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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Е.С. Воеводин
«___» _____ 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.01 – Технология транспортных процессов
«Совершенствование организации дорожного движения на участках УДС Советского района г. Красноярска (ул. 9 Мая)»

Руководитель канд. техн. наук Е.С. Воеводин

Выпускник В.А. Кадкина

Красноярск 2020

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Е.С. Воеводин
«___» _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студенту Кадкиной Виктории Андреевне

Группа: ФТ16-06Б Направление (специальность) 23.03.01 «Технология транспортных процессов»

Тема выпускной квалификационной работы «Совершенствование организации дорожного движения на участках УДС Советского района г. Красноярска (ул. 9 Мая)»

Утверждена приказом по университету №24/с от 14 января 2020 года

Руководитель ВКР: Воеводин Е.С. – доцент, канд. техн. наук кафедры «Транспорт» ПИ СФУ

Исходные данные для ВКР:

1. Данные по существующей организации дорожного движения на участках УДС Советского района г. Красноярска.

2. Карта-схема Советского района г. Красноярска.

3. Статистика аварийности Советского района г. Красноярска за 2015 – 2019 годы.

Перечень разделов ВКР:

– технико-экономическое обоснование;

– технологическая часть;

– экономическая часть.

Перечень графического материала:

лист 1 – Существующая схема ОДД на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов;

лист 2 – Проектируемая схема ОДД на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов;

лист 3 – Проектируемая схема ОДД на пересечении ул. 9 Мая – ул. Водопьянова;

лист 4 – Проектируемая схема ОДД на пересечении ул. 9 Мая – ул. Урванцева;

лист 5 – Проектируемая схема ОДД на пересечении ул. 9 Мая – пр. Комсомольский;

лист 6 – Схема координированного регулирования по типу «Зеленая волна»

Презентационный материал – слайдов.

Руководитель Е.С. Воеводин

Задание принял к исполнению В.А. Кадкина

«__»_____2020

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме: «Совершенствование организации дорожного движения на участках УДС Советского района г. Красноярска (ул. 9 Мая)» содержит 105 страницы текстового документа, 17 использованных источников, 6 листов графического материала.

УЛИЧНО-ДОРОЖНАЯ СЕТЬ (УДС), ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК, ИНТЕНСИВНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ, ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ (ДТП), ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ (ОДД), БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ (БД), ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО (ТС).

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка мероприятий по совершенствованию организации и повышению безопасности движения по УДС Советского района г. Красноярска.

В результате анализа существующей организации дорожного движения была определена наиболее эффективная схема организации пешеходных и транспортных потоков на участке УДС. Представленные мероприятия по совершенствованию организации дорожного движения приведут к увеличению пропускной способности, снижению аварийности и задержек транспортных средств.

Анализ результативности предложенных мероприятий по повышению безопасности движения на участке улично-дорожной сети осуществлен с помощью программы имитационного моделирования дорожного движения PTV VISSIM.

Предложенные мероприятия обоснованы соответствующими экономическими расчетами.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 7
1 Технико-экономическое обоснование 8
1.1 Анализ существующих транспортных потоков на основных магистральных улицах Советского района г. Красноярска 10
1.2 Анализ аварийности на УДС Советского района г. Красноярска 20
2 Технологическая часть 32
2.1 Анализ развития улично-дорожной сети Советского района 32
2.2 Исследование перспективной интенсивности движения на участке УДС Советского района г. Красноярска 35
2.3 Обзор и анализ методов организации движения на рассматриваемой УДС Советского района 38
2.4 Проект организации движения в разных уровнях на участке ул. 9 Мая – ул. Авиаторов 39
2.4.1 Выбор типа транспортной развязки уровнях на участке ул. 9 Мая – ул. Авиаторов 40
2.4.2 Определение пропускной способности транспортной развязки на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов 46
2.4.3 Проектирование распределительного кольцевого пересечения ... 47
2.4.4 Проектирование элементов канализированного движения на рассматриваемом участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов 51
2.4.5 Расчет геометрических параметров проектируемого тоннеля 54
2.4.6 Расчет геометрических параметров эстакады на рассматриваемом участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов 56
2.4.7 Организация пешеходного движения на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов 59
2.4.8 Организация дорожного движения на проектируемых эстакаде и кольцевом пересечении на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов 60
2.5 Организация светофорного регулирования движения на рассматриваемых участках УДС 64
2.5.1 Расчет фаз светофорного регулирования на пересечении ул. 9 Мая – ул. Водопьянова 68
2.5.2 Расчет фаз светофорного регулирования на пересечении ул. 9 Мая – ул. Урванцева 75
2.5.3 Расчет фаз светофорного регулирования на пересечении ул. 9 Мая – пр. Комсомольский 82
2.6 Проект схемы организации движения на рассматриваемом участке УДС с координированным светофорным регулированием по типу «Зеленая волна» 89
2.7 Оценка эффективности предлагаемых мероприятий по совершенствованию организации движения на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов 92
3 Экономическая часть 95

3.1 Расчет экономической эффективности предлагаемых мероприятий по совершенствованию ОДД на участке УДС Советского района г. Красноярска 95
3.2 Расчет экономии от снижения затрат времени транспорта 100
3.3 Расчет срока окупаемости комплекса мероприятий по совершенствованию ОДД на участке УДС Советского района г. Красноярска 101
Заключение 103
Список использованных источников 104
Приложение А Листы графической части 106
Приложение Б Презентационный материал 113

ВВЕДЕНИЕ

Рост автомобилизации в городах и повышение интенсивности дорожного движения привели к снижению скоростей движения, возникновению задержек в транспортных узлах, ухудшению условий движения, повышению загазованности и уровня шума в городской застройке, росту аварийности на улично-дорожной сети. Данные факторы вызывают необходимость разработки эффективных мероприятий по устранению негативных последствий, особенно по снижению количества дорожно-транспортных происшествий.

Наибольшая доля количества ДТП возникает в условиях городского движения, причем больше половины концентрируется в зонах пересечений магистралей. Поэтому проблема организации и безопасности движения ставит важнейшую градостроительную задачу, от правильного решения которой зависят надежность и качество функционирования всей городской транспортной системы и возможности реализации необходимых инженерно-технических решений.

