, но и потребности государства в перевозках. Транспорт образует «каркас» территории и является крупнейшим компонентом всей инфраструктуры, он служит материально-технической базой для формирования и развития территориального разделения труда. Оказывая значительное влияние на динамичность и эффективность социально-экономического развития отдельных регионов и страны в целом, транспорт, однако, относится к числу секторов повышенной опасности. Аварийность на автомобильном транспорте, к сожалению, сегодня достаточно высока.

Аварийность на автомобильном транспорте является одной из наиболее острых социально-экономических проблем, с которыми сталкивается большинство стран. Каждый год в результате дорожно-транспортных происшествий (аварий) более 10 миллионов человек в мире погибают и получают ранения. По данным Всемирного банка, несчастные случаи наносят большой социальный и экономический ущерб обществу, глобальные экономические потери составляют около 500 миллиардов долларов в год.

Постоянное увеличение мирового автопарка ставит перед человечеством серьезные проблемы, связанные с предотвращением аварий и в то же время обеспечением высоких скоростей. Обеспечение безопасности дорожного движения и качества дорог является основной задачей организации дорожного движения. Что, в частности, относится и к пересечению улиц Гагарина и Дзержинского в городе Челябинск.

На пересечении улиц Гагарина и Дзержинского существуют проблемы в области организации движением, а именно, высокий уровень аварийности данного перекрестка, и, вследствие, недостаточная безопасность пешеходов, пересекающих данный перекресток, и низкая пропускная способность улично-дорожной сети.

Целью данной работы является оптимизация пути движения пешеходов на пересечении улиц Гагарина и Дзержинского.

Объектом работы является пересечение улиц Гагарина и Дзержинского, город Челябинск.

Задачи, решаемые в данной работе:

– повышение безопасности пешеходов, пересекающих данный перекресток улиц Гагарина и Дзержинского, путем внедрения ступенчатых (зигзагообразных) пешеходных переходов, использование огороженных «островков безопасности»;

– снижение уровня аварийности;

– увеличение пропускной способности транспортного узла с помощью использования технических средств организации дорожного движения: дорожной разметки, дорожных знаков, создания для общественного транспорта «заездных карманов» необходимого размера.

1 АВТОМОБИЛИЗАЦИЯ

1.1 Автомобилизация как важный аспект жизни человека

В наше время автомобильная промышленность уверенно занимает лидирующие позиции, вбирая в себя достижения техники и технологии и преобразуя их для нужд своего производства. В дополнение к своему экономическому значению, автомобильная промышленность также способна изменить образ жизни и изменить восприятие мира людьми.

Уровень автомобилизации – является одним из экономических показателей, оценивающих развитие транспортной системы страны, экономику в целом, а также социальное развитие общества. Автомобилизация – это сложный социально-экономический процесс, связанный с увеличением количества автомобилей и повышением их роли в обществе. Уровень автомобилизации населения измеряется количеством индивидуальных легковых машин на 1000 жителей.

Включение автомобиля в нашу жизнь привело к фундаментальным изменениям стиля и скорости, которые послужили основой для изменения сознания значительной части населения мира. Автомобиль принёс с собой не только повышение скорости передвижения, но и независимость, самостоятельность в решении проблемы мобильности отдельного человека.

В то же время транспортные проблемы, присущие городам и вызванные чрезмерным развитием автомобильной промышленности, вышли на первый план. Огромное количество автомобилей в крупных городах вызывает постоянные заторы на улицах. Автомобили сжигают огромное количество ценных нефтепродуктов, одновременно нанося значительный ущерб окружающей среде. Использование автомобиля, с одной стороны, облегчало жизнь людям, а с другой – отравляло его в прямом смысле этого слова.

Рост пыли, взвешенной в воздухе и осажденной на поверхности, обусловлен повышенным износом асфальтового покрытия дорог из-за

использования шипованных шин, а также парковкой на газонах и других не предназначенных для этого местах.

В крупных городах, транспортные потоки растут вместе с ростом городов из-за стихийного, не подчиненного рациональному планированию размещения жилых и промышленных зон. Распространение пригородного образа жизни ведет к увеличению числа частных автомобилей. Их потоки, затопляя уличную сеть, не рассчитанную на такие потоки, делают движение по городу в часы пик крайне медленным. Более того, подавляющее большинство автомобилей расположено во дворах жилых домов, зачастую на газонах и площадках отдыха. Автомобили также оставляют на проезжей части улиц, что усложняет городское движение, становясь причинами ДТП.

Как и любая часть прогресса, автомобилизация несет в себе как негативные, так и положительные аспекты.

Положительные стороны автомобилизации:

1. Увеличение мобильности населения. Это возможность передвижения людей не только по стране и области, но также и по городу. Не во всех городах имеется хорошо развитая наземная и подземная транспортная сеть и поэтому добраться до некоторых мест возможно лишь с помощью автомобиля.

2. Рост благосостояния населения. Автомобиль является не только средством передвижения, но и предметом роскоши, также он служит для определения статуса человека. В мире выпускается множество моделей автомобилей, какие-то из них более бюджетные, другие могут позволить только люди с хорошим достатком.

3. Рост автомобилизации приводит к развитию автомобильной промышленности. С каждым годом устанавливаются новые стандарты для автомобилей. Поэтому, чтобы им соответствовать, происходит модернизация авто. Вводятся различные инновации, как в сам автомобиль, так и в технологию его производства. Автомобилестроение является одной из ключевых отраслей страны, оно влияет на научно-технический прогресс, на экономику страны, а

также на социальное развитие общества. Увеличивается занятость населения, как в производстве автомобилей, так и в сферах их обслуживания.

Автомобилизация – необратима, она является составляющей прогресса, поэтому, как и любое другое развитие или улучшение влечет за собой не только положительные, но и отрицательные воздействия. А для того чтобы уменьшить негативные последствия, необходимо проводить различные мероприятия, экологической, экономической и социальной направленности [1].

1.2 Автомобилизация в Российской Федерации и в мире

Уровень автомобилизации населения России с каждым годом растет, в результате чего уменьшается пропускная способность автомобильных дорог, увеличивается объем выбросов вредных веществ в атмосферу, увеличивается количество заторов, количество дорожно-транспортных происшествий и расход горюче-смазочных материалов. И из этого можно сделать вывод: наряду с увеличением количества транспортных средств в стране растет и число несчастных случаев, число пострадавших пешеходов и количество травм, приходящихся на них, неизбежно увеличивается.

Согласно исследованию аналитического агентства «Автостат» [2] на начало 2015 г. обеспеченность легковыми автомобилями в России составила в среднем 284 автомобиля. По состоянию на 1 июля 2016 г. этот показатель составлял 285 единиц на тысячу жителей, а на 1 июля 2017 года их было уже 290, по состоянию на 1 января 2018 года среднее количество автомобилей в России составляет 293 единицы на 1000 жителей (график роста автомобилизации представлен на рисунке 1.1). В то же время в 38 регионах страны этот показатель выше общенационального. Тверская область – лидер, который имеет самый большой запас легковых автомобилей в стране – 393,1 единицы на 1000 человек. За ней следуют Псковская и Калининградская области (393,1 и 387,6 единиц соответственно), несколько уступающие им подмосковные (примерно по 350

единицы). Происходит постепенное, но все же увеличение обеспеченности населения автомобилями.

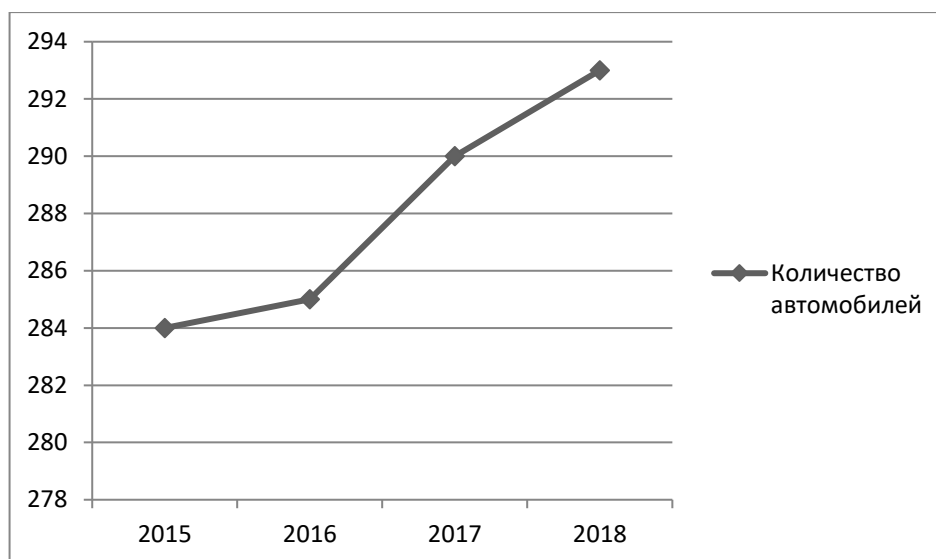


Рисунок 1.1 – График роста автомобилизации в России

В таблице 1.1 представлена автомобилизация регионов России за последние 8 лет по данным Федеральной службы государственной статистики [3].

Таблица 1.1 – Автомобилизация регионов за последние 8 лет, количество автомобилей на 1000 жителей

Регион России	Года				
	2010	2013	2014	2016	2018
Карелия	264,1	330,1	346,6	386,5	380,3
Псковская обл.	221,7	345,3	371,5	382,1	393,1
Калужская обл.	229,5	290,3	306,0	313,0	336,9
Московская обл.	293,2	330,6	337,8	336,4	341,0
Калининградская обл.	283,4	330,3	332,7	384,3	387,6
Рязанская обл.	272,4	320,8	333,1	312,2	362,7
Орловская обл.	213,1	302,5	309,9	320,4	318,4
Мурманская обл.	247,9	307,1	297,5	305,3	312,9
Тверская обл.	218,7	340,5	363,8	388,3	402,0

Сахалинская обл.	291,0	319,3	332,2	316,5	321,8
Челябинская обл.	228,7	309,1	300,3	302,7	311,3

Страны Западной Европы по уровню автомобилизации населения опережают Россию примерно вдвое. Исландия лидирует по этому показателю, где на 1000 жителей приходится 758 автомобилей. Среди крупнейших автомобильных рынков Европы также стоит отметить Италию (705 автомобилей), Испанию (588), Францию (581) и Германию (579). А Соединенные Штаты являются лидером среди мировых держав в области количества автомобилей – на 1000 американцев приходится 801 автомобиль.

Россия в рейтинге обеспеченности стран автомобилями занимает только 52-ю строчку. До России такие страны, как Израиль (50-е место) и Ливия (51-е) с обеспеченностью в обеих странах – 333 автомобиля на тысячу жителей. Сразу после этого на 53-й позиции – Иордания, за ней – Тайвань (307 единиц), Аргентина (279 единиц), Тринидад (278 единиц). Если посмотреть на показатели стран бывшего СССР, то здесь Россия не попадает в тройку лидеров. Лидируют бывшие прибалтийские республики, Литва занимает 13-е место в мировом рейтинге (638 единиц), Эстония – на 31-м (524 единицы), а Латвия – на 47-м (344 единицы). Казахстан (270 единиц) был бы самым близким к России с точки зрения автомобильной безопасности.

По данным Автостата, даже при отсутствии роста на российском авторынке уровень владения автомобилями в России будет неуклонно расти, и примерно через 8–10 лет он будет ближе к показателям стран Восточной Европы – 400 автомобилей на 1000 жителей [2].

1.3 Автомобилизация в Челябинске

На территории Челябинской области зарегистрированы в ГИБДД 1 млн. 78,5 тысяч машин по данным аналитического агентства «Автостат» на 2018 год, что составляет 2,5% от общего числа автомобилей в России [2].

Протяженность всей дорожной сети Челябинска равняется 1103 км, что включает в себя и дороги с улучшенным покрытием, которые предназначаются для передвижения современных ТС.

Транспортная ситуация в городе с каждым годом усложняется. Темпы роста количества транспортных средств опережают темпы развития дорожной сети города. В таблице 1.2 представлена автомобилизация в городе Челябинске за последние 8 лет [3], а на рисунке 1.2 приведен ее график.

Небольшое количество магистральных улиц в городе и отсутствие дублирующих магистральных улиц привели к чрезмерной концентрации потоков на ограниченном участке общегородских магистральных улиц в центральной части города – Свердловском проспекте, проспекте Ленина, ул. Воровского, проспекте Победы. На этих магистральных улицах наблюдается заметное снижение скорости движения, частые заторы, ухудшение общего экологического состояния города. Приоритетной задачей для властей Челябинской области является сокращение автомобилизации для решения экологических проблем. При уменьшении количества машин, должно сократиться количество выбросов в атмосферу и это все поспособствует улучшению экологического состояния города, которое является на данный момент одной из главных проблем.

Таблица 1.2 – Автомобилизация в г. Челябинске

Год	2010	2013	2015	2017	2018
Количество автомобилей на 1000 человек	262,6	264,2	265	269	271

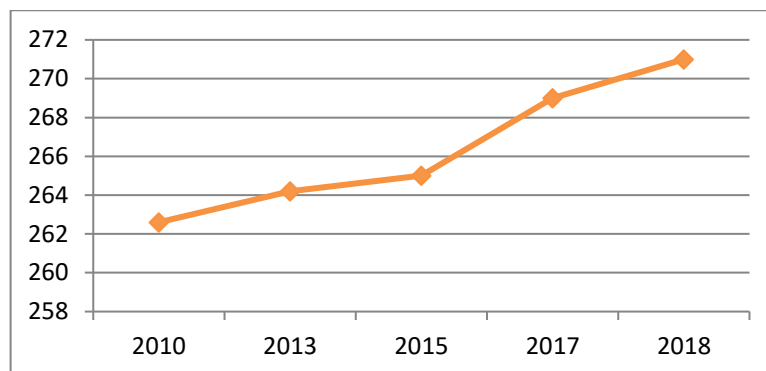


Рисунок 1.2 – Автомобилизация в г. Челябинске с 2010 г.

Для увеличения пропускной способности улично-дорожной сети и повышения безопасности участников дорожного движения реализуются следующие мероприятия: строительство и реконструкция улиц, капитальный ремонт, организация «заездных карманов» и расширений перекрестков, создание дополнительных полос движения и парковочных мест, строительство дублирующих маршрутов, перенаправление пешеходного движения и оборудование «островков безопасности», развитие пассажирского транспорта и интеллектуальной системой управления дорожным движением.

Выводы по разделу один

В данном разделе была рассмотрена автомобилизация, ее положительные и отрицательные стороны, автомобилизация в России и зарубежных странах, и в частности в Челябинске. Как показала рассмотренная статистика, автопарк в России и в Челябинске стремительно растет. Положительное влияние автомобилизации на всеобщий прогресс сопровождается рядом проблем для пешеходов, таких, как увеличение загрязнения окружающей среды, увеличения количества автомобилей ведет к увеличению количества их маневров и, следовательно, к увеличению конфликтов с пешеходами. Также для пешеходов уменьшается время на переход проезжей части из-за большого количества автомобилей.

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что необходима оптимизация улично-дорожной сети Челябинска.

2 АВАРИЙНОСТЬ

Текущая аварийность на автомобильных дорогах является серьезной социальной проблемой для большинства стран и международных организаций, занимающихся вопросами безопасности дорожного движения. Вопросы повышения безопасности дорожного движения, направленные на сохранение жизни и здоровья населения, вышли на первый план в формировании приоритетных направлений государственной политики и стали важным фактором обеспечения устойчивого социально-экономического и демографического развития стран. По прогнозам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), к 2020 году дорожно-транспортный травматизм займет третье место в списке причин смерти, уступив только сердечнососудистым и психоневрологическим заболеваниям. Генеральная Ассамблея ООН назвала рост дорожно-транспортного травматизма и связанную с этим высокую смертность в мире "эпидемией", а на своей 58-й сессии статистику о количестве дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и связанных с ними негативных последствиях – "глобальный кризис" [6].

Уровень аварийности на автомобильном транспорте характеризуется количеством аварий, в которых люди погибли или получили ранения в течение рассматриваемого периода времени. Тяжесть последствий аварий определяется количеством погибших в дорожно-транспортных происшествиях на 100 пострадавших.

Неутешительные показатели дорожно-транспортных происшествий связаны, прежде всего, с низким качеством дорожного покрытия сети, недостаточной подготовкой водителей, плохой дисциплиной участников дорожного движения, плохой общественной осведомленностью о правах в области безопасности дорожного движения, несвоевременной медицинской помощью, оказываемой жертвам дорожно-транспортных происшествий, и требовать срочных действий со стороны всех заинтересованных федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти по повышению безопасности дорожного движения.

Уровень автомобилизации населения увеличивается с каждым годом, в результате чего увеличивается количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и общий уровень аварийности. Последствия аварий различны – от незначительного материального ущерба до массовой гибели людей. Если подвести итог, то можно выделить несколько групп последствий ДТП:

- 1) экологическая опасность (загрязнение почвы, воздуха, водных объектов и другие последствия);
- 2) экономические потери (расходы транспортных компаний на устранение последствий аварии);
- 3) демографические последствия (гибель людей);
- 4) медико-социальные последствия (нарушение здоровья человека);
- 5) материальные последствия (повреждение транспортных средств, грузов, дорожной сети и объектов).

В результате аварий государство и общество несут значительные потери, причем не только физические, материальные, но и моральные. В результате смерти и ранений людей уровень трудоспособного населения снижается, возрастная пирамида страны меняется, продолжительность жизни уменьшается, большое количество людей, включая детей, становятся инвалидами. Государственные и частные компании несут материальные убытки из-за аварий, связанных с восстановлением транспортных средств, дорожных сооружений, утратой или повреждением груза [5].

При анализе аварийности любого перекрестка (а на них наиболее часто возникают «очаги аварийности» в городах) возможно найти закономерности, по которым развивались сценарии дорожно-транспортных происшествий, и в дальнейшем разработать план мероприятий по реорганизации дорожного движения, который поможет оптимизировать движение транспортных потоков данной улично-дорожной сети и, следовательно, снизить аварийность участка. И так необходимо проработать каждый перекресток во всех городах страны.

2.1 Аварийность в мире

По данным Всемирной организации здравоохранения ежегодно в результате дорожно-транспортных аварий обрывается жизнь более 1,25 миллиона человек. При этом общее количество ДТП за год во всем мире составляет 11 365 000 аварий. То есть, каждая 11 авария приводит к смерти человека. Несмертельные травмы получают от 20 до 50 миллионов человек, многие из которых приводят к инвалидности.

Лица, пострадавшие в результате дорожно-транспортных происшествий, их семьи и страна в целом несут значительные экономические потери. Эти потери связаны со стоимостью лечения, а также с потерей производительности тех, кто умер или стал инвалидом из-за травм, а также членов их семей, которым нужно время, чтобы работать на своих раненых родственниках, свободных от работы или учебы. Аварии обходятся большинству стран в 3% от их валового внутреннего продукта.

Более 90% смертей в результате дорожно-транспортных происшествий происходит в странах с низким и средним уровнем дохода. Смертность от дорожно-транспортных травм является самой высокой в Африканском регионе. Даже в странах с высоким уровнем дохода вероятность быть вовлеченным в несчастные случаи выше среди людей с более низкими социально-экономическими ситуациями.

48% всех смертей в результате дорожно-транспортных происшествий в мире происходит среди людей в возрасте 15–44 лет. Мужчины с раннего возраста чаще попадают в аварии, чем женщины. Около трех четвертей (73%) всех случаев смерти в результате дорожно-транспортных происшествий происходят среди молодых мужчин в возрасте до 25 лет, которые почти в три раза чаще погибают в автомобильной аварии, чем молодые женщины.

Как показывает мировой опыт, сегодня многие страны пытаются решить проблему обеспечения безопасности дорожного движения. Например, в соответствии показателей уровня аварийности на 2015 год в Швеции 2,8 смертельных случая в ДТП на 100 тыс. жителей, Норвегии – 3,8, Великобритании – 2,9, Нидерландах – 3,4, Испании – 3,7 смертей в ДТП на 100 тыс. жителей при 18,9 смертельных случая на то же количество жителей в России [6].

Рейтинг стран с самым высоким уровнем смертности в ДТП выглядит следующим образом:

1. Ливия – 73,4 смерти на 100 000 граждан.
2. Венесуэла – 37,2 на 100 000 граждан.
3. Таиланд – 36,2 на 100 000 граждан.
4. Либерия – 33,7 на 100 000 граждан.
5. Демократическая республика Конго – 33,3 на 100 000 населения.

Рассмотрим статистику континентов по ДТП в распределении по участникам дорожного движения за 2015 г (рисунки 2.1, 2.2, 2.3).

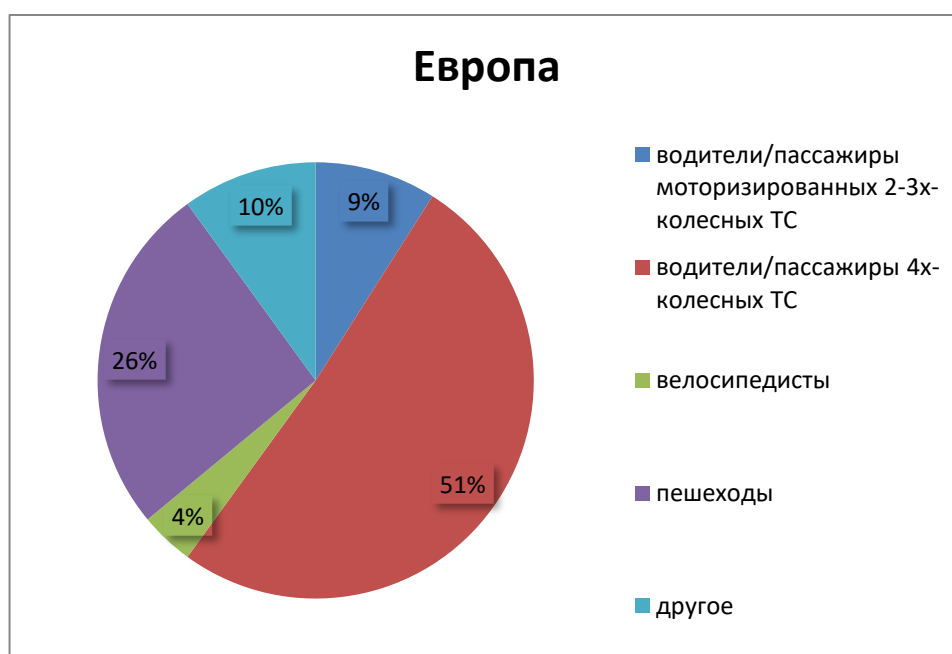


Рисунок 2.1 – Данные по ДТП в распределении по участникам дорожного движения в Европе

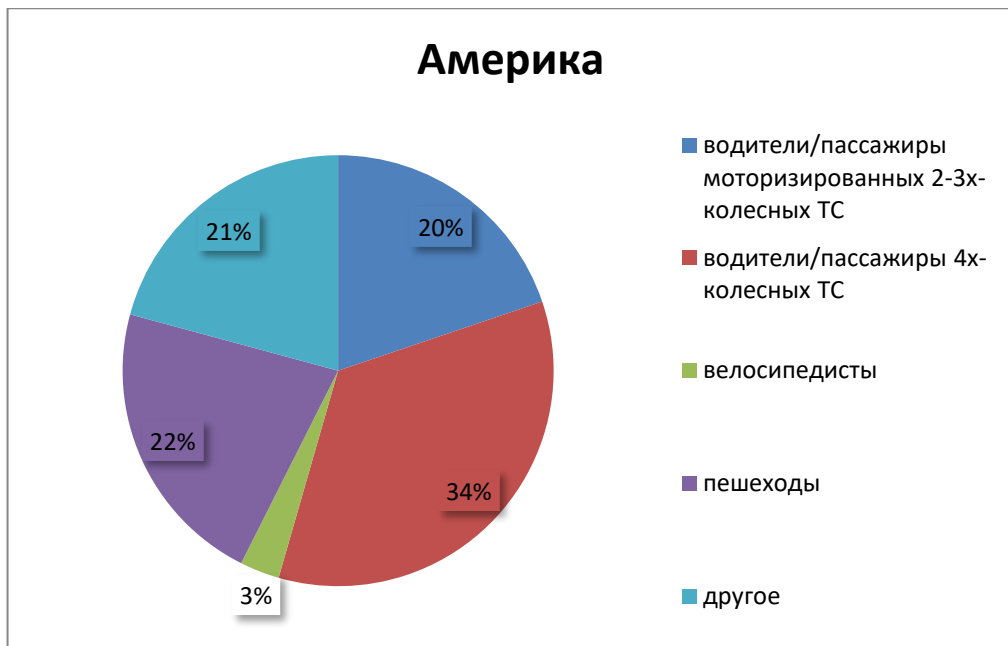


Рисунок 2.2 – Данные по ДТП в распределении по участникам дорожного движения в Америке

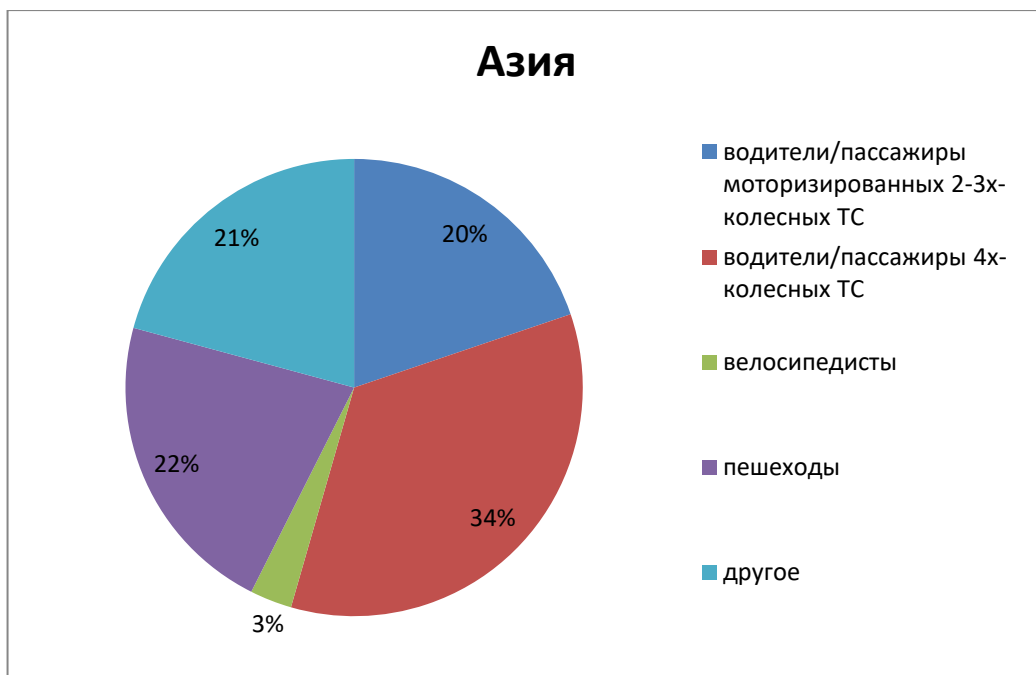


Рисунок 2.3 – Данные по ДТП в распределении по участникам дорожного движения в Азии

Из рассмотренной статистики Европы, Америки и Азии, которые представлены на рисунках 2.1, 2.2, 2.3, можно сделать вывод, наибольший процент погибших приходится на водителей и пассажиров четырехколесных ТС, а также пешеходов.

2.2 Аварийность в Российской Федерации

Статистика дорожно-транспортных происшествий в Российской Федерации показывает, что с 2007 по 2016 год на российских дорогах в результате ДТП погибли 271 тысяча человек, 2,5 миллиона человек получили ранения; пострадали 227 тысяч детей в возрасте до 16 лет, из которых 9 тысяч получили травмы, несовместимые с жизнью. Треть погибших в результате несчастных случаев – люди наиболее активного трудоспособного возраста (26–40 лет), в то время как около 20 процентов жертв становятся инвалидами. В 2016 году, когда уровень аварий был самым низким с 2007 года, на дорогах произошло 173 694 дорожно-транспортных происшествия, в результате которых пострадали 2 244 48 человек, из которых 20 308 человек погибли [3]. Количество происшествий, количество погибших и раненых в них за 2005–2018 годы представлено в таблице 2.1. На рисунке 2.4 представлен график, показывающий данные из таблицы 2.1.

Таблица 2.1 – Количество ДТП в России в 2005–2018 гг. по данным Росстата

Года	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Число происшествий, тыс.	223,3	199,4	184,0	173,7	169,4	168,1
Погибло, тыс. человек	34,0	26,6	23,1	20,3	19,1	18
Ранено, тыс. человек	274,9	250,6	231,2	221,1	215,4	214

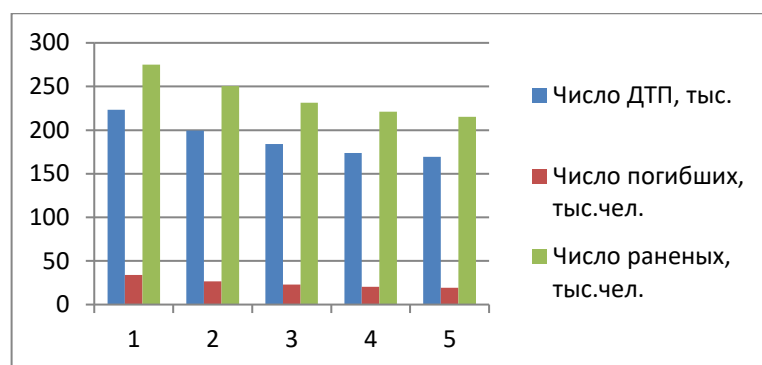


Рисунок 2.4 – Количество ДТП в России с 2010 по 2018 год

Анализируя таблицу и график, становится ясно, что программы ГИБДД по повышению безопасности дорожного движения дают свои результаты. За последние 8 лет количество погибших снизилось с 26,6 тысяч до 18, так же как и количество аварий снизилось на 16%.

2.2.1 Аварийность на перекрестках

На перекрестки в дорожной сети города приходится наибольшее количество «очагов аварийности», что составляет примерно 30% от всего количества ДТП. Большое количество ДТП на перекрестках происходит из-за плохого знания водителями правил проезда регулируемых и нерегулируемых перекрестков.

В таблице 2.2 представлена статистика по ДТП на перекрестках для различных городов в России на 1 июня 2019 года [7].

Таблица 2.2 – Количество ДТП на перекрестках

Наименование города	Кол-во ДТП	Кол-во погибших	Раненых
Москва	94	8	120
Нижний Новгород	42	3	56
Ростов	1218	333	1703
Волгоград и область	377	98	481

Коми	259	61	405
------	-----	----	-----

2.3 Аварийность в городе Челябинске и на пересечении улиц Гагарина и Дзержинского

По данным ГИБДД г. Челябинска статистика ДТП за 2017–2018 года показывает, что аварийность снижается, однако возросла степень тяжести последствий от ДТП, а именно количество погибших на 28% [4]. Статистика приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Статистика ДТП в г. Челябинск за 2017–2018 гг.

Год	Всего ДТП	Погибло	Ранено	Степень тяжести последствий
2017	1872	52	2359	2,2
2018	1772	72	2229	3,1

Пересечение улиц Гагарина и Дзержинского находится в Ленинском районе города Челябинска. Были проанализированы дорожно-транспортные происшествия в Ленинском районе за 2017–2018 года и определен уровень аварийности. Таким образом, было зафиксировано в 2017 году – 281 ДТП, а в 2018 году 263. Аварийность также снижается.

Для большей наглядности аварийность за 2017–2018 гг. в Челябинске представлена на диаграмме на рисунке 2.5.

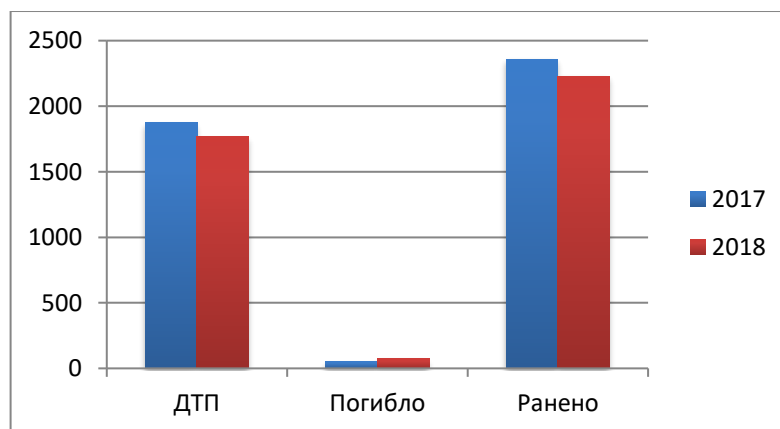


Рисунок 2.5 – Сравнение аварийности

г. Челябинска за 2017–2018 гг.

Однако на перекрестке улиц Гагарина и Дзержинского наблюдается увеличение количества ДТП. В 2017 году было зафиксировано 3 ДТП, в которых ранены 4 человека, а в 2018 – 5 ДТП, раненых – 5 человек, погибших нет. В таблице 2.4 приведены данные по ДТП, произошедшие на перекрестке в 2018 году.

Таблица 2.4 – ДТП, произошедшие на пересечении улиц Гагарина и Дзержинского в 2018 году

Время ДТП	Вид ДТП	Ранено	Погибло	Объект УДС
23:25	Столкновение	1	0	Регулируемый перекресток
0:00	Наезд на пешехода	1	0	Регулируемый перекресток
18:15	Столкновение	1	0	Регулируемый перекресток
0:00	Наезд на пешехода	1	0	Регулируемый перекресток
19:20	Наезд на пешехода	1	0	Регулируемый перекресток

Проанализировав приведенную статистику можно заключить, что аварийность на перекрестке улиц Гагарина и Дзержинского растет, а также сделать вывод, что в видах ДТП преобладают наезды на пешеходов. Следовательно, на перекрестке необходимо внедрять мероприятия по повышению безопасности дорожного движения и улучшению его организации, а приоритет необходимо отдать безопасности пешеходов.

Выводы по разделу два

В России уровень аварийности в последние годы снижается. Количество ДТП в 2015–2018 гг. снизилось на 16000, погибших – на 5000 человек, раненых – на 17000 человек.

В Челябинске аварийность также снижается (в 2017 году – 1872 ДТП, а в 2018 – 1772), однако возросла степень тяжести последствий от ДТП, а именно количество погибших на 28% (с 52 до 72 погибших). В Ленинском районе отмечается снижение количества ДТП.

На пересечении улиц Гагарина и Дзержинского наблюдается увеличение аварийности. В 2017 году было зафиксировано 3 ДТП, в которых ранены 4 человека, а в 2018 – 5 ДТП, раненых – 5 человек, погибших нет.

3 МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

Используя международный опыт, можно создать высокоэффективный инновационный инструмент предупреждения дорожно-транспортных происшествий. Необходимо собрать приоритетные использованные в зарубежной практике методы, приемы, средства (т. е. инструменты решения частных задач), которые могут при незамедлительном внедрении значительно снизить количество аварий на дорогах и пешеходных переходах. Такие методы следует использовать в качестве готовых модулей национальной инновационной системы для обеспечения безопасности дорожного движения.

В зарубежной практике используются различные методы организации движения транспортных и пешеходных потоков, поскольку нет универсального решения этой проблемы. Во многих странах Европы, Северной Америки, Австралии и Новой Зеландии меры по повышению безопасности движения пешеходов находятся в компетенции местных органов власти: они являются частью программ развития и градостроительной документации, разработанной на местном уровне. Кроме того, стандарты для пешеходных коммуникаций разрабатываются муниципалитетами, округами, штатами, округами и другими административными образованиями.

Прежде всего, необходимо обратить внимание на опыт Великобритании, которая на протяжении нескольких десятилетий входит в число стран с самым низким уровнем аварийности на дорогах. Именно в Великобритании большое внимание уделяется техническим стандартам проектирования и обустройства пешеходных переходов.

В Великобритании существует множество типов пешеходных переходов. Так есть, например, переходы – Pelican (рисунок 3.1), они оснащены светофорами с кнопками с каждой стороны дороги, с помощью которых пешеходы могут самостоятельно управлять сигналами светофора.



Рисунок 3.1 – Пешеходный переход
типа Pelican

Отсчет длительности цикла регулирования пешеходного перехода Pelican начинается с нажатия на кнопку. При нажатии на кнопку светофора сигналы переключаются. При включении на светофоре фигурки пешехода красного цвета переход запрещен. Во время включения на светофоре немигающей зеленой фигурки пешехода необходимо сначала убедиться в том, что транспортные средства остановились и только затем начинать переход с соблюдением мер предосторожности. Когда мигает зеленой фигурка пешехода, запрещается начинать переход проезжей части. Если к этому моменту пешеход уже вышел на проезжую часть, у него будет достаточно времени, чтобы безопасно завершить переход проезжей части.

Пешеходный переход типа Puffin похожи на Pelican, но является обновленной версией. Одно из основных отличий состоит в том, что в светофорах отсутствует стадия мигания зеленой фигурки. На данных пешеходных переходах красная и зеленая фигурки расположены выше кнопки включения светофора. Для перехода необходимо нажать кнопку и ожидать появления в светофоре зеленой фигурки. Перекрестки с пешеходными переходами Puffin обустроены специальными датчиками, контролирующими процесс, пока все пешеходы не перейдут дорогу.

На пешеходном переходе типа Toucan (рисунок 3.2) проезжую часть дороги разрешается пересекать и пешеходам, и велосипедистам. Они так же работают от кнопочного управления. Велосипедистам разрешено пересекать дорогу на велосипеде [19].