Существующая схема УДС города Красноярска, обязывает производить строительство дорог с учетом роста интенсивности движения и увеличения транспортного потока. Рост автомобилизации, строительство новых жилых микрорайонов, торговых центров и прочей инфраструктуры создает проблемы на дорогах города. Основными проблемами транспортной сети г. Красноярска являются загруженность УДС при выезде на основные магистральные улицы, увеличение количества ДТП, недостаточное оснащение техническими средствами многих участков УДС.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения на участке УДС Советского района города Красноярска, на пересечениях ул. 9 Мая – ул. Авиаторов, ул. 9 Мая – ул. Водопьянова, ул. 9 Мая – ул. Урванцева и ул. 9 Мая – пр. Комсомольский. Чтобы достигнуть максимальной пропускной способности УДС, сократить количество ДТП и обеспечить безопасность транспортных средств необходимо проанализировать эффективность данных мероприятий по совершенствованию ОДД с помощью программы PTV Vision® VISSIM.

1 Технико-экономическое обоснование

Советский район – самая большая административно-территориальная единица города Красноярск, находящаяся на левом берегу Енисея. По состоянию на 2017 год численность жителей района составляет 323 783 человек. Район занимает площадь 93,7 км^2. Граничит с Центральным районом по левому берегу реки Кача, далее граница переходит на север по четной стороне ул. Шахтеров. С правым берегом Енисея район связывают автомобильный Октябрьский мост и автомобильно-железнодорожный мост «777» [1].

Для жителей г. Красноярск Советский район является одним из самых привлекательных для приобретения недвижимости и размещения бизнеса на его территории, в связи с этим в последние годы наблюдается динамичный рост численности населения района, а также район традиционно остается рекордсменом по уровню жилой застройки. Площадь жилого фонда района составляет 7325,7 тыс. м^2.

Карта-схема Советского района представлена на рисунке 1.1.

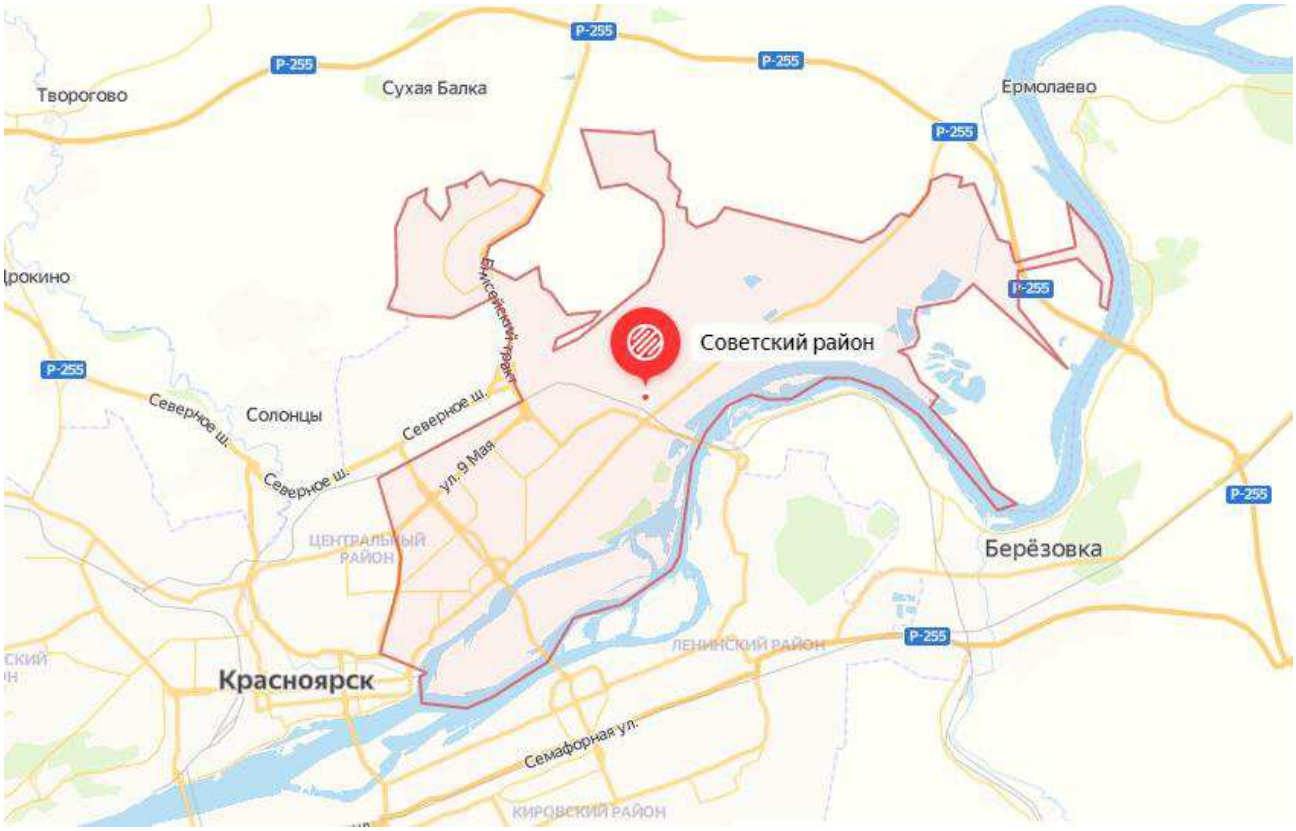


Рисунок 1.1 – Карта-схема Советского района города Красноярск

Советский район разделен на следующие микрорайоны: Солнечный, Нанжуль-Солнечный, Северный, Взлетка, Преображенский, Иннокентьевский, 3-й Иннокентьевский, Индустриальный, Ястынское поле, Звездный, квартал Бадалык, поселок Песчанка. Также идет строительство

нового микрорайона Скандис. На рисунке 1.2 представлены микрорайоны Советского района на карте г. Красноярска.