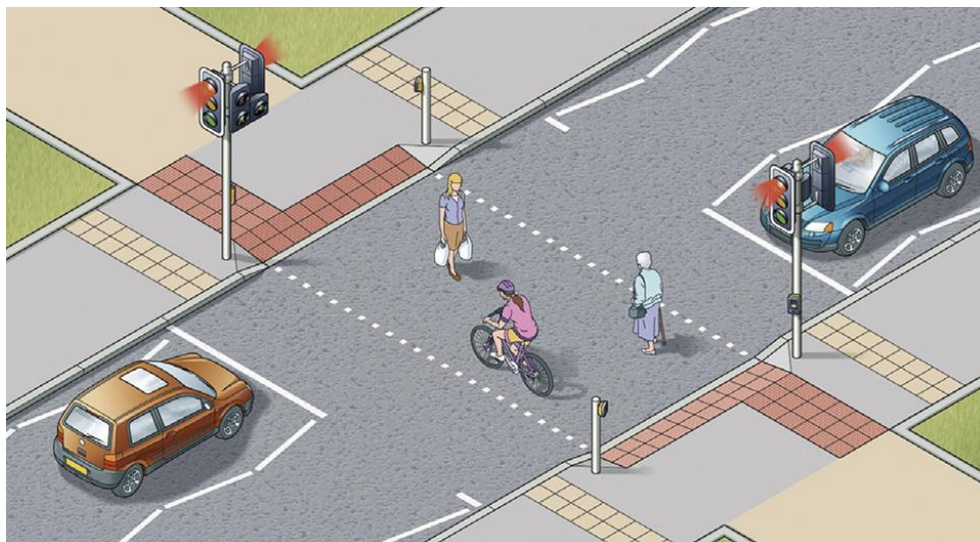


Рисунок 3.2 – Пешеходный переход типа Toucan

Помимо используемых режимов регулирования, на безопасность дорожного движения большое влияние оказывает организация пешеходных переходов, которая включает в себя использование различных типов дорожной разметки, способы установки светофоров, использование островков безопасности и ограждений.

В Великобритании, где традиционно поддерживаются высокий уровень безопасности дорожного движения, в организации пешеходных переходов предпринимается ряд мер, которые повышают безопасность дорожного движения:

- зигзагообразная краевая дорожная разметка, которая указывает на необходимость снижения скорости и размещается по обе стороны от перехода (рисунок 3.3) [20];



Рисунок 3.3 – Зигзагообразная дорожная разметка

– в городских условиях может применяться цветное (красное) покрытие, располагаемое на подходах к перекрестку с каждой стороны (рисунок 3.4);



Рисунок 3.4 – Цветное покрытие, располагаемое на подходах к перекрестку

– включение дополнительной подсветки пешеходных переходов (рисунок 3.5);



Рисунок 3.5 – Дополнительная подсветка дорожных знаков и пешеходных переходов

– в городских условиях применяются пешеходные ограждения, что позволяет сосредоточить движение пешеходов на переходе.

Примером мер, повышающих безопасность движения, являются зигзагообразные переходы Puffin или Pelican (рисунки 3.6, 3.7). Когда переходы с каждой стороны центрального островка безопасности не расположены один за другим, а представляют собой два отдельных перехода. Подойдя к центральному островку, пешеходу необходимо нажать кнопку еще раз и дожидаются появления зеленой фигуры.



Рисунок 3.6 – Зигзагообразный переход с островком безопасности посередине



Рисунок 3.7 – Зигзагообразный переход
с островком безопасности посередине

В Польше интересным решением повышения безопасности пешеходных переходов являются динамические или «активные» дорожные системы. Такие системы включают автоматическое обнаружение пешеходов и активацию световых сигналов для предупреждения водителей о присутствии пешеходов. Таким образом, водители готовы притормозить и более склонны уступать дорогу пешеходам. Целью таких систем является:

- увеличить видимость перехода;
- повысить внимание и концентрацию водителей;
- принудить водителей приближающихся транспортных средств снижать скорость.

Есть несколько примеров динамических систем, основанных на вышеуказанном принципе. Некоторые из этих систем описаны ниже [21].

Первый пример состоит из мигающих желтых огней, установленных поверх существующего дорожного знака «пешеходный переход». Эта система оснащена инфракрасными датчиками движения, которые активируют мигающие желтые предупреждающие огни при обнаружении пешехода в зоне обнаружения (рисунок 3.8). Такие системы доступны на рынке под торговыми марками SignFlash и SeeMe.

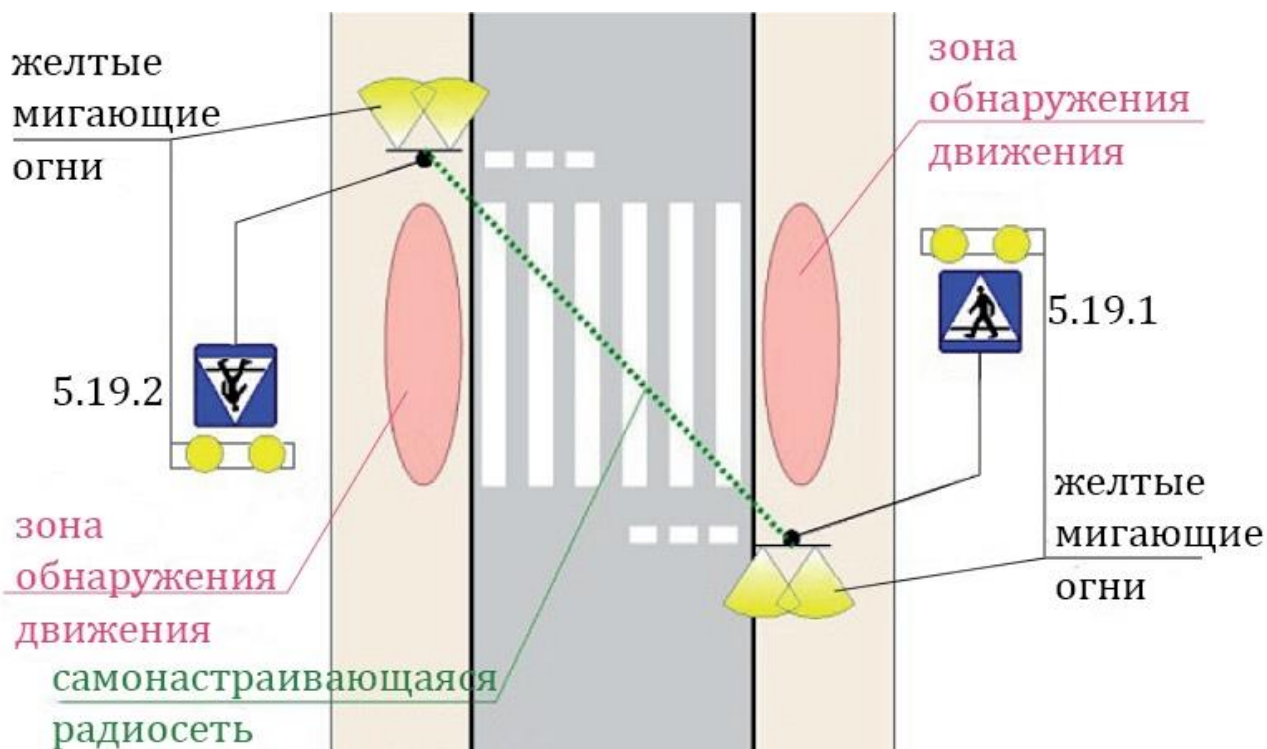


Рисунок 3.8 – Принцип действия динамической системы пешеходного перехода

Другой пример аналогичной системы предупреждения водителей о присутствии пешеходов называется «Välkky». Вместо желтых мигающих огней у дорожных знаков есть сине-белые светодиодные фонари, установленные на существующих столбах знаков «пешеходный переход». Когда пешеходы приближаются к перекрестку, Välkky предупреждает водителей о необходимости уделять больше внимания. На рисунке 3.9 показан принцип действия [22].

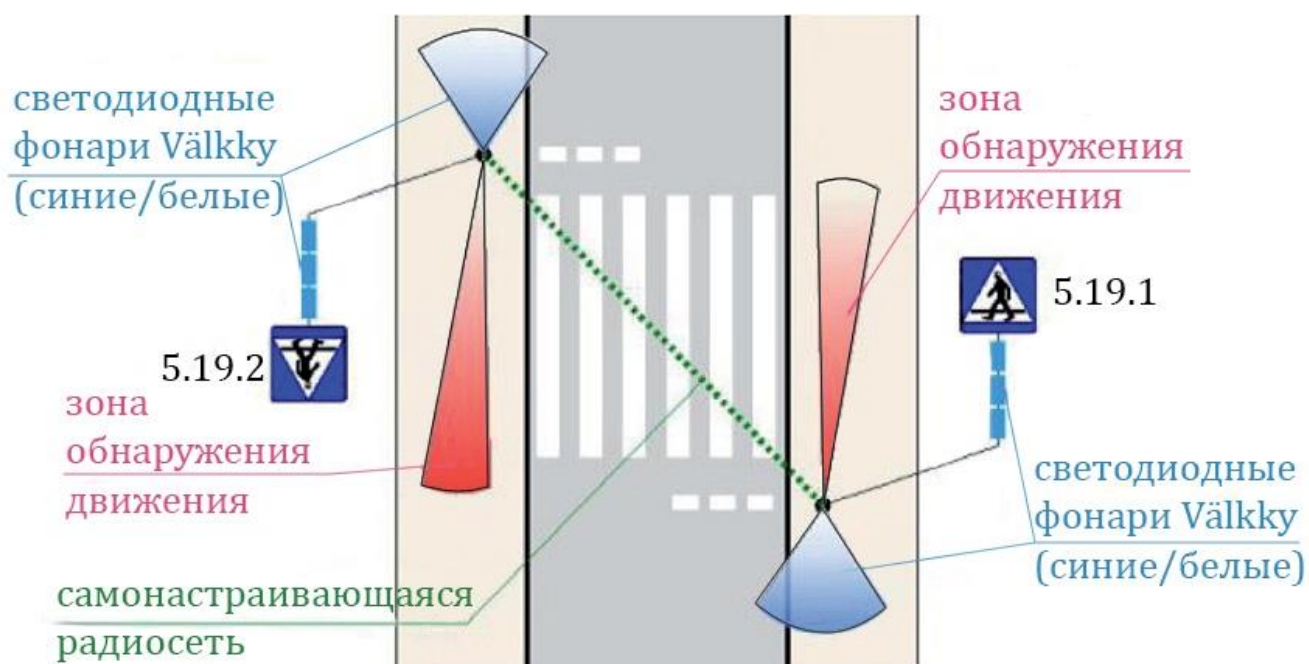


Рисунок 3.9 – Принцип действия системы Välkky

Различные решения динамической системы предупреждения приближения пешеходов включает в себя огни, встроенные в дорожное покрытие на краю перекрестка. На рисунке 3.10 показан пример такой системы: SAFE-2-WALK от фирмы Traficon. Эта система использует видеокамеры для обнаружения пешеходов в заранее определенных зонах. Функция обнаружения пешеходов активирует сигнальные огни, чтобы предупредить автомобилистов о том, что будет использоваться переход. Светодиодные фонари отмечают край пересечения [20].



Рисунок 3.10 – Система SAFE-2-WALK от фирмы Traficon

А также в Польше проблема пешеходных переходов с обычным уличным освещением состоит в том, что оно предназначено для равномерного освещения поверхности дороги, так что любое препятствие на дороге выглядит темным на более ярком фоне.

Этот метод не очень подходит для пешеходных переходов, которые должны освещаться более интенсивно для повышения безопасности. Дополнительное освещение сообщит водителям, что они приближаются к пешеходному переходу. Световой прибор должен равномерно освещать не только зону пересечения, но и часть тротуара, где пешеходы ждут возможности перейти дорогу. Интенсивность света должна быть такой, чтобы пешеходы выглядели ярче, чем темный фон, несмотря на все окружающее освещение.

Существует несколько примеров систем освещения, специально разработанных для пешеходных переходов: «Калипсо Зебра» от фирмы Шредер, ИВС от фирмы Торн, «Futurlux crosswalk» от фирмы АПМ и т. д. Все эти системы работают по принципу асимметричного освещения (рисунок 3.11), который

помогает освещать пешеходов не сверху, а со стороны приближающегося движения [8].

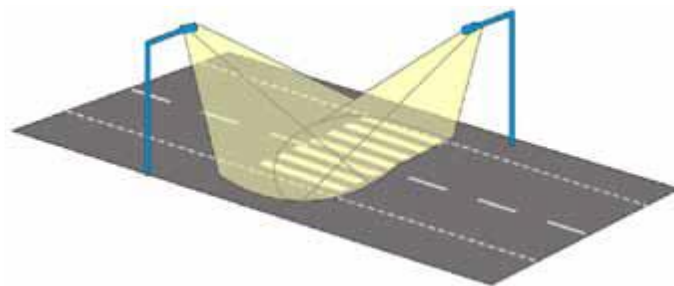


Рисунок 3.11 – Принцип асимметричного перекрестного освещения

В решениях, разработанных Шредер и Торн, используются металлогалогенные лампы мощностью от 100 до 400 Вт. Решение, продаваемое АПМ, использует светодиодные лампы, производящие белый свет высокой интенсивности. Это решение показано на рисунке 3.12.



Рисунок 3.12 – Система освещения Futurlux Crosswalk

В том числе представляет интерес интеллектуальное решение сбора необходимых данных для обеспечения безопасности дорожного движения, которое используется в столице Норвегии Осло: в 55 тысячах уличных фонарей заменили старые неэффективные механические дроссели электронными дросселями Lon, которые реализуют технологию передачи данных по линиям

электросети (Power Line Communications – PLC). Технология PLC позволяет использовать существующую электропроводку, тем самым снижая затраты на монтаж. Управление всеми сегментами системы и регулирование уличного освещения осуществляется через интеллектуальные серверы. Для связи этих серверов создана обширная беспроводная сеть, станция мониторинга которой расположена в Осло [9]. Одной из их задач является собирать информацию о плотности дорожного движения с датчиков.

Другим примером зарубежного опыта организации движения на перекрестке является использование диагонального пешеходного перехода на пересечении.

Такие переходы, называемые «схватка пешеходов» или «Х-переходом», появились в США и Канаде в середине прошлого века (один из первых таких переходов появился в Канаде в 1958 году). Переход на пересечение двух улиц в городе Вашингтоне работает в экспериментальном режиме с 2010 года. Такие пешеходные переходы действуют на нескольких перекрестках в городе Сиэтле. На всех перекрестках установлены знаки «Вы можете идти везде». Первый диагональный пешеходный переход в Европе в самом центре Лондона был открыт в 2009 году (рисунок 3.13). На его создание ушло около пяти миллионов фунтов. По статистике, ежегодно через него проходит около 200 миллионов человек. В Японии около 300 таких переходов. Однако эти переходы не получили широкого распространения [10].



Рисунок 3.13 – Диагональный пешеходный
переход на площади Лондона

Выводы по разделу три

Рассмотренный международный опыт повышения безопасности на пешеходных переходах позволяет сделать вывод о том, как в различных государствах решают проблему безопасности пешеходов и уделяют этому достаточное внимание. И эти мероприятия необходимо применять в России – вызывные светофоры, островки безопасности, увеличение освещения пешеходных переходов, уменьшение времени выхода на проезжую часть, обязанность пешеходов убеждаться в безопасности до достижения островка. Из всех данных мероприятий был выбран для внедрения на пересечении улиц Гагарина и Дзержинского зигзагообразный (ступенчатый) пешеходный переход.

4 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ

В исследовательском разделе приводится схема организации дорожного движения, которая существует на данный момент на пересечении улиц Гагарина и Дзержинского. Рассмотрены недостатки данного перекрестка, проблемы и предлагаются мероприятия для их решения.

4.1 Существующая схема организации движения

Схема организации движения пересечения улиц Гагарина и Дзержинского, которая существует на данный момент, представлена на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Схема перекрестка до реорганизации

4.2 Анализ пропускной способности

Для выявления «часов пик» и в дальнейшем определения интенсивности движения перекрестка Гагарина – Дзержинского был проведен анализ пропускной способности в направлении по улице Дзержинского в сторону улицы Латвийской со стороны моста (запад → восток) с 06:00 до 23:00. А также для определения возможности разрыва пешеходного потока на середине дороги с использованием островков безопасности с целью повышения пропускной способности. По итогам были построены графики количества проезжающих транспортных средств за время разрешающего такта светофора для каждой полосы движения (рисунки 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6).