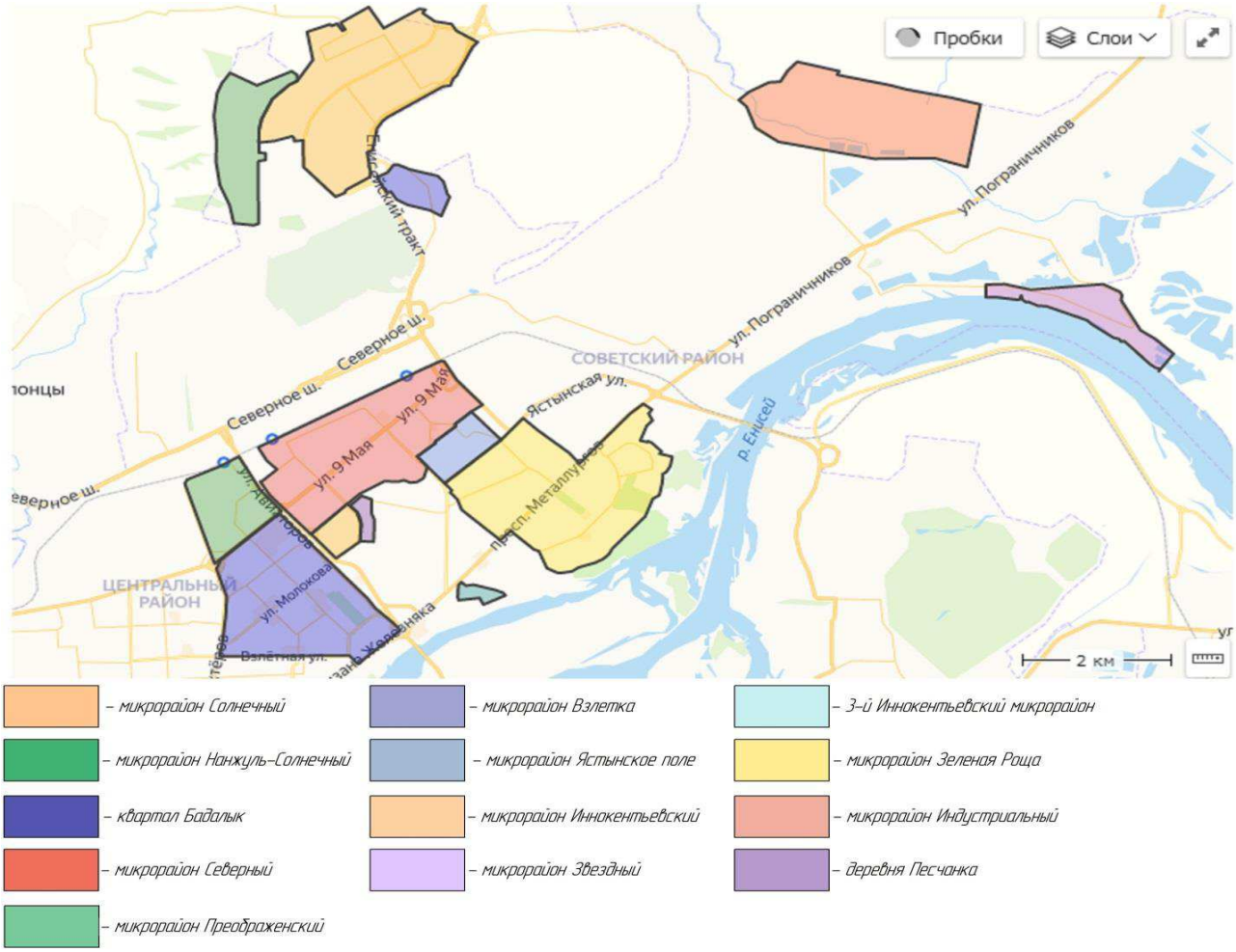


Рисунок 1.2 – Микрорайоны Советского района на карте г. Красноярска

На данный момент в Советском районе находятся крупные гипермаркеты «Лента» и «Окей», а также торгово-развлекательные центры « Планета» и «Июнь», в которые ежедневно устремляются за покупками тысячи Красноярцев, оптово-розничные точки по продаже строительных материалов, техники и многое другое. Всё это дает значительную нагрузку на транспортную сеть района и создает заторовые ситуации. И хотя транспортная инфраструктура района развита не менее чем инженерная, улично-дорожная сеть не может выдержать возрастающую с каждым годом транспортную нагрузку. В данный момент по этим магистралям проходит основной потом транспортных средств. Карта-схема магистральных улиц района представлена на рисунке 1.3.

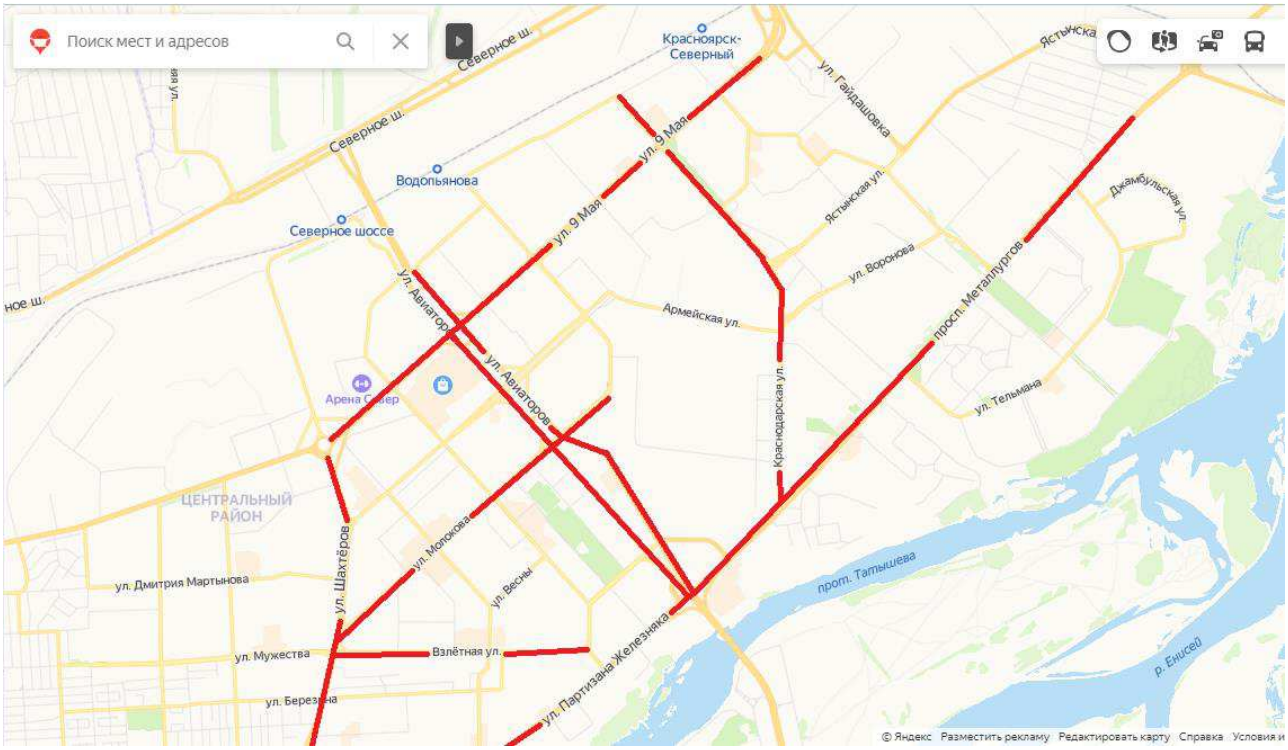


Рисунок 1.3 – Карта-схема магистральных улиц Советского района

Основные магистральные улицы общегородского значения: ул. 9 Мая, ул. Партизана Железняка, ул. Авиаторов, ул. Шахтеров, пр. Комсомольский, ул. Молокова, ул. Взлетная и пр. Металлургов.