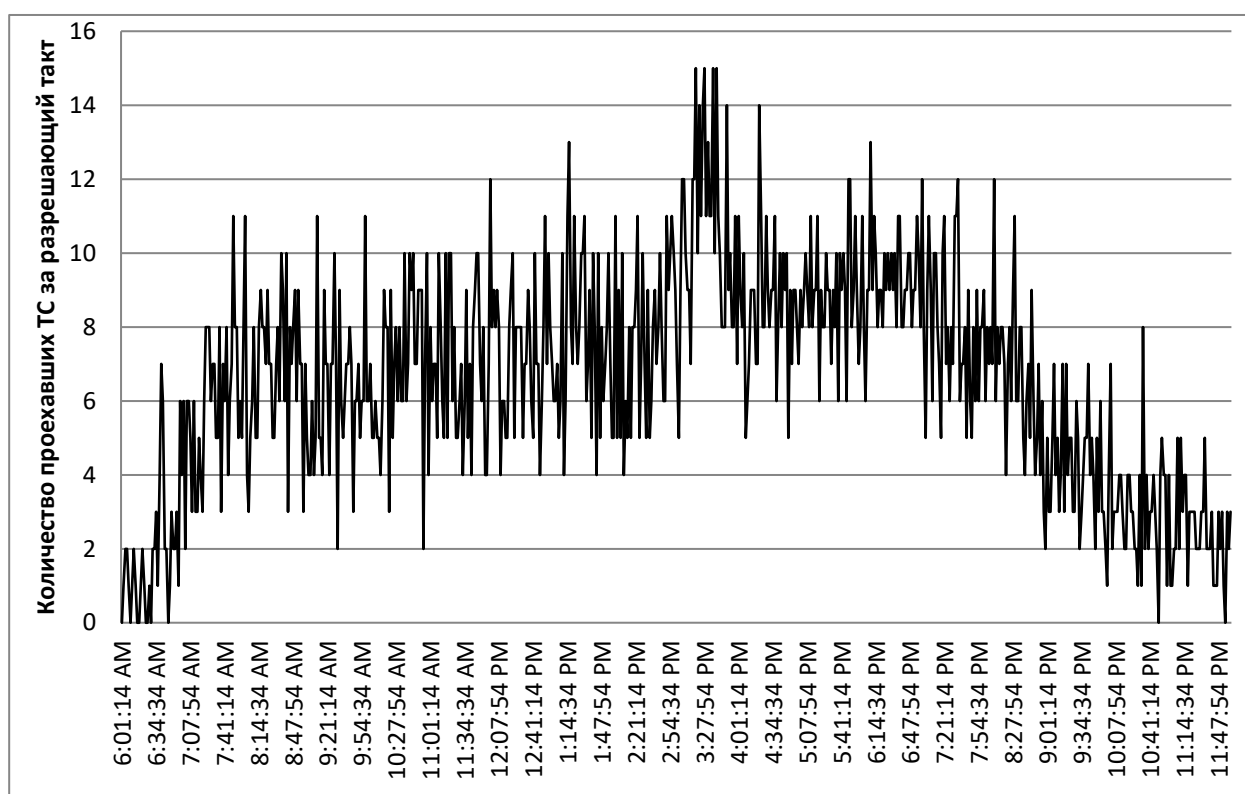


Рисунок 4.2 – График количества проезжающих ТС по пятой полосе (налево (L))

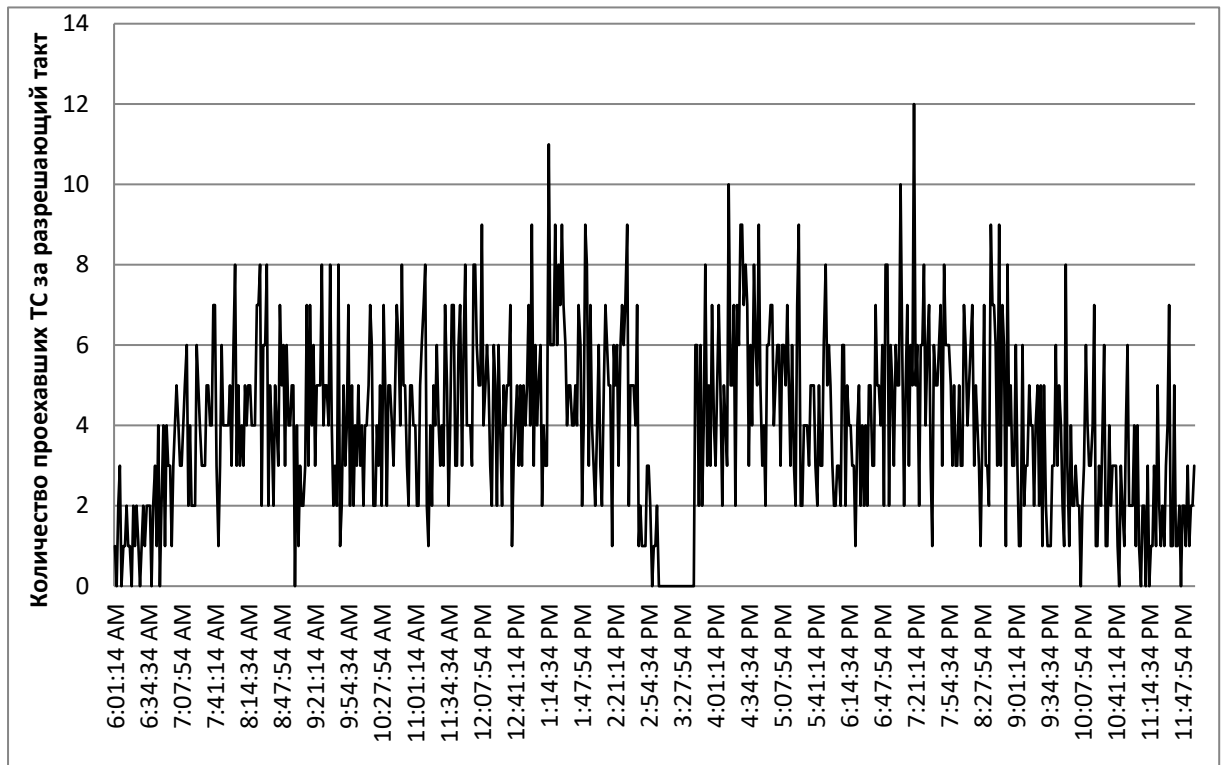


Рисунок 4.3 – График количества проезжающих ТС налево по четвертой полосе (прямо-налево (SL))

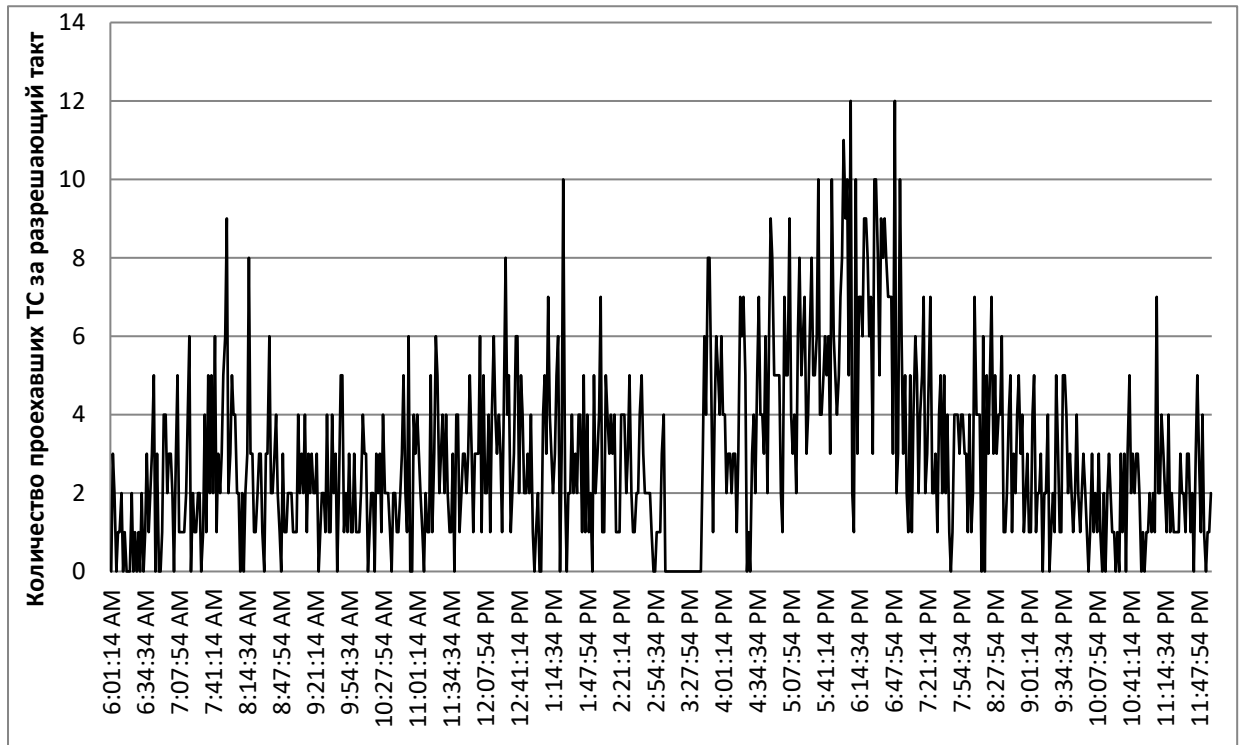


Рисунок 4.4 – График количества проезжающих ТС прямо по четвертой полосе (прямо-налево (SL))

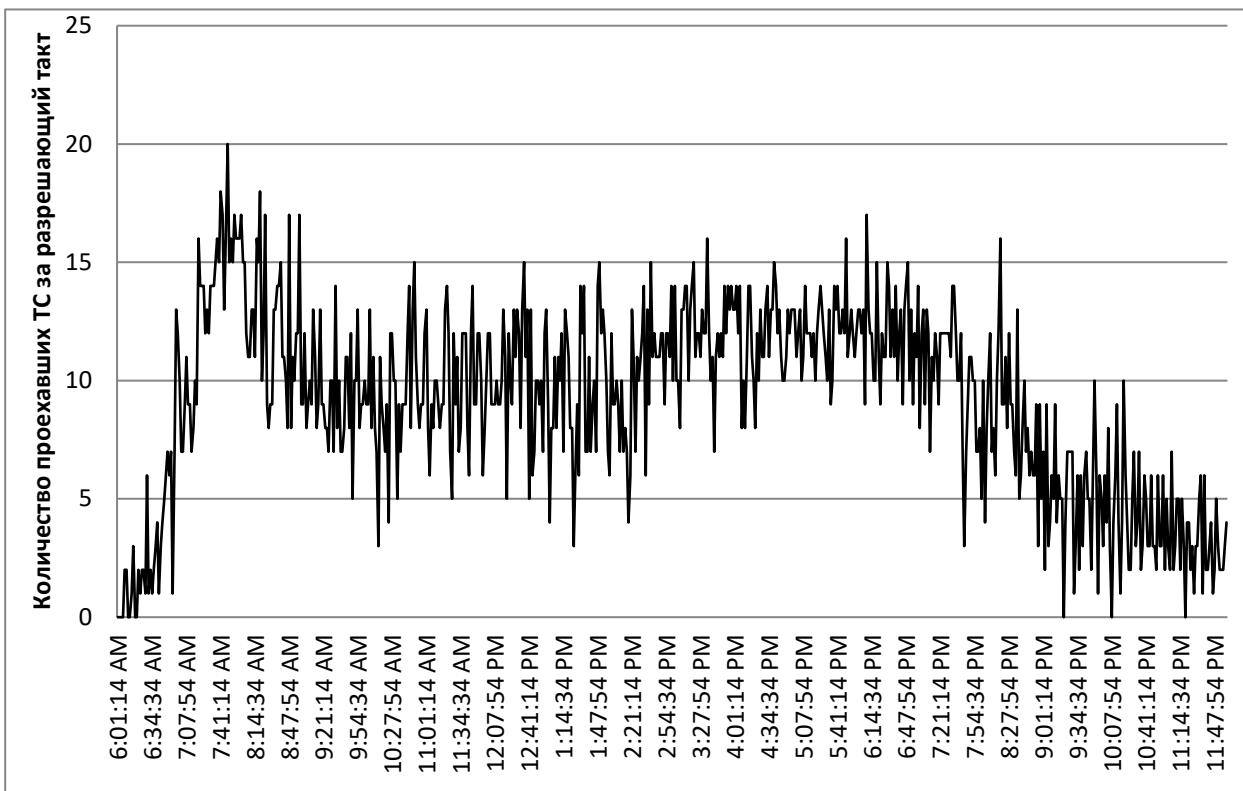


Рисунок 4.5 – График количества проезжающих ТС по третьей полосе (прямо (S))

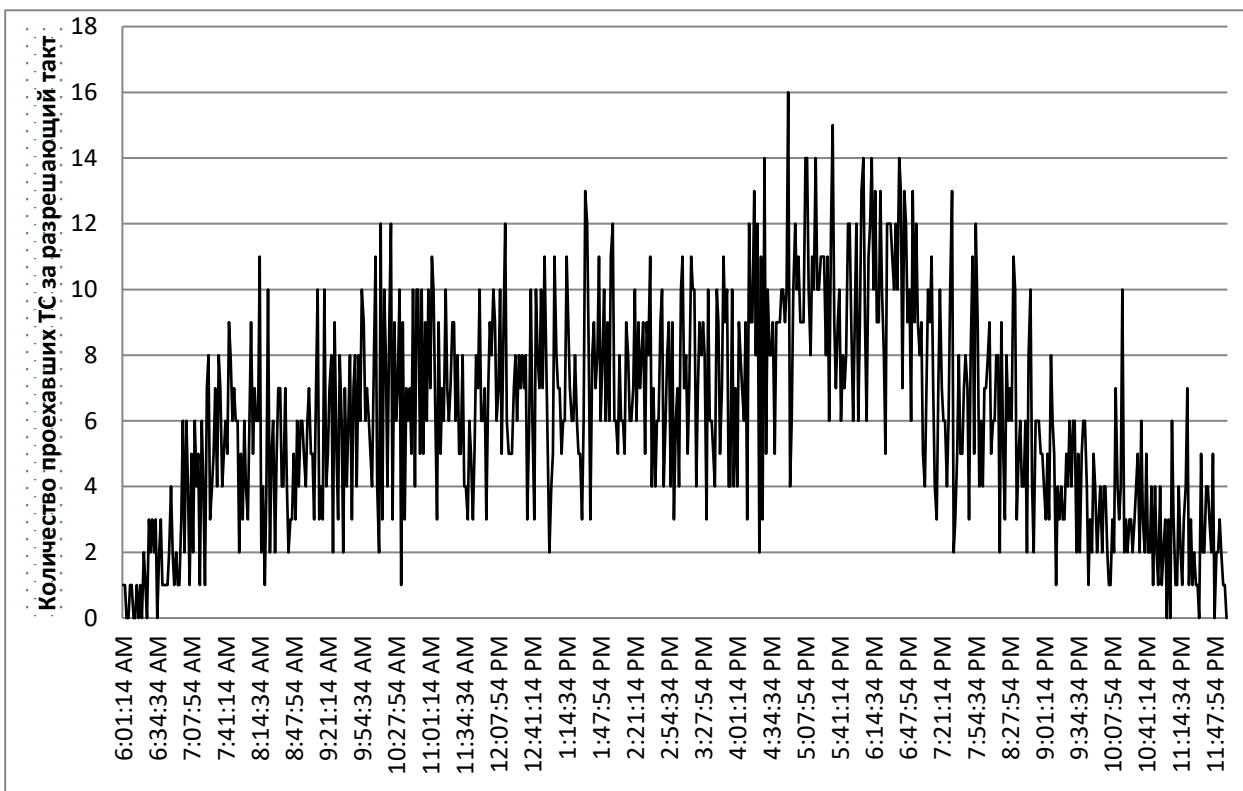


Рисунок 4.6 – График количества проезжающих ТС по первой и второй полосам (направо (R))

Также построен график пешеходного потока, пересекающего данное направление (рисунок 4.7).

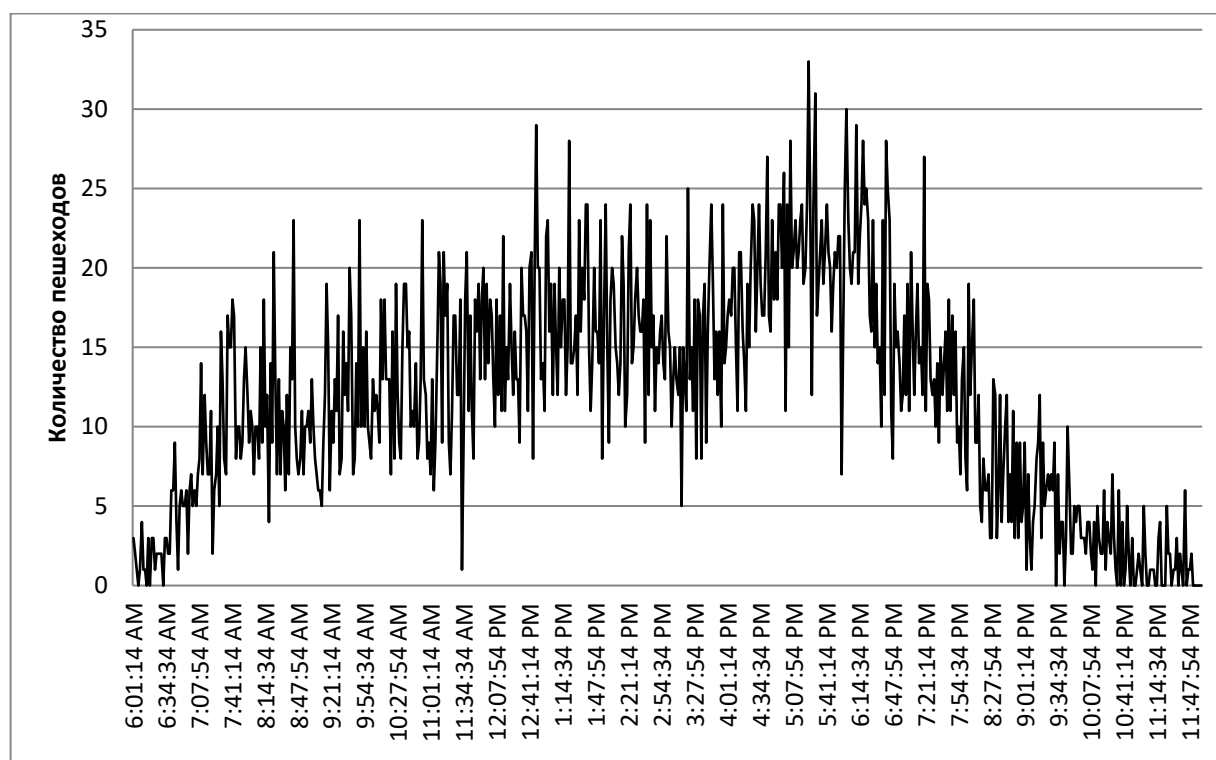


Рисунок 4.7 – График пешеходного потока

После проведенного анализа пропускной способности направления перекрестка запад → восток можно сделать выводы, о том что количество ТС, совершающих поворот налево в течение всего дня остается на одном уровне, а ТС, движущихся прямо, преимущественно больше в утренние и вечерние часы. Около 15.00 – 15.30 на четвертой полосе произошло ДТП, из-за чего количество поворачивающих налево с пятой полосы резко возросло. Утренние «часы пик» находятся в промежутке 7:30 до 8:15, а вечерние с 17:00 до 19:00. При этом наибольшая интенсивность пешеходного потока приходится на дневные и вечерние часы.

Графики показали, что наибольшие интенсивности пешеходных и транспортных потоков приходятся примерно на одно время, что делает целесообразным разрыв пешеходного потока на середине дороги с

использованием островков безопасности с целью повышения пропускной способности.

4.3 Интенсивность транспортных потоков

На данный момент на перекрестке улиц Гагарина и Дзержинского образуются заторные ситуации во время «часов пик». Номера направлений приведены на рисунке 4.8. С утра основной поток движется с улицы Гагарина на улицу Дзержинского к мосту в центр города (направления 1 и 2). Вечером же основная масса ТС движется по направлениям к Копейскому шоссе и озеру Смолино (направления 3 и 15).

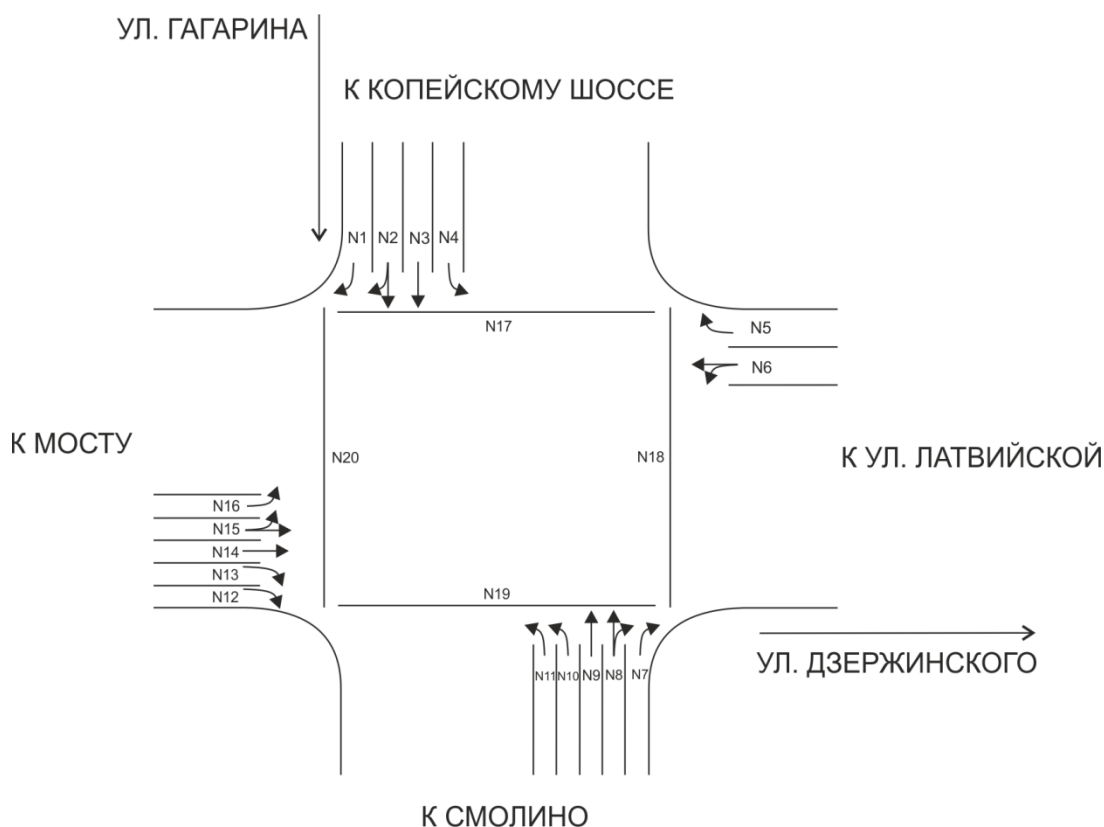


Рисунок 4.8 – Номера направлений до реорганизации

В результате анализа пропускной способности было выявлено, что на перекрестке улиц Гагарина и Дзержинского утренние «часы пик» находятся в промежутке 7:30 до 8:15, а вечерние с 17:00 до 19:00. Дальнейший анализ

интенсивности направлений в эти часы выявил наиболее загруженные (картограмма представлена на рисунке 4.9 [11]).

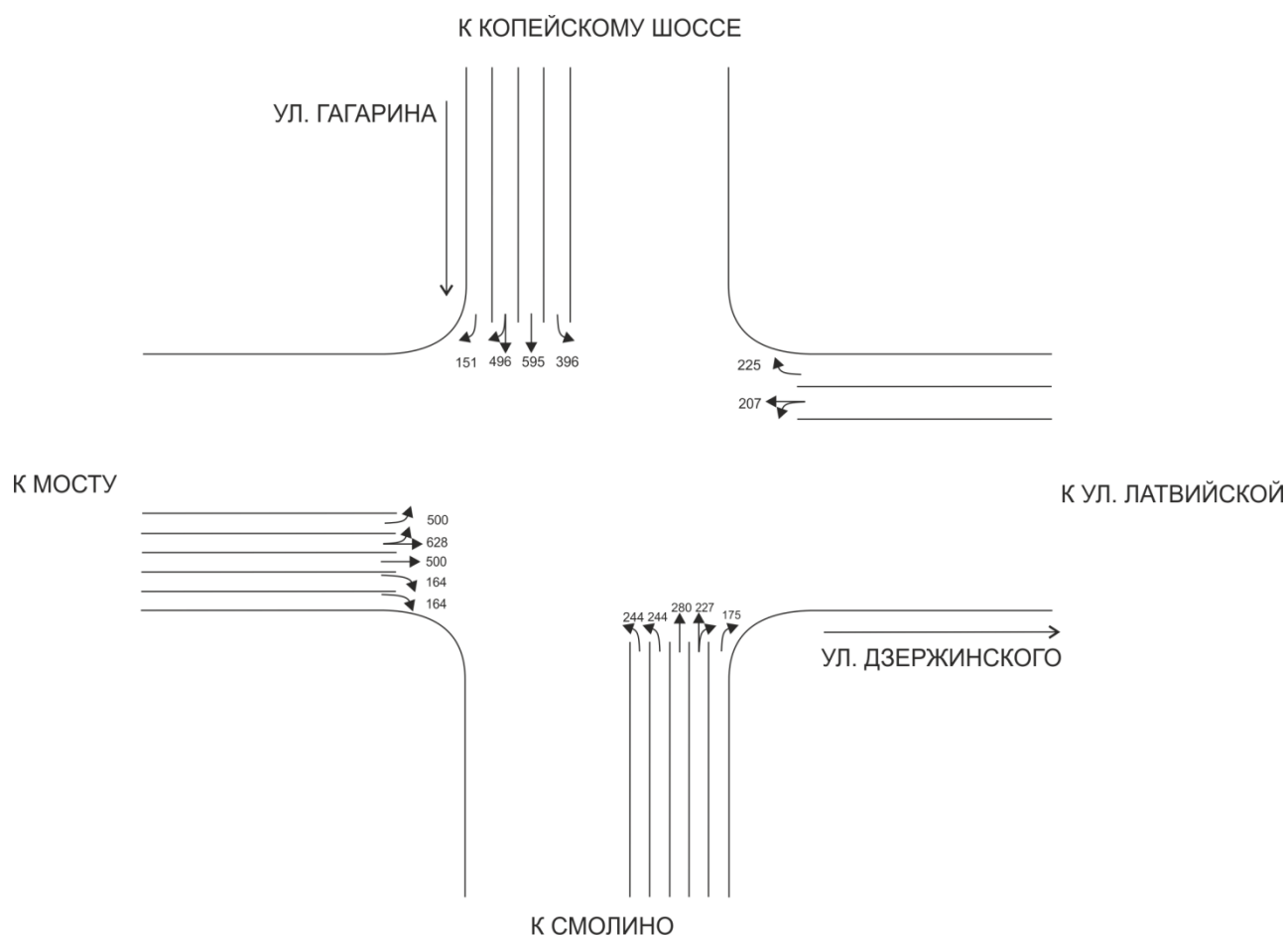


Рисунок 4.9 – Картограмма интенсивности

Основная проблема пропускной способности заключается в направлении 3 и направлении 15.

4.4 Конфликтные точки

Исследования ДТП показали, что наибольшее их число происходит в так называемых конфликтных точках, т.е. в местах, где в одном уровне пересекаются траектории движения транспортных средств, транспортных средств и пешеходов, а так же в местах отклонения или слияния транспортных потоков. Наиболее часто такое взаимодействие участников дорожного движения образуется на перекрестках, где встречаются потоки различных направлений [12].

Наиболее простейшей и распространенной методикой оценки узла на предмет конфликтных точек является методика пятибалльной системы оценки узла, в которой точка отклонения оценивается 1 баллом, слияния – 2 баллами, пересечение – 3 баллами. Сложность пересечения оценивается по формуле (4.1):

$$m = n_o + 3 \cdot n_c + 5 \cdot n_{\Pi}, \quad (4.1)$$

где, n_o – число точек отклонения;

n_c – число точек слияния;

n_{Π} – число точек пересечения.

После оценки пересечения оценивают сложность перекрестка:

– если $m < 40$, то пересечению присваивается категория малой сложности (простой перекресток);

– если $m = 40 \dots 80$ баллов, то пересечение считается средней сложности;

– если $m = 80 \dots 150$ баллов, то пересечение считается сложным;

– если $m > 150$ баллов, то такое пересечение считается очень сложным.

Взаимодействие транспортных средств на дорогах является сложным явлением, и упрощенные оценки соответствующих конфликтных точек дают лишь приблизительную информацию о сложности того или иного транспортного узла [11].

Для определения сложности перекрестка улиц Гагарина и Дзержинского, расчет конфликтных точек проводится согласно фазам светофорного цикла на данном участке УДС. На рисунке 4.10 представлены конфликтные точки первой фазы.

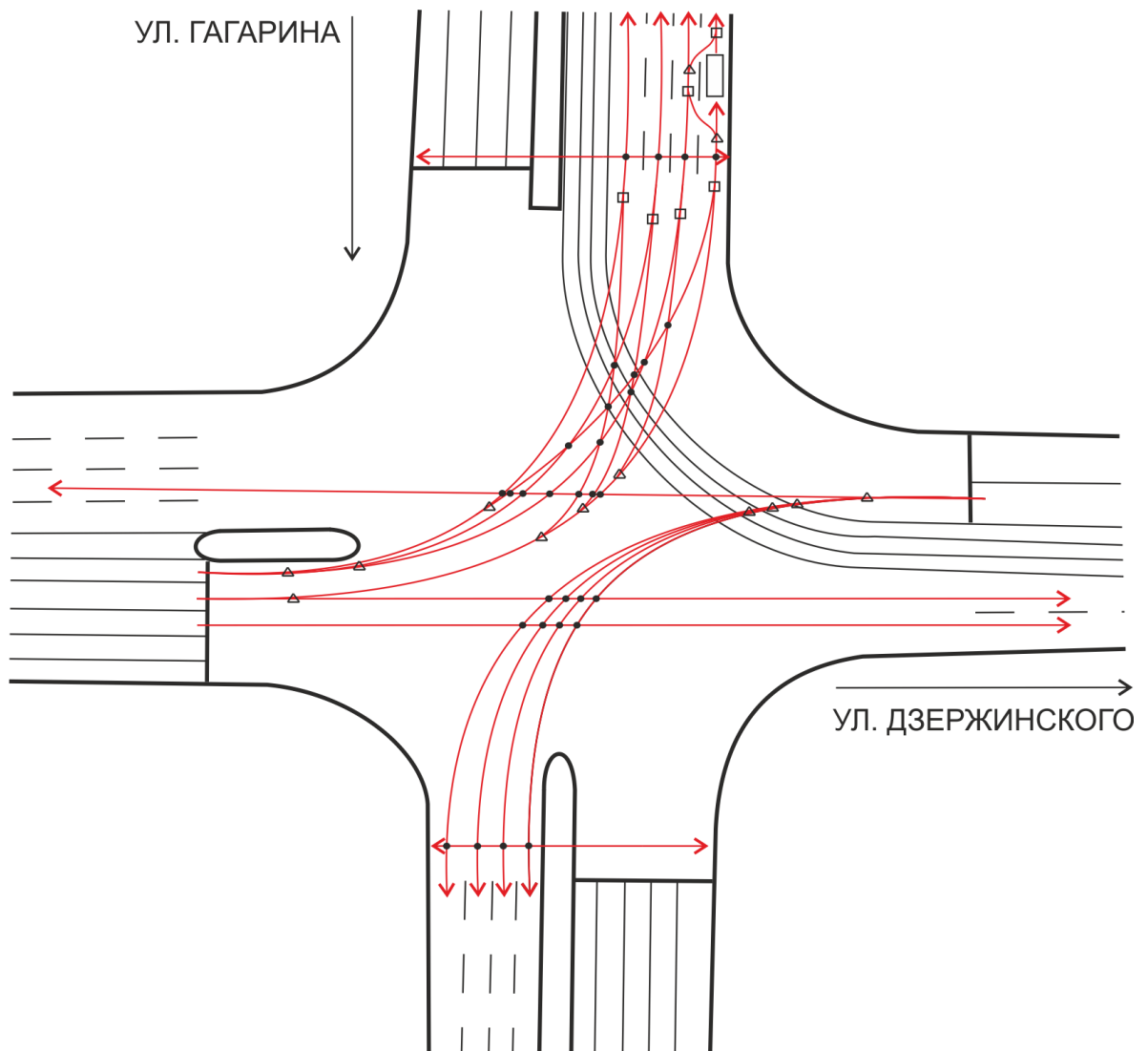


Рисунок 4.10 – Конфликтные точки в первой фазе

Треугольником обозначены точки отклонения, квадратом – слияния, кругом – пересечения соответственно.

Подставив полученные данные в формулу (4.1) получим:

$$m = 13 + 3 \cdot 6 + 5 \cdot 27 = 166 \text{ баллов.}$$

Сложность пересечений транспортных потоков на данном перекрестке в 1-ой фазе составляет 166 баллов, что говорит о том, что узел очень сложный.

На рисунке 4.11 представлены конфликтные точки второй фазы.

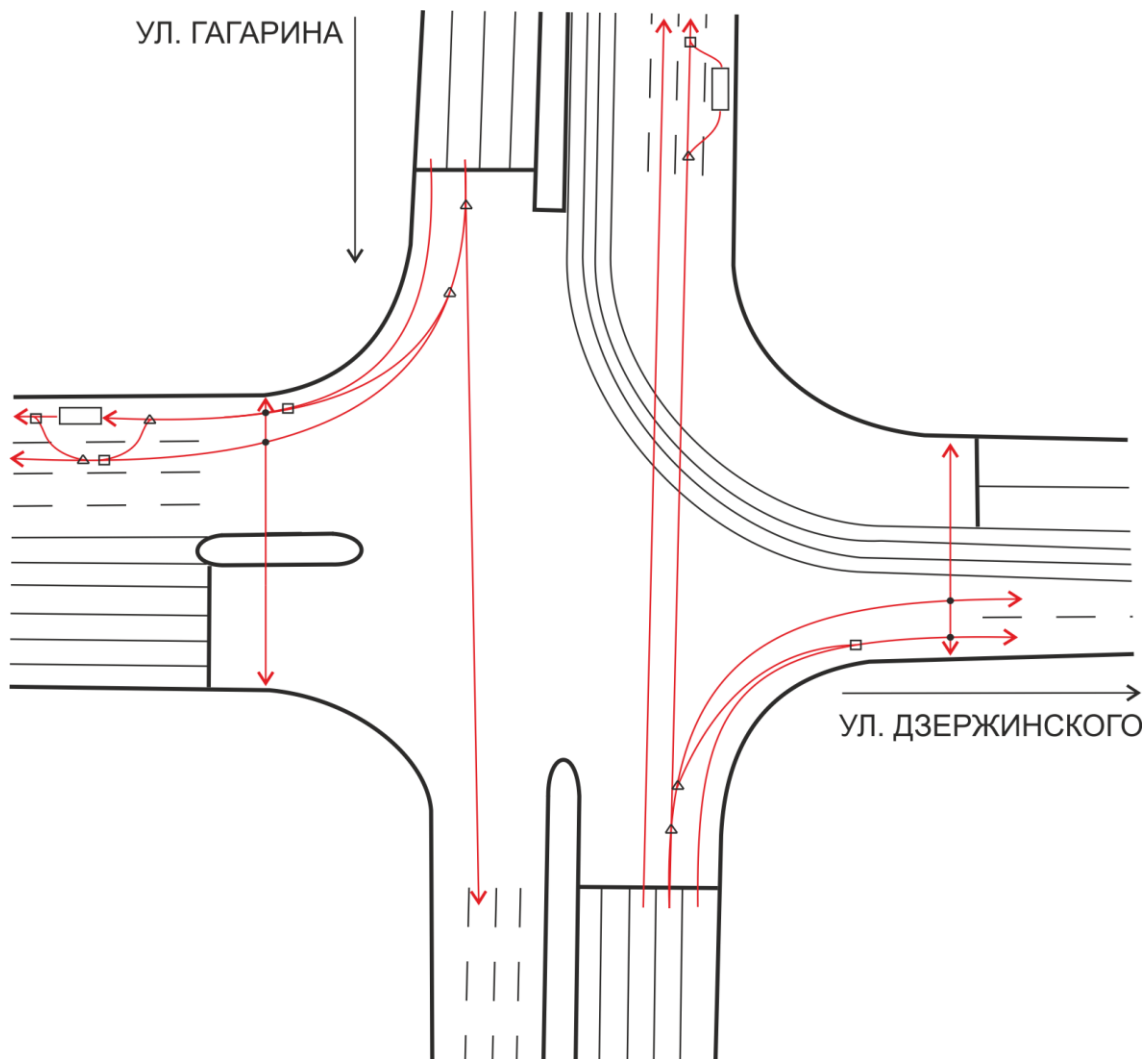


Рисунок 4.11 – Конфликтные точки во второй фазе

Подставив полученные данные в формулу (4.1) получим:

$$m = 7 + 3 \cdot 5 + 5 \cdot 4 = 42 \text{ балла.}$$

Сложность пересечений транспортных потоков на данном перекрестке во 2-ой фазе составляет 42 балла, что говорит о том, что узел средней сложности.

На рисунке 4.12 представлены конфликтные точки третьей фазы.

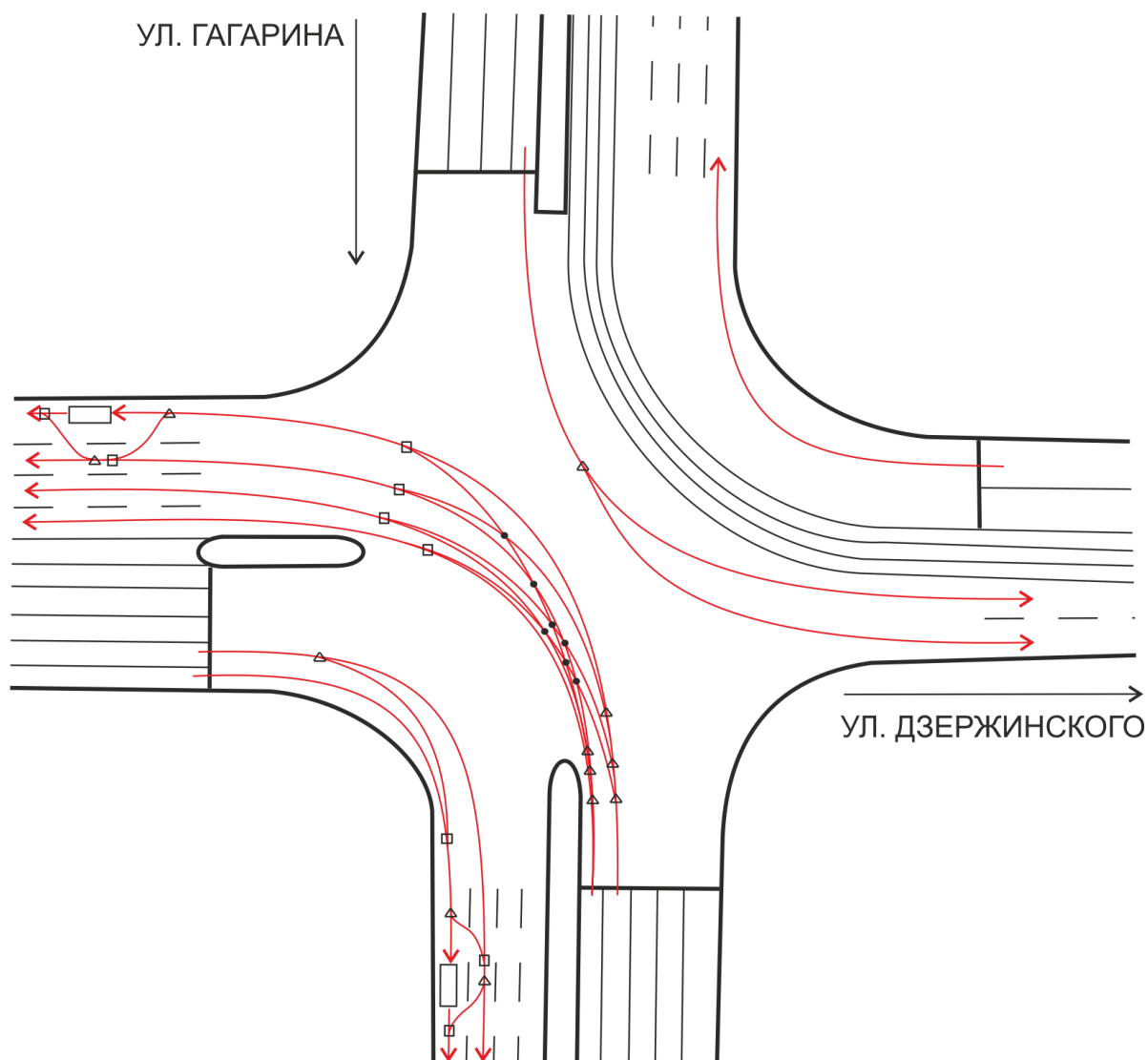


Рисунок 4.12 – Конфликтные точки в третьей фазе

Треугольником обозначены точки отклонения, квадратом – слияния, кругом – пересечения соответственно.