1.1 Анализ существующих транспортных потоков на основных магистральных улицах Советского района г. Красноярска

Транспортный поток – это упорядоченное транспортной сетью движение транспортных средств. Характеризуется следующими основными показателями: интенсивность движения, временной интервал, плотность движения и скорость.

Транспортный поток в настоящее время на основных магистральных улицах Советского района транзитный, неравномерный и имеет сезонный характер. В весенне-осенний период жители города в пятницу выезжают за город и возвращаются в воскресенье вечером, в результате чего увеличивается транспортный поток и возникают заторовые ситуации. Также по ул. 9 Мая, ул. Шахтеров, ул. Авиаторов проезжает множество легковых и грузовых автомобилей, так как в районе находится много мест тяготения населения, таких как промышленные предприятия, торговые центры и бизнес центры. Вследствие чего наблюдается неравномерное распределение транспортных потоков во времени и их высокая интенсивность в «часы пик».

Анализ существующих транспортных потоков на основных магистральных улицах района проведен методом натурных обследований, а также с помощью статистических данных. Основной задачей анализа

транспортных потоков является формулировка заданий по разработке системы мероприятий, направленных на оптимизацию дорожного движения.

Наиболее удобно проанализировать заторовые ситуации на дорогах города с помощью сервиса «Яндекс.Пробки». «Яндекс.Пробки» показывают пользователям картину загруженности дорог. Для этого сервис собирает из разных источников данные о загруженности улиц, анализирует их и отображает на «Яндекс.Картах». В наиболее крупных городах, где пробки – серьезная проблема, сервис рассчитывает балл пробок – средний уровень загруженности.

Наблюдения за ситуацией на улицах Советского района производились в будние дни с понедельника по пятницу три раза в сутки: с 07:00 до 09:00 утром, с 13:00 до 14:00 днем и с 17:00 до 19:00 вечером [2].

На рисунках 1.4 – 1.6 представлены состояния загруженности основных магистральных улиц Советского района.

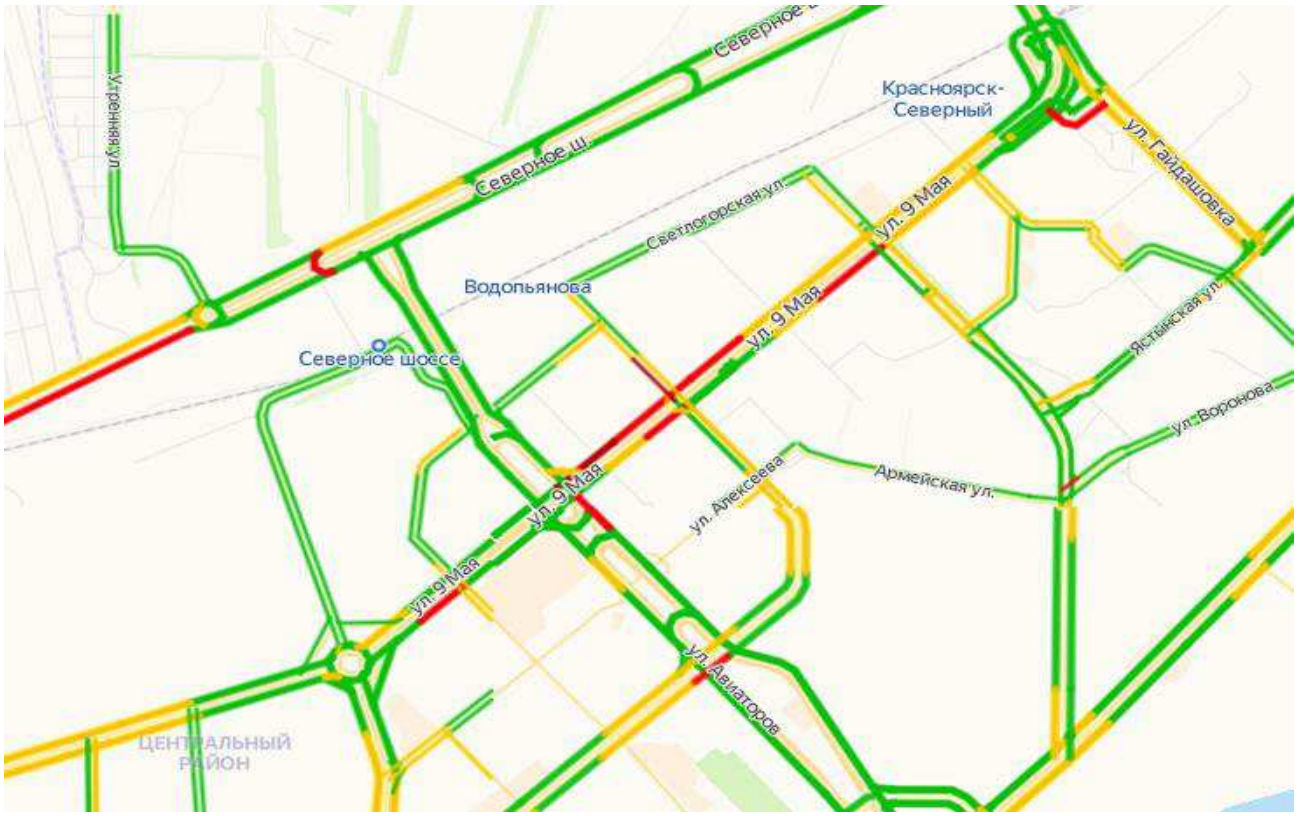


Рисунок 1.4 – Состояние загруженности основных магистральных улиц Советского района в будние дни в утренние «часы-пик»

Рисунок 1.5 – Состояние загруженности основных магистральных улиц Советского района в будние дни в обеденное время

Рисунок 1.6 – Состояние загруженности основных магистральных улиц Советского района в будние дни в вечерние «часы-пик»

Исходя из анализа рисунков 1.4 – 1.6 можно сделать вывод, что в пиковое время на рассматриваемых участках УДС имеются выраженные транспортные задержки, которые влияют на интенсивность движения транспортных средств. Основные заторовые ситуации наблюдаются на пересечениях ул. 9 Мая – ул. Авиаторов, ул. 9 Мая – ул. Водопьянова, ул. 9 Мая – ул. Урванцева и ул. 9 Мая – пр. Комсомольский. Также можно сказать, что транспортные задержки различны в зависимости от пикового времени. Для более полной оценки рассмотрим интенсивность движения транспортных средств на данных пересечениях.