Подставив полученные данные в формулу (4.1) получим:

$$m = 12 + 3 \cdot 9 + 5 \cdot 7 = 74 \text{ баллов.}$$

Сложность пересечений транспортных потоков на данном перекрестке в третьей фазе составляет 74 баллов, что говорит о том, что узел сложный.

4.5 Диаграмма светофорного регулирования

Диаграмма светофорного регулирования – график, который представляет собой чередование сигналов светофорного объекта по каждому направлению движения. Этот график строится, учитывая масштаб, как для транспортных, так и для пешеходных потоков [12].

Диаграмма светофорного регулирования для перекрестка улиц Гагарина и Дзержинского предоставлена на рисунке 4.13.

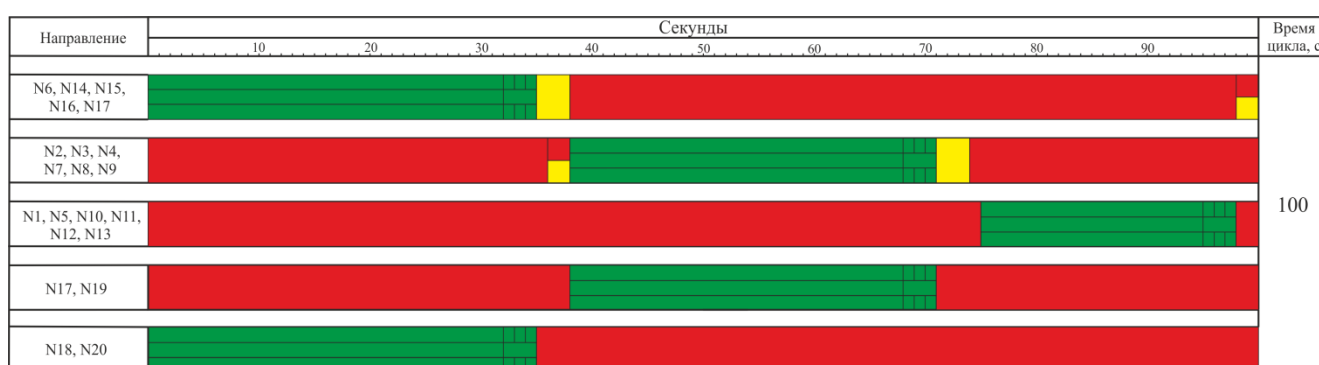


Рисунок 4.13 – Диаграмма светофорного регулирования

Общая продолжительность светофорного цикла на данном перекрестке равно 100 с. Время сигнала равняется 33 и 35 секундам. Пешеходные зеленые сигналы равны соответственно также 33 и 35 секунд. Время зеленого сигнала дополнительной секции светофора составляет 23 секунды.

4.6 Недостатки существующей схемы организации движения

Для того чтобы выявить недостатки перекрестка, были обследованы и изучены направления движения (рисунок 4.14).

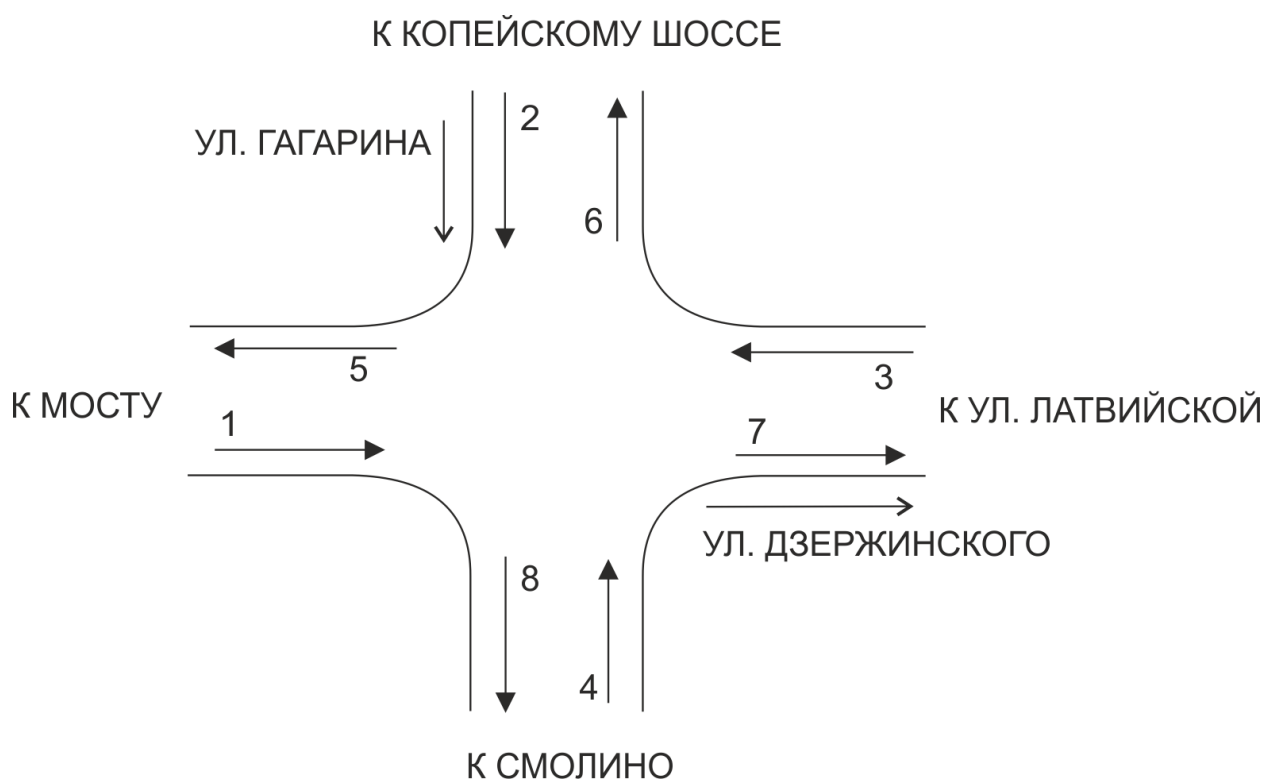


Рисунок 4.14 – Направления движения на перекрестке

Проблемы и недостатки, которые были обнаружены:

1) направление 1:

– частично отсутствует разметка 1.1 «Границы полос движения на опасных участках дороги»;

– частично отсутствуют линии разметки 1.6 «Разделение транспортных потоков попутных направлений»;

– отсутствует разметка 1.7 «Полосы движения в пределах перекрестка»;

– частично отсутствует разметка 1.12 «Стоп-линия»;

– частично отсутствуют линии разметки 1.14.1 «Пешеходный переход»;

– отсутствует разметка 1.18 «Направления движения по полосам»;

– разрешающий такт светофорного регулирования не обеспечивает беззаторный проезд.

2) направление 2:

– частично отсутствует разметка 1.1 «Границы полос движения на опасных участках дороги»;

– частично отсутствуют линии разметки 1.5 «Границы полос движения»;

– частично отсутствует разметка 1.6 «Разделение транспортных потоков попутных направлений»;

– отсутствует разметка 1.7 «Полосы движения в пределах перекрестка»;

– частично отсутствует разметка 1.12 «Стоп-линия»;

– частично отсутствуют линии разметки 1.14.1 «Пешеходный переход»;

– отсутствует разметка 1.18 «Направления движения по полосам»;

– отсутствует «островок безопасности» для пешеходов;

– разрешающий такт светофорного регулирования не обеспечивает беззаторный проезд.

3) направление 3:

– частично отсутствует разметка 1.1 «Границы полос движения на опасных участках дороги»;

– отсутствуют линии разметки 1.5 «Границы полос движения»;

– частично отсутствует разметка 1.6 «Разделение транспортных потоков попутных направлений»;

– отсутствует разметка 1.7 «Полосы движения в пределах перекрестка»;

– частично отсутствует разметка 1.12 «Стоп-линия»;

– частично отсутствуют линии разметки 1.14.1 «Пешеходный переход»;

– отсутствует разметка 1.18 «Направления движения по полосам»;

– отсутствует трамвайная оставнока;

– отсутствует «островок безопасности» для пешеходов.

4) направление 4:

– частично отсутствует разметка 1.1 «Границы полос движения на опасных участках дороги»;

– частично отсутствуют линии разметки 1.5 «Границы полос движения»;

– частично отсутствует разметка 1.6 «Разделение транспортных потоков попутных направлений»;

– отсутствует разметка 1.7 «Полосы движения в пределах перекрестка»;

– частично отсутствует разметка 1.12 «Стоп-линия»;

– частично отсутствуют линии разметки 1.14.1 «Пешеходный переход»;

– отсутствует разметка 1.18 «Направления движения по полосам».

5) направление 5:

– частично отсутствуют линии разметки 1.5 «Границы полос движения»;

– частично отсутствуют линии разметки 1.14.1 «Пешеходный переход»;

– отсутствует разметка 1.17 «Места остановок маршрутных транспортных средств»;

– отсутствует «заездной карман» для общественного транспорта.

6) направление 6:

– частично отсутствуют линии разметки 1.5 «Границы полос движения»;

– частично отсутствуют линии разметки 1.14.1 «Пешеходный переход»;

– отсутствует разметка 1.17 «Места остановок маршрутных транспортных средств»;

– отсутствует «заездной карман» для общественного транспорта;

– отсутствует «островок безопасности» для пешеходов.

7) направление 7:

– частично отсутствуют линии разметки 1.5 «Границы полос движения»;

– частично отсутствуют линии разметки 1.14.1 «Пешеходный переход»;

– отсутствует «островок безопасности» для пешеходов.

8) направление 8:

– частично отсутствуют линии разметки 1.5 «Границы полос движения»;

– частично отсутствуют линии разметки 1.14.1 «Пешеходный переход»;

– отсутствует разметка 1.17 «Места остановок маршрутных транспортных средств»;

– отсутствует «заездной карман» для общественного транспорта.

Обследование направлений показало, что главные проблемы и недостатки перекрестка связаны с дорожной разметкой (частичное или полное отсутствие необходимой разметки), высокой интенсивностью некоторых полос, отсутствием на остановках маршрутного пассажирского транспорта «заездных карманов» и недостаточной площадью или полным отсутствием островков безопасности для пешеходов.

4.7 Предлагаемая схема организации дорожного движения

В разделе 4.6 были выявлены недостатки, которые присутствуют на перекрестке улиц Гагарина и Дзержинского на данный момент. Далее предложены основные мероприятия, чтобы их устранить и минимизировать отрицательное влияние этих недостатков.

На рисунке 4.15 представлена предлагаемая схема перекрестка улиц Гагарина и Дзержинского после реорганизации.



Рисунок 4.15 – Схема перекрестка после реорганизации

Основным мероприятием по реорганизации перекрестка является внедрение ступенчатых (зигзагообразных) пешеходных переходов. Оно осуществляется через такие технические средства как дорожная разметка, «островки безопасности» и барьерные ограждения.

Ступенчатый пешеходный переход представляет из себя переходы с каждой стороны центрального островка безопасности, которые не расположены один за другим, а представляют собой два отдельных перехода. Его рационально внедрять, когда проезжая часть широкая и требует для ее пересечения длинной фазы светофорного цикла [23].

Пешеходы переходят дорогу в два этапа в разные фазы светофорного цикла. Что помогает повысить безопасность пешеходов и уменьшить задержки транспортного потока. Рисунок 4.16 иллюстрирует типичный перекресток с двухступенчатыми пешеходными переходами.

Пешеходам с любого направления V_{p1} , V_{p2} , V_{p3} , V_{p4} необходимо дожидаться каждого разрешающего сигнала из двух пешеходных светофоров – при начале движения и после достижения островка безопасности [24].

Расположение двух частей ступенчатого пешеходного перехода в шахматном порядке сделано из соображений безопасности. Шахматный порядок помогает пешеходам избежать путаницы, которая могла бы возникнуть, если переходы находились в одну линию [25].

Центральный островок безопасности, на котором пешеходы ожидают второго разрешающего сигнала, должен быть достаточного размера, чтобы вместить всех людей, переходящих обе проезжие части. А также приподнят над проезжей частью и огорожен пешеходными ограждениями для повышения безопасности пешеходов, находящихся на нем.

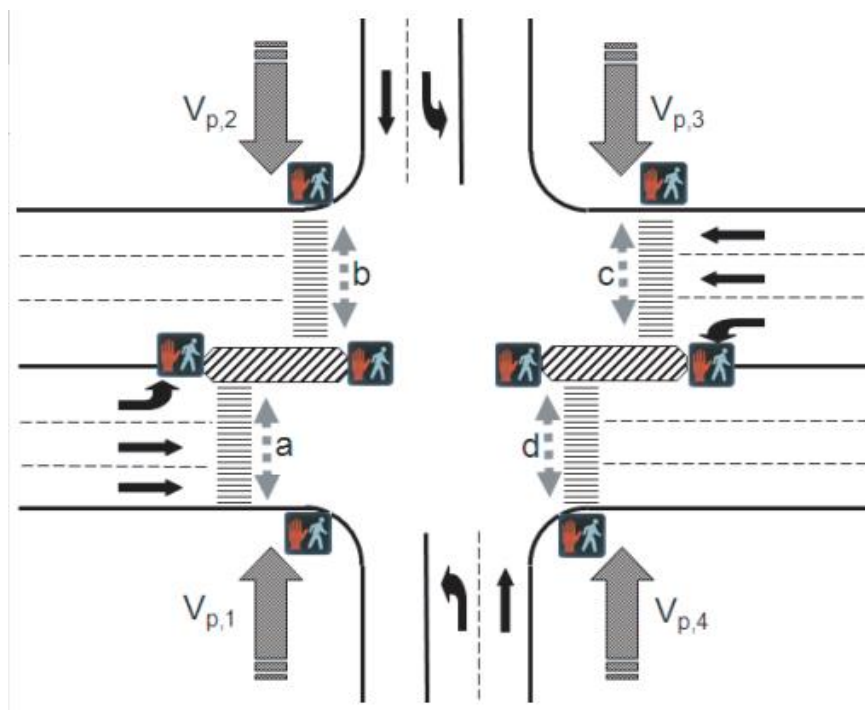


Рисунок 4.16 – Перекресток со ступенчатыми пешеходными переходами










Дорожная разметка сообщает участникам дорожного движения необходимую информацию, а также с помощью нее возможно повысить безопасность дорожного движения и увеличить пропускную способность транспортного потока. Нумерация и описание разметки соответствует ГОСТу Р 51256-2011 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования» [14].

Дорожная разметка, которую предполагается нанести на перекрестке улиц Гагарина и Дзержинского после реорганизации, представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Дорожная разметка на перекрестке после реорганизации

Номер	Изображение	Описание
1.1		Разделяет транспортные потоки и обозначает границы полос движения в опасных местах на дорогах.

Продолжение таблицы 4.1

Номер	Изображение	Описание
1.5		Разделяет транспортные потоки противоположных направлений на дорогах, имеющих две или три полосы
1.6		Предупреждает о приближении к разметке 1.1 или 1.11, которая разделяет транспортные потоки противоположных или попутных направлений
1.7		Обозначает полосы движения в пределах перекрестка
1.8		Обозначает границу между полосой разгона или торможения и основной полосой
1.12		Указывает место, где водитель должен остановиться
1.14.1		Пешеходный переход
1.17		Обозначает место остановки маршрутных транспортных средств
1.18		Указывает направление по полосам
2.7		Обозначает бордюры на опасных участках и возвышающиеся островки безопасности

Также для эффективного внедрения ступенчатых пешеходных переходов применяются знаки дорожного движения. Их нумерация и описание соответствует ГОСТу Р 52290-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования» [13].

Дорожные знаки, которые предполагается использовать на перекрестке улиц Гагарина и Дзержинского после реорганизации, представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Дорожные знаки на перекрестке после реорганизации

Номер	Изображение	Название
1.23		Дети
2.1		Главная дорога
2.4		Уступи дорогу
3.4		Движение грузовых автомобилей запрещено
4.2.1		Объезд препятствия справа
5.15.2		Направление движения по полосам

Продолжение таблицы 4.2

Номер	Изображение	Название
5.15.2		Направление движения по полосам
		
		
5.16		Место остановки автобуса и (или) троллейбуса
5.19.1		Пешеходный переход
5.19.2		
6.16		Стоп - линия
8.22.1		Препятствие
8.23		Фотовидеофиксация

Для повышения безопасности и пропускной способности полос были также сделаны «заездные карманы» для общественного транспорта [15].

Размеры «заездных карманов» были приняты следующие: ширина остановочной площадки – 7 м, длина участков въезда и выезда – 15 м, длина остановочной площадки – 50 м. Данные размеры были выбраны с учетом ОСТ 218.1.002–2003 «Автобусные остановки на автомобильных дорогах. Общие технические требования» [16].

По направлению улицы Дзержинского со стороны моста в сторону улицы Латвийской была добавлена шестая полоса движения для снижения интенсивности полос (новая нумерация направлений приведена на рисунке 4.17). Вследствие чего снизилась интенсивность, которая приведена на рисунке 4.18.