Основными показателями эффективной работоспособности автомобильной дороги и ее отдельных конструктивных элементов являются интенсивность движения и состав транспортного потока. Учет интенсивности движения проводят с целью использования полученных данных при планировании развития дорожной сети, проектировании, строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог и сооружений на них, а также проведения мероприятий по организации дорожного движения.

Для того чтобы определить интенсивность потоков производятся замеры в течение недели по будним дням и выходным в часы «пик». Утренние часы «пик» находятся в интервале 8–10 часов, обеденные 12–14 часов, вечерние 17–19 часов. Часовая интенсивность движения необходима для определения пропускной способности, размера и продолжительности интенсивности в часы «пик». В периоды часов «пик» интенсивность в 1,5–2 раза выше среднечасовой интенсивности движения. Около 80% движения приходится на период 8–20 часов.

Состав транспортного потока (наличие в составе транспортных средств различного типа) – оценка осуществляется сходя из процентного состава или доли транспортных средств различных типов. Состав транспортного потока характеризуется соотношением в нем транспортных средств различного рода. Состав транспортного потока оказывает значительное влияние на все параметры, характеризующие дорожное движение. Вместе с тем состав потока обычно отражает общий состав парка автомобилей в стране, области, городе.

Для проведения анализа была выбрана методика натурного исследования транспортных потоков. Натурные исследования являются одним из нескольких способов получения достоверной информации о состоянии дорожного движения и позволяют дать точную характеристику существующих транспортных или пешеходных потоков. Замеры производились в будние дни недели в вечернее время с 18:00 –19:00 часов. Затем из текущей интенсивности путем умножения на коэффициент приведения (таблица 1.1), получаем приведенную. Расчет интенсивности в приведенных единицах производится по формуле 1.1.

$$q_{\text{пр}} = \sum_i^n \left(q_i * K_{\text{пр}i}\right), \qquad (1.1)$$

где $q_{\text{пр}}$ – интенсивность движения в приведенных единицах;

q_i – интенсивность автомобилей i-го типа;

$K_{\text{пр}i}$ – коэффициент приведения для автомобилей i-го типа.

Таблица 1.1 – Коэффициенты приведения

Наименование единицы	Коэффициент
Легковые	1
Грузовые	2
Автобусы	2,5
Троллейбусы	3

Приведенная интенсивность транспортных потоков по направлениям на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов представлена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Интенсивность движения транспорта по направлениям с учетом приведенных единиц на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Перекресток	Направление	Интенсивность движения, авт/ч				Интенсивность движения, прив. ед/ч
		Легковые	Грузовые	Автобусы	Троллейбусы	
ул. 9 Мая – ул. Авиаторов	1-2	1490	72	15	-	1679
	1-3	224	10	12	-	274
	1-4	369	6	3	-	389
	2-1	1254	54	10	-	1387
	2-3	351	6	6	-	378
	2-4	298	16	11	-	358
	3-2	184	6	4	-	206
	3-4	1165	11	17	-	1230
	4-1	341	42	6	-	440
	4-3	1128	17	8	-	1182
Итого						7523

На основании данных таблицы 1.1 построим картограмму интенсивности транспортных потоков на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов. Картограмма нужна для наглядного представления о движении транспортного потока по направлениям на пересечении. Картограмма представлена на рисунке 1.7.

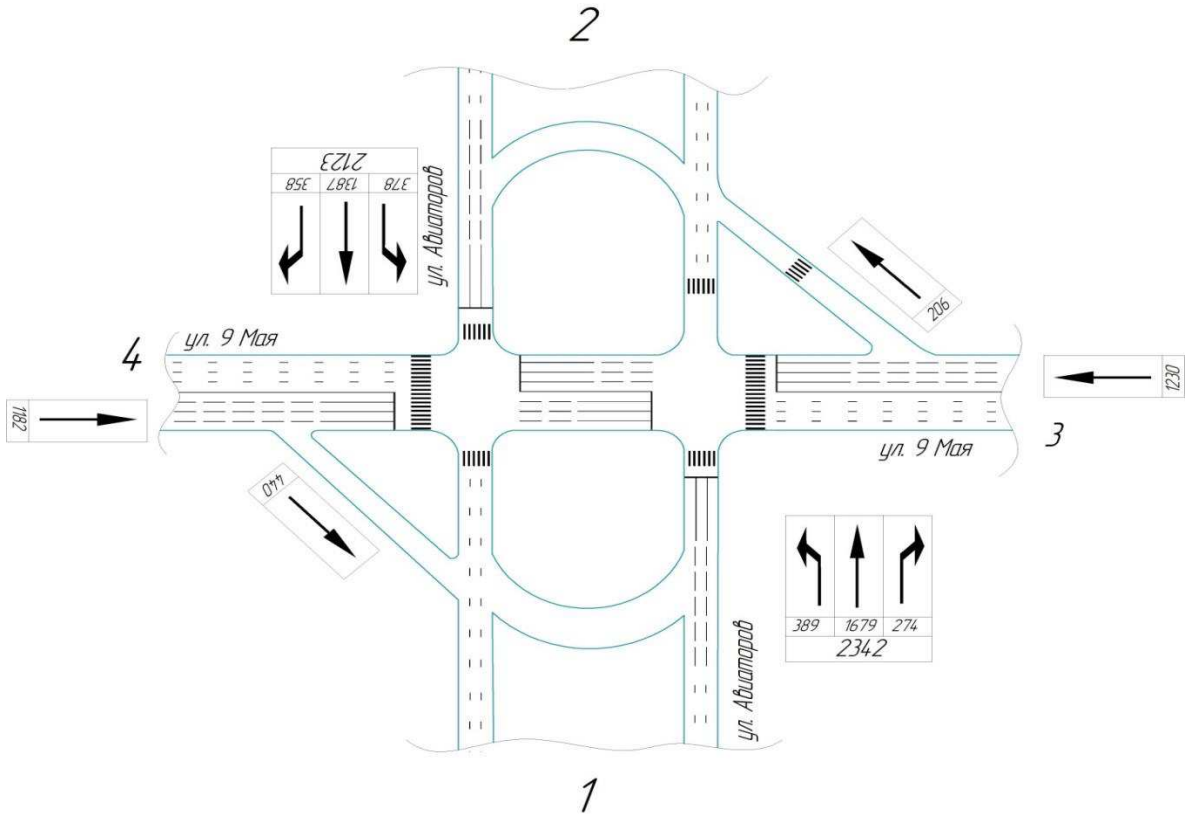


Рисунок 1.7 – Картограмма распределения интенсивности движения по направлениям на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Анализируя данные таблицы 1.2 и рисунка 1.7 можно утверждать о высокой интенсивности потока по ул. Авиаторов, максимум которой достигается в вечерний «час пик» и составляет 2342 ед./час. Магистрали ул. 9 Мая и ул. Авиаторов являются основными для выезда на Северное Шоссе, через которое в свою очередь движется основной поток автомобилей в направлении пос. Солонцы или же в микрорайон Солнечный.

Приведенная интенсивность транспортных потоков по направлениям на пересечении ул. 9 Мая – ул. Водопьянова представлена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Интенсивность движения транспорта по направлениям с учетом приведенных единиц на пересечении ул. 9 Мая – ул. Водопьянова

Перекресток	Направление	Интенсивность движения, авт/ч				Интенсивность движения, прив. ед/ч
		Легковые	Грузовые	Автобусы	Троллейбусы	
ул. 9 Мая – ул. Водопьянова	1-2	680	2	32	-	764
	1-3	205	2	8	-	229
	1-4	200	4	9	-	231
	2-1	461	4	32	-	549
	2-3	317	1	8	-	339

Продолжение таблицы 1.3

Перекресток	Направление	Интенсивность движения, авт/ч				Интенсивность движения, прив. ед/ч
		Легковые	Грузовые	Автобусы	Троллейбусы	
ул. 9 Мая – ул. Водопьянова	2-4	155	-	6	-	170
	3-1	415	2	6	-	434
	3-2	150	2	6	-	169
	3-4	136	2	8	-	160
	4-1	98	4	6	-	121
	4-2	358	6	10	-	395
	4-3	68	-	6	-	83
Итого						3645

Картограмма представлена интенсивности транспортных потоков на пересечении ул. 9 Мая – ул. Водопьянова представлена на рисунке 1.8.

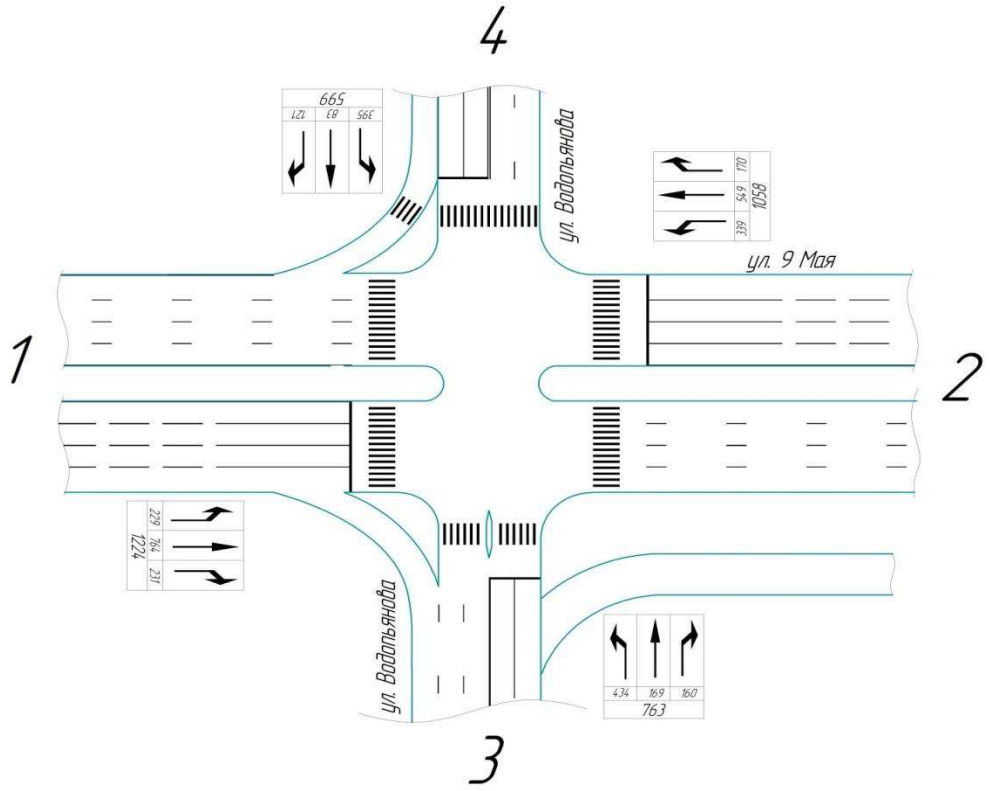


Рисунок 1.8 – Картограмма распределения интенсивности движения по направлениям на пересечении ул. 9 Мая – ул. Водопьянова

Исходя из представленных данных (таблица 1.3), можно сделать вывод о том, что наибольшая интенсивность транспортных потоков на пересечении ул. 9 Мая – ул. Водопьянова наблюдается вдоль магистрали ул. 9 Мая. Наибольшая интенсивность имеет значение 1224 ед./час в направлении к Енисейскому тракту.

Приведенная интенсивность транспортных потоков по направлениям на пересечении ул. 9 Мая – ул. Урванцева представлена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Интенсивность движения транспорта по направлениям с учетом приведенных единиц на пересечении ул. 9 Мая – ул. Урванцева

Перекресток	Направление	Интенсивность движения, авт/ч				Интенсивность движения, прив. ед/ч
		Легковые	Грузовые	Автобусы	Троллейбусы	
ул. 9 Мая – ул. Урванцева	1-2	546	2	28	-	620
	1-3	169	4	3	-	185
	1-4	105	0	1	-	108
	2-1	598	4	30	-	547
	2-3	401	1	2	-	508
	2-4	145	1	6	-	162
	3-1	207	2	1	-	214
	3-2	201	2	1	-	208
	3-4	111	0	2	-	116
	4-1	78	0	2	-	82
	4-2	65	4	2	-	78
	4-3	75	-	4	-	85
Итого						2913

Картограмма представлена интенсивности транспортных потоков на пересечении ул. 9 Мая – ул. Урванцева представлена на рисунке 1.9.