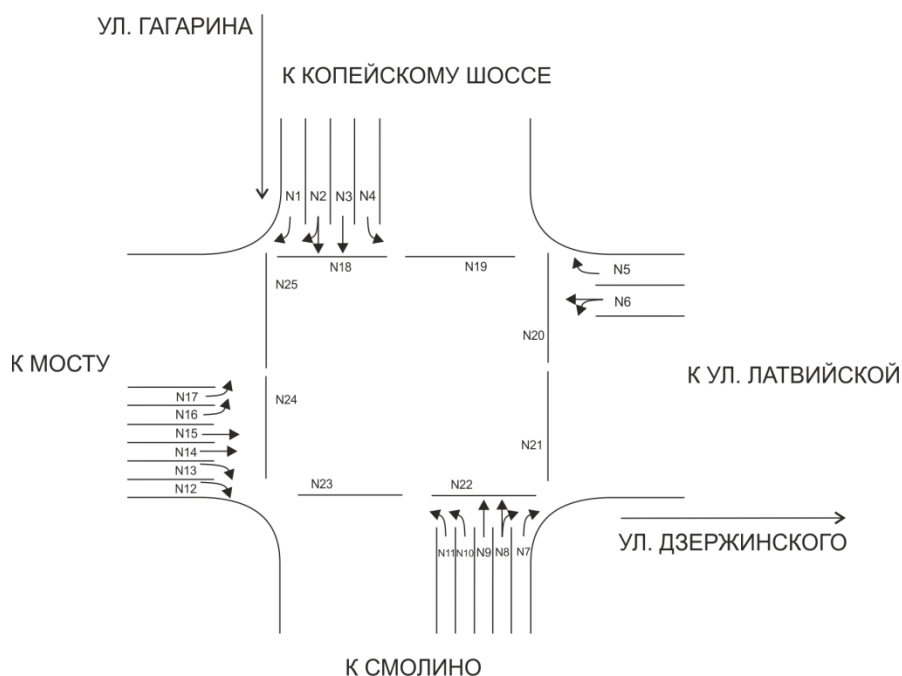


Рисунок 4.17 – Нумерация направлений после реорганизации

Вместо трехфазного светофорного цикла сделан четырехфазный, где под каждое направление отводится отдельная фаза и рассчитано время основного такта. Исключено пересечение транспортных и пешеходных потоков в одной фазе светофорного регулирования.

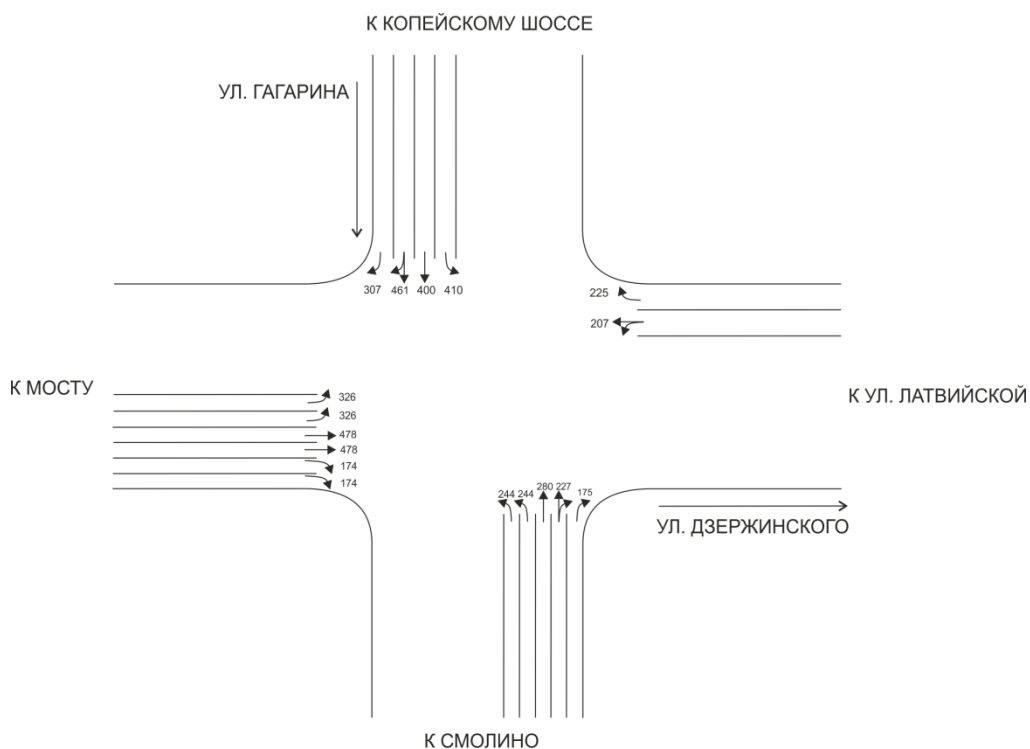


Рисунок 4.18 – Интенсивность движения
после реорганизации

4.7.1 Расчет времени основного такта

Принимая во внимание тот факт, что часовая интенсивность самой нагруженной полосы движения исследуемого перекрестка составляет 478 автомобилей, соответственно, за максимально допустимое время цикла, не превышающее 120 с, количество прибывающих автомобилей за указанную продолжительность времени составит 16 автомобилей (рассчитано по формуле 4.2).

$$N_a^i = \frac{N_a * 120}{3600}, \quad (4.2)$$

где N_a – интенсивность самой нагруженной полосы движения.

$$N_a^1 = \frac{478 * 120}{3600} = 16 \text{ автомобилей.}$$

При этом последний, стоящий в очереди автомобиль на одной из полос данного направления движения, будет располагаться от границы пересекаемой проезжей части на расстоянии около 126 м (рассчитано по формуле 4.3).

$$S_{\text{въезда}}^i = n_i * (B + l) + m_i, \quad (4.3)$$

где n_i – количество автомобилей на одной полосе движения, подъехавших к перекрестку за время одного цикла работы светофорного объекта;

B – средняя длина легкового автомобиля;

l – средняя дистанция между автомобилями, стоящими перед перекрестком на запрещающий сигнал светофора;

m_i – расстояние от «стоп-линии» (расположение первого автомобиля в очереди) до ближайшей границы пересекаемой проезжей части [17].

$$S_{\text{въезда}}^1 = 16 * (4,5 + 1,5) + 30 = 126 \text{ м.}$$

Соответственно, задержка начала движения данного автомобиля после момента включения для него разрешающего сигнала светофора, составит около 16 с (рассчитано по формуле 4.4).

$$t_{\text{задерж}}^i = n_i * t_{\text{задерж}}^{\text{ср}}, \quad (4.4)$$

где $t_{\text{задерж}}^{\text{ср}}$ – средняя продолжительность времени задержки начала движения каждого автомобиля, находящегося в очереди.

$$t_{\text{задерж}}^1 = 16 * 1 = 16 \text{ с.}$$

В свою очередь, с момента включения запрещающего (желтого) сигнала светофора для остановки данного автомобиля, начавшего двигаться на разрешающий сигнал светофора, потребуется 19,6 м (рассчитано по формуле 4.5).

$$S_{\text{ожі}} = (t_1 + t_2 + 0,5 * t_3) * \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 * J_{\text{ж}}}, \quad (4.5)$$

где V_a – средняя скорость транспортного средства, последнего в очереди, достигнутая им к моменту включения запрещающего сигнала светофора;

$J_{ж}$ – среднее замедление транспортного средства при включении запрещающего (желтого) сигнала;

t_1 – время реакции водителя транспортного средства в сложившейся дорожно-транспортной ситуации, с;

t_2 – время запаздывания срабатывания тормозного привода транспортного средства, с;

t_3 – время нарастания замедления транспортного средства в данных дорожных условиях, с.

$$S_{ож1} = (0,6 + 0,1 + 0,5 * 0,35) * \frac{36}{3,6} + \frac{36^2}{26 * 4,6} = 19,6 \text{ м.}$$

Таким образом, последнему автомобилю, прибывшему за время полного цикла работы светофорного объекта, с момента включения для него разрешающего сигнала до момента достижения им границы, позволяющей продолжить движение после включения запрещающего сигнала, потребуется, с учетом округления в большую сторону около 28 с (рассчитано по формуле 4.6).

$$t_o = \sqrt{\frac{2 * (S_{въезда}^i - S_{ож1}^i)}{a}} + t_{задерж}^i \quad (4.6)$$

где $(S_{въезда}^i - S_{ож1}^i)$ – расстояние, преодолеваемое автомобилем, находившимся последним в очереди, с момента начала движения на разрешающий сигнал светофора до момента достижения границы, начиная с которой, водитель не будет располагать технической возможностью остановить транспортное средство до места, установленного Правилами дорожного движения («стоп-линия», пешеходный переход, граница пересекаемой проезжей части);

a – ускорение автомобиля;

$t_{задерж}^i$ – время задержки начала движения последнего в очереди автомобиля.

$$t_{o1} = \sqrt{\frac{2 * (126 - 19,6)}{1,5}} + 16 = 28 \text{ с.}$$

Учитывая тот факт, что для пропуска всех транспортных средств, прибывающих к перекрестку по исследуемой полосе движения за время цикла, достаточно 28 с, определяющих, по сути, время основного такта данного направления, суммарная продолжительность основных тактов всех направлений будет рассчитана, исходя из условия пропорциональности времени их включения и интенсивности их транспортных потоков [18].

Во второй фазе интенсивность наиболее нагруженной полосы движения составляет 461 единиц (см. картограмму интенсивности транспортных потоков), что составляет 96,4% от количества транспортных средств, движущихся по наиболее нагруженной полосе в первой фазе:

$$Y = \frac{N_{a2}}{N_{a1}} = \frac{461}{478} = 96,4\%.$$

В свою очередь часовая интенсивность наиболее нагруженной полосы третьей фазы составляет 225 автомобилей. По отношению к самому нагруженному направлению данное составляет 47,1%:

$$Y = \frac{N_{a3}}{N_{a1}} = \frac{225}{478} = 47,1\%.$$

В четвертой фазе часовая интенсивность наиболее нагруженной полосы составляет 280 автомобилей, что является 58,6% от самого нагруженного направления:

$$Y = \frac{N_{a4}}{N_{a1}} = \frac{280}{478} = 58,6\%.$$

Таким образом, продолжительность второго такта пропорциональна интенсивности прибывающих транспортных средств, и должна составлять около 27 секунд:

$$t_{o2} = 28 * 96,4\% = 27 \text{ с.}$$

В свою очередь, продолжительность основного такта в третьей фазе составит около 14 секунд:

$$t_{o2} = 34 * 35,8\% = 14 \text{ с.}$$

Продолжительность основного такта четвертой фазы составляет 17 секунд:

$$t_{o2} = 34 * 44,6\% = 17 \text{ с.}$$

Таким образом, суммарная продолжительность всех основных тактов цикла работы светофорного объекта составит 86 секунд:

$$\sum T_{oi} = 28 + 27 + 14 + 17 = 86 \text{ с.}$$

Суммарная продолжительность промежуточных тактов составляет 12 с, следовательно, что светофорный цикл составляет 98 с. Диаграмма цикла светофорного регулирования после реорганизации представлена на рисунке 4.19.

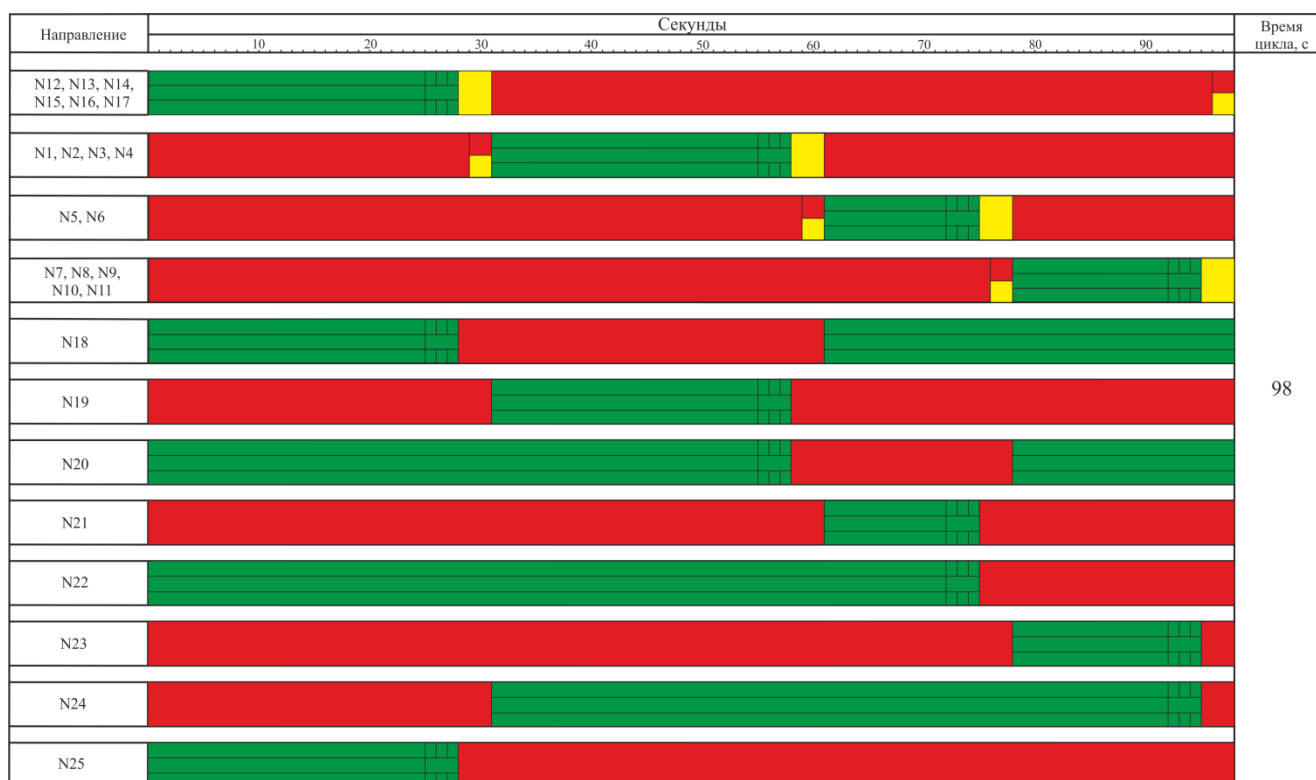


Рисунок 4.19 – Диаграмма светофорного регулирования

4.7.1 Анализ конфликтных точек после реорганизации

Для оценки эффективности предлагаемых мероприятий произведен анализ конфликтных точек. На рисунке 4.20 представлены конфликтные точки в первой фазе светофорного цикла.

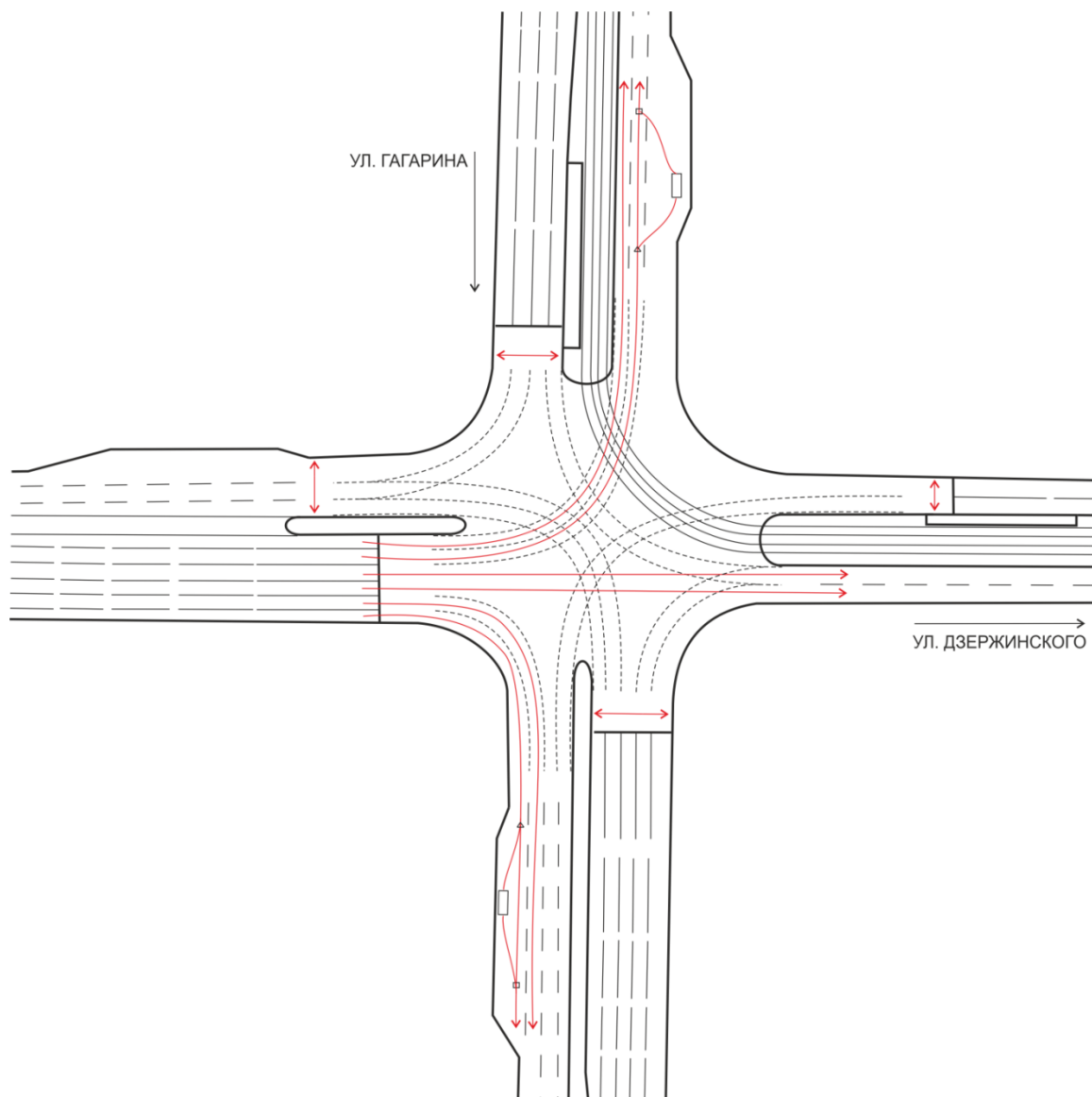


Рисунок 4.20 – Конфликтные точки в первой фазе

Треугольником обозначены точки отклонения, квадратом – слияния, кругом – пересечения соответственно.

Подставив полученные данные в формулу (4.1) получим:

$$m = 2 + 3 \cdot 2 + 5 \cdot 0 = 8 \text{ баллов.}$$

Сложность пересечений транспортных потоков на данном перекрестке в первой фазе составляет 8 баллов, что говорит о том, что узел простой.

На рисунке 4.21 представлены конфликтные точки во второй фазе светофорного цикла.