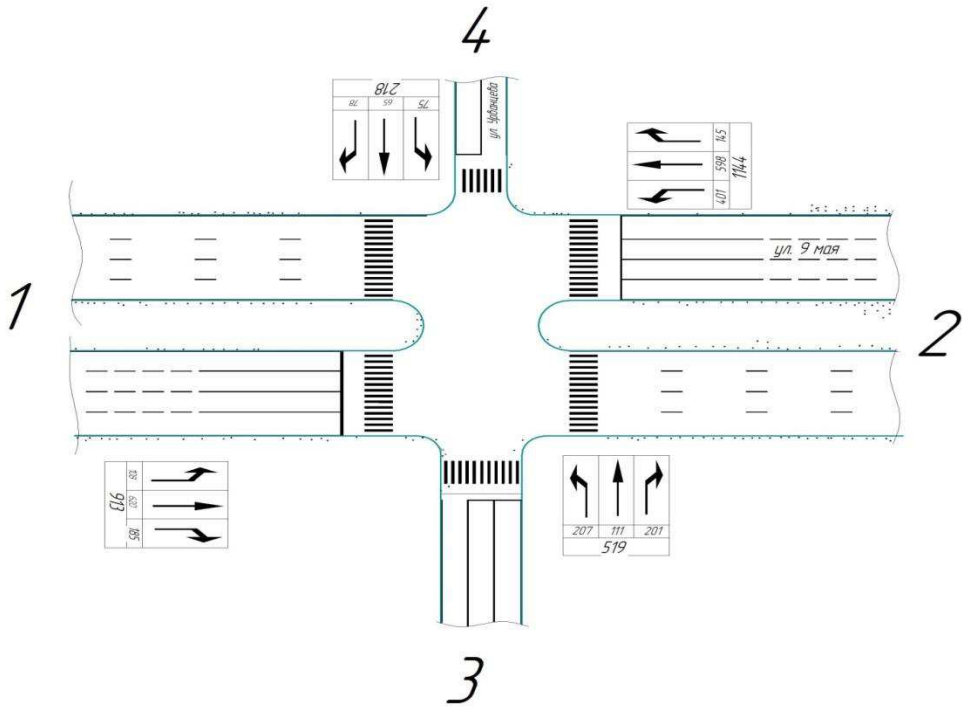


Рисунок 1.9 – Картограмма распределения интенсивности движения по направлениям на пересечении ул. 9 Мая – ул. Урванцева

Исходя из представленных данных (таблица 1.3), можно сделать вывод о том, что наибольшая интенсивность транспортных потоков на пересечении ул. 9 Мая – ул. Урванцева наблюдается вдоль магистрали ул. 9 Мая. Наибольшая интенсивность имеет значение 1144 ед./час в направлении ул. Авиаторов.

Приведенная интенсивность транспортных потоков по направлениям на пересечении ул. 9 Мая – пр. Комсомольский представлена в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Интенсивность движения транспорта по направлениям с учетом приведенных единиц на пересечении ул. 9 Мая – пр. Комсомольский

Перекресток	Направление	Интенсивность движения, авт/ч				Интенсивность движения, прив. ед/ч
		Легковые	Грузовые	Автобусы	Троллейбусы	
	1-2	852	2	48	-	976
	1-3	780	6	24	-	852
	1-4	258	2	-	-	262
	2-1	870	4	48	-	998
	2-3	192	-	6	-	207
	2-4	114	1	12	-	146
	3-1	342	2	36	-	436
	3-2	180	6	36	-	282
	3-4	150	-	12	-	180
	4-1	66	-	6	-	81
	4-2	102	-	-	-	102
	4-3	252	2	12	-	286
Итого						4808

Картограмма представлена интенсивности транспортных потоков на пересечении ул. 9 Мая – пр. Комсомольский представлена на рисунке 1.10.

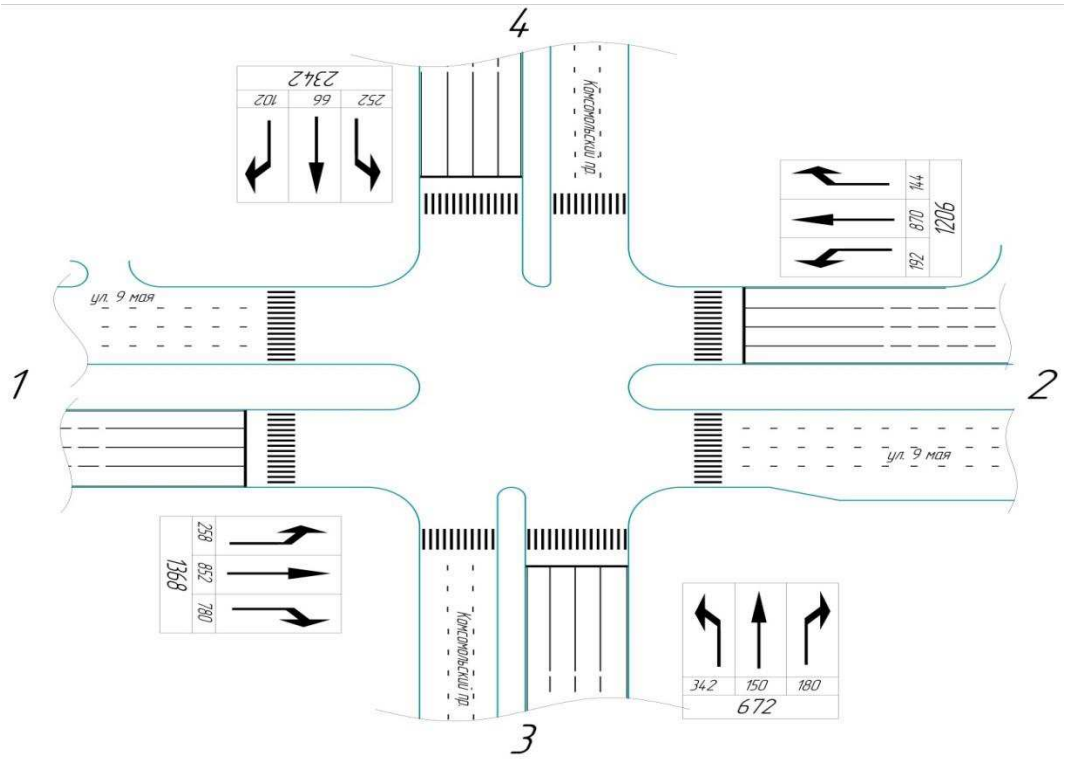


Рисунок 1.10 – Картограмма распределения интенсивности движения по направлениям на пересечении ул. 9 Мая – пр. Комсомольский

Ул. 9 Мая и пр. Комсомольский являются основными магистралями, которые связывают жителей микрорайонов Солнечный, Северный и Зеленая Роща с другими районами города, тем самым обуславливается высокая интенсивность транспортных потоков на данном пересечении.