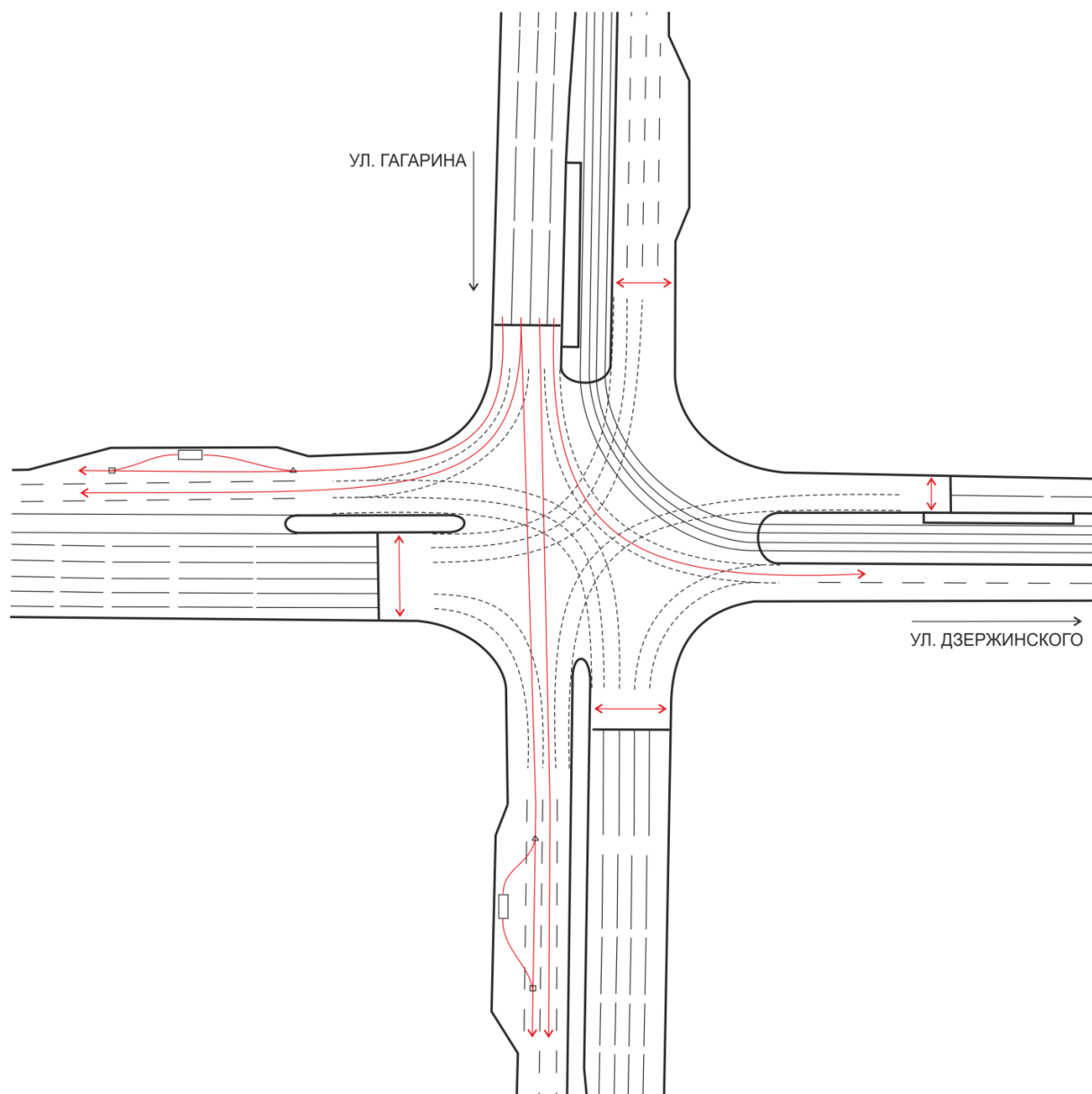


Рисунок 4.21 – Конфликтные точки во второй фазе

Треугольником обозначены точки отклонения, квадратом – слияния, кругом – пересечения соответственно.

Подставив полученные данные в формулу (4.1) получим:

$$m = 2 + 3 \cdot 2 + 5 \cdot 0 = 8 \text{ баллов.}$$

Сложность пересечений транспортных потоков на данном перекрестке во второй фазе составляет 8 баллов, что говорит о том, что узел простой.

На рисунке 4.22 представлены конфликтные точки в третьей фазе светофорного цикла.

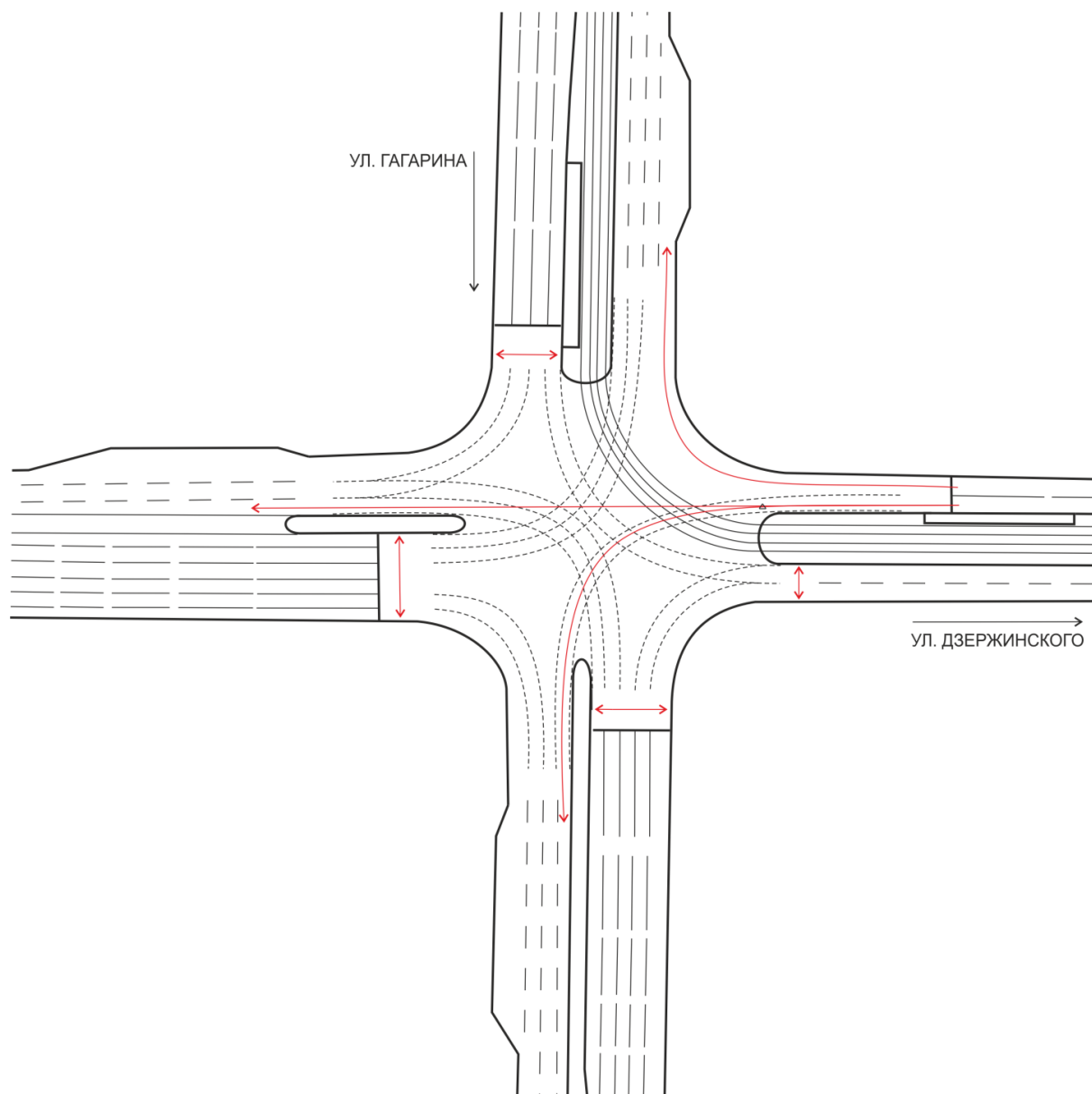


Рисунок 4.22 – Конфликтные точки во третьей фазе

Треугольником обозначены точки отклонения, квадратом – слияния, кругом – пересечения соответственно.

Подставив полученные данные в формулу (4.1) получим:

$$m = 1 + 3 \cdot 0 + 5 \cdot 0 = 1 \text{ балл.}$$

Сложность пересечений транспортных потоков на данном перекрестке в третьей фазе составляет 1 балл, что говорит о том, что узел простой.

На рисунке 4.23 представлены конфликтные точки в четвертой фазе светофорного цикла.

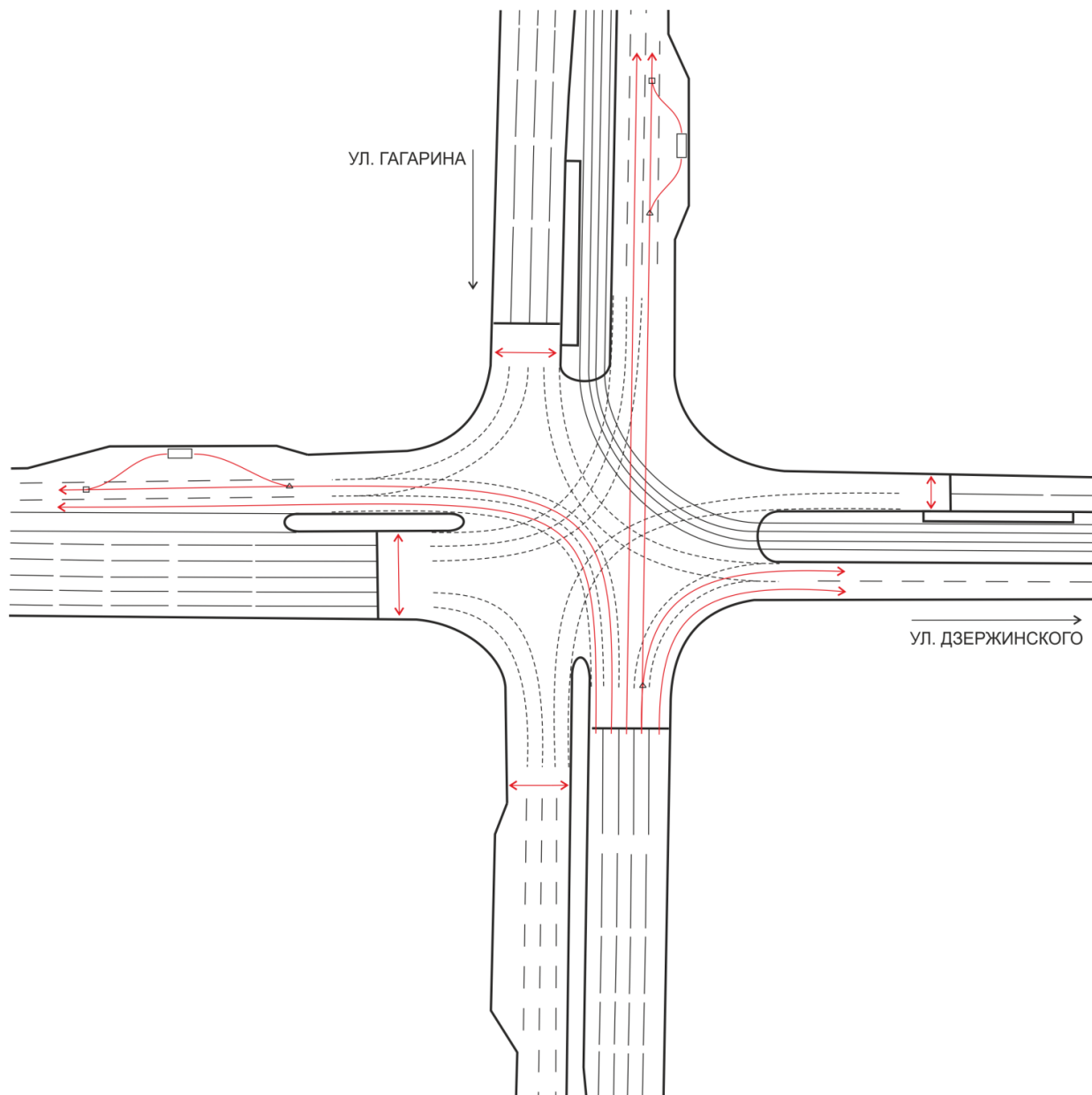


Рисунок 4.23 – Конфликтные точки в четвертой фазе

Треугольником обозначены точки отклонения, квадратом – слияния, кругом – пересечения соответственно.

Подставив полученные данные в формулу (4.1) получим:

$$m = 3 + 3 \cdot 2 + 5 \cdot 0 = 9 \text{ балл.}$$

Сложность пересечений транспортных потоков на данном перекрестке в четвертой фазе составляет 9 баллов, что говорит о том, что узел простой.

Выводы по разделу четыре

В данном разделе была рассмотрена существующая на данный момент схема ОДД на пересечении улиц Гагарина и Дзержинского. Также был проведен анализ пропускной способности в направлении по улице Дзержинского в сторону улицы Латвийской со стороны моста (запад → восток) с 06:00 до 23:00. Главные проблемы и недостатки перекрестка связаны: с дорожной разметкой (частичное или полное отсутствие необходимой разметки), высокой интенсивностью некоторых полос, отсутствием на остановках маршрутного пассажирского транспорта «заездных карманов» и недостаточной площадью или полным отсутствием островков безопасности для пешеходов.

Для устранения существующих проблем в ходе реорганизации перекрестка были осуществлены следующие мероприятия: внедрение ступенчатых островков безопасности, «заездных карманов» на остановках для маршрутного пассажирского транспорта, нанесена отсутствующая разметка, добавлена шестая полоса движения по направлению улицы Дзержинского со стороны моста в сторону улицы Латвийской, трехфазный светофорный цикл заменен на четырехфазный и рассчитано время основного такта. Анализ конфликтных точек показал, что после реорганизации перекрестка их количество существенно снизилось. Также исключено пересечение пешеходного и транспортного потока в одной фазе светофорного цикла.

На основе полученных данных можно сделать вывод, что реорганизация имеет положительный результат, и были достигнуты изначальные цели – повышение безопасности пешеходов и увеличение пропускной способности транспортных потоков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате данной выпускной квалификационной работы было произведена оптимизация пути движения пешеходов с целью повышения их безопасности и пропускной способности транспортного потока на пересечении улиц Гагарина и Дзержинского в городе Челябинск и на основе этого предложена новая схема организации дорожного движения перекрестка.

После анализа международного опыта по безопасности пешеходов на перекрестках в новой схеме было предложено внедрить ступенчатые пешеходные переходы, увеличить количество фаз цикла светофорного регулирования и разделить транспортные и пешеходные потоки, чтобы исключить их пересечение, что позволит повысить безопасность пешеходов, переходящих проезжую часть, и увеличить пропускную способность транспортных потоков.

Анализ конфликтных точек показал, что после реорганизации перекрестка их количество существенно снизилось, что должно снизить уровень аварийности.

Таким образом, цель данной работы достигнута.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Морозов, Г.Б. Автомобилизация городской среды как орудие общественной опасности. / Г.Б. Морозов // Современное общество и власть. – 2015. – № 1. – с. 94–99.
- 2 АВТОСТАТ. Аналитическое агентство. – <https://www.autostat.ru>.
- 3 Федеральная служба государственной статистики. – www.gks.ru/free_doc/new_site/business/trans-sv/t3-4.xls.
- 4 Показания состояния безопасности дорожного движения. – <http://www.gibdd.ru/stat/>.
- 5 Гатиятуллин, М.Х. Мировой опыт в обеспечении безопасности движения на российских дорогах / М.Х. Гатиятуллин, Р.Ю. Волкова // Техника и технология транспорта. – 2018. – № 1. – с. 8.
- 6 Всемирная организация здравоохранения. – <http://www.who.int/ru/>.
- 7 Аварийность регионов. – <http://tass.ru>.
- 8 Шевцова, А.Г. Новый способ повышения безопасности движения на регулируемых пешеходных переходах / А.Г. Шевцова, А.А. Безродных // Известия Тульского Государственного Университета. Технические науки. – 2015. – № 6. – с. 113–117.
- 9 Береговой, А.В. Технические средства обеспечения безопасности на пешеходных переходах / А.В. Береговой, О.Ю. Лукомская // Транспорт Российской Федерации. – 2012. – № 3–4. – с. 52–55.
- 10 Данилова, Т.В. Актуальность применения пешеходных взрывных устройств вместо искусственных дорожных неровностей / Т.В. Данилова, Ю.В. Шешалевич // Молодежный вестник ИРГТУ. – 2017. – № 3. – с. 19.
- 11 Пугачев, И.Н. Организация движения автомобильного транспорта в городах: учебное пособие / И.Н. Пугачев. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2005. – 196 с.

12 Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М: Академкнига, 2005. – 279 с.

13 ГОСТ Р 52290–2004 Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования.

14 ГОСТ Р 51256-2011 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования

15 Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001. – 247 с.

16 ОСТ 218.1.002–2003 Автобусные остановки на автомобильных дорогах. Общие технические требования.

17 Городокин, В.А. Оптимизация работы светофорного объекта по основным тактам цикла / В.А. Городокин, З.В. Альметова, О.В. Леонова // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2015. – № 4. – с. 67–76.

18 Городокин, В.А. Организация дорожного движения. Расчет беззаторного проезда узла улично-дорожной сети: учебное пособие / В.А. Городокин, И.Д. Алферова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 39 с.

19 The Highway Code, road safety and vehicle rules. – <https://www.gov.uk/browse/driving/highway-code-road-safety>

20 Tan, C.H. European Practices and innovations for Pedestrian Crossings / C.H. Tan, C.V. Zegeer // ITE Journal. – 1995. – № 11. – P. 24–34.

21 Czajewski, W. Innovative solutions for improving safety at pedestrian crossings / W. Czajewski, P. Dabkowski, P. Plszewski // Transport System Telematics. – 2013. – № 5. – P. 14–20.

22 Hamed, M.M. Analysis of pedestrians' behavior at pedestrian crossings / M.M. Hamed // Safety Science. – 2001. – № 38. – P. 63–82.

23 Li, Y. Pedestrian behavior and safety on a two-stage crossing with a center refuge island and the effect of winter weather on pedestrian compliance rate / Y. Li, G. Fernie // *Accident Analysis & Prevention*. – 2010. – № 42. – P. 1156–1163.

24 Wang, X. Pedestrian Delay at signslized intersections with a two-stage crossing design / X. Wang, Z. Tian // *Transportation Research record: Journal of the transportation research board*. – 2010. – № 2173. – P. 133–138.

25 Ma, W. Signal timing optimization models for two-stage midblock pedestrian crossing / W. Ma, X. Yang, W. Pu // *Transportation Research record: Journal of the transportation research board*. – 2010. – № 2198. – P. 133–144.