В связи с растущей автомобилизацией на УДС г. Красноярска дорожная ситуация будет усугубляться, если не применять мер по увеличению пропускной способности улиц и дорог. Характерные для заторовых ситуаций высокая плотность транспортного потока и низкая средняя скорость сообщения делают невозможной эффективную работу транспортной системы города.

Учитывая, что в Советском районе идет активное строительство новых микрорайонов и идет достраивание уже в существующих микрорайонов, это приведет к росту численности населения, а значит и к увеличению количества личного транспорта, в результате ситуация с заторами только усугубится.

Заторы приводят к потери времени владельцев легковых автомобилей, пассажиров общественного транспорта, снижению эффективности грузовых перевозок и увеличению расхода топлива. Все эти факторы оказывают негативное влияние на водителей транспортных средств, что влечет за собой увеличение конфликтных ситуаций и повышает вероятность ДТП. Также заторовые ситуации оказывают негативное воздействие на экологическое состояние окружающей среды.

1.2 Анализ аварийности на УДС Советского района г. Красноярска

Автомобильный транспорт является самым небезопасным из всех доступных человеку. По всем данным именно ДТП ставят на первое место по числу погибших и пострадавших.

ДТП – событие, возникшее в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, сооружения, грузы либо причинен иной материальный ущерб.

Выявление факторов, значимо влияющих на риск дорожно-транспортного происшествия при решении задачи повышения безопасности на дорогах должно рассматриваться как приоритетная задача. Это позволит принимать решения, которые действительно смогут устранить сторонние причины аварий.

Цель исследований и анализа аварийности:

– улучшение организации дорожного движения;

– обоснование комплекса мер по совершенствованию дорожных условий, а также оценка эффективности этих мер;

– прогноз аварийности;

– создание методов обработки информации для сопоставления состояния аварийности и деятельности по безопасности движения по различным направлениям проблемы;

– изучение причин единичных дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Анализ аварийности в данном случае будет проводиться по отношению к предшествующему периоду времени. Рассмотрим общее состояние показателей безопасности дорожного движения по данным ГУОБДД МВД России в Российской Федерации за период 2016 – 2019 годы. Данные представлены в таблице 1.6 [3].

Таблица 1.6 – Данные показателей БДД в РФ за период 2016 – 2019 гг.

Год	Количество ДТП	Количество погибших	Количество раненных
2016	173694	20308	221140
2017	169432	19088	215374
2018	168099	18214	214853
2019	164358	16981	210887

Распределение количества ДТП, погибших и раненных за 2016 – 2019 годы в Российской Федерации представлено на рисунке 1.11.

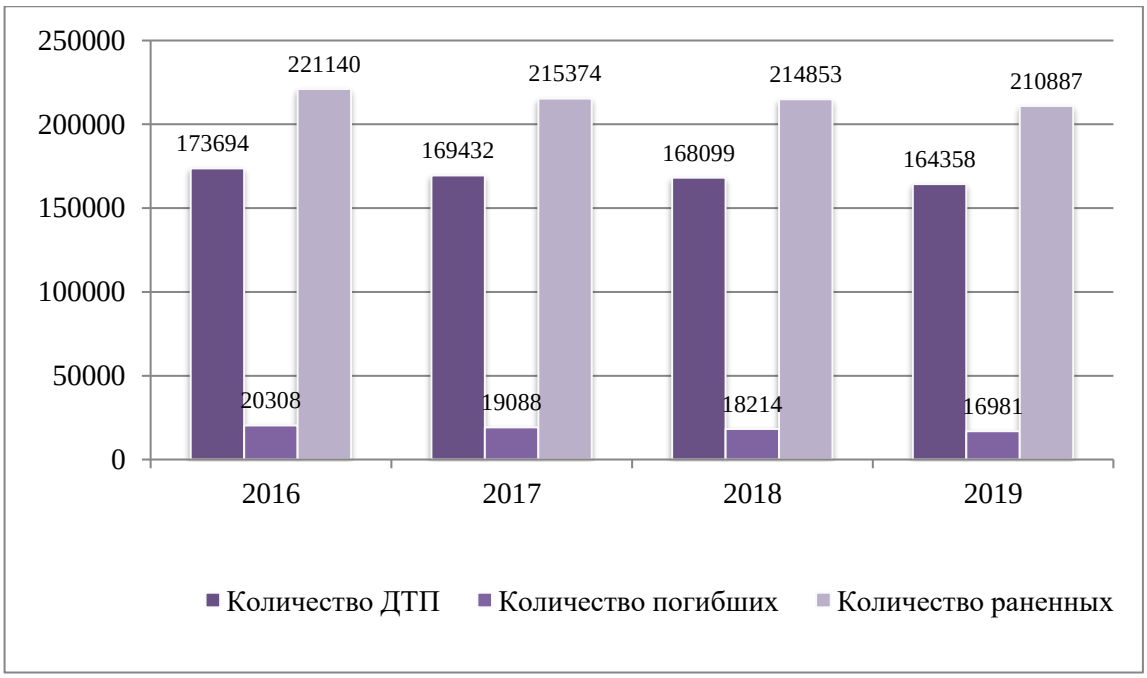


Рисунок 1.11 – Диаграмма аварийности за 2016 – 2019 годы в Российской Федерации

Анализируя представленные данные можно прийти к выводу о том, что количество ДТП, а также сопутствующих показателей имеет тенденцию к уменьшению. Наибольший темп снижения наблюдается в 2019 году по сравнению 2018 годом.

В таблице 1.7 приведено состояние показателей безопасности дорожного движения по данным ГУОБДД МВД России субъектов Сибирского Федерального округа за 2016 – 2019 годы [3].

Таблица 1.7– Данные показателей БДД субъектов Сибирского Федерального округа за 2019 г.

Субъект	Количество ДТП	Количество погибших	Количество раненных	Численность населения
Республика Алтай	326	42	458	220181
Республика Тыва	494	104	757	327383
Республика Хакасия	527	54	657	534262
Алтайский край	2796	252	3584	2317153
Красноярский край	3568	378	4376	2866255
Иркутская область	3287	360	4168	2391193
Кемеровская область	2802	281	3728	2657854
Новосибирская область	1982	274	2555	2798170
Омская область	2913	172	3695	1912622
Томская область	741	106	892	1079271

Распределение количества дорожно-транспортных происшествий, погибших, раненных за 2019 год субъектов Сибирского Федерального округа, представлено на рисунке 1.12.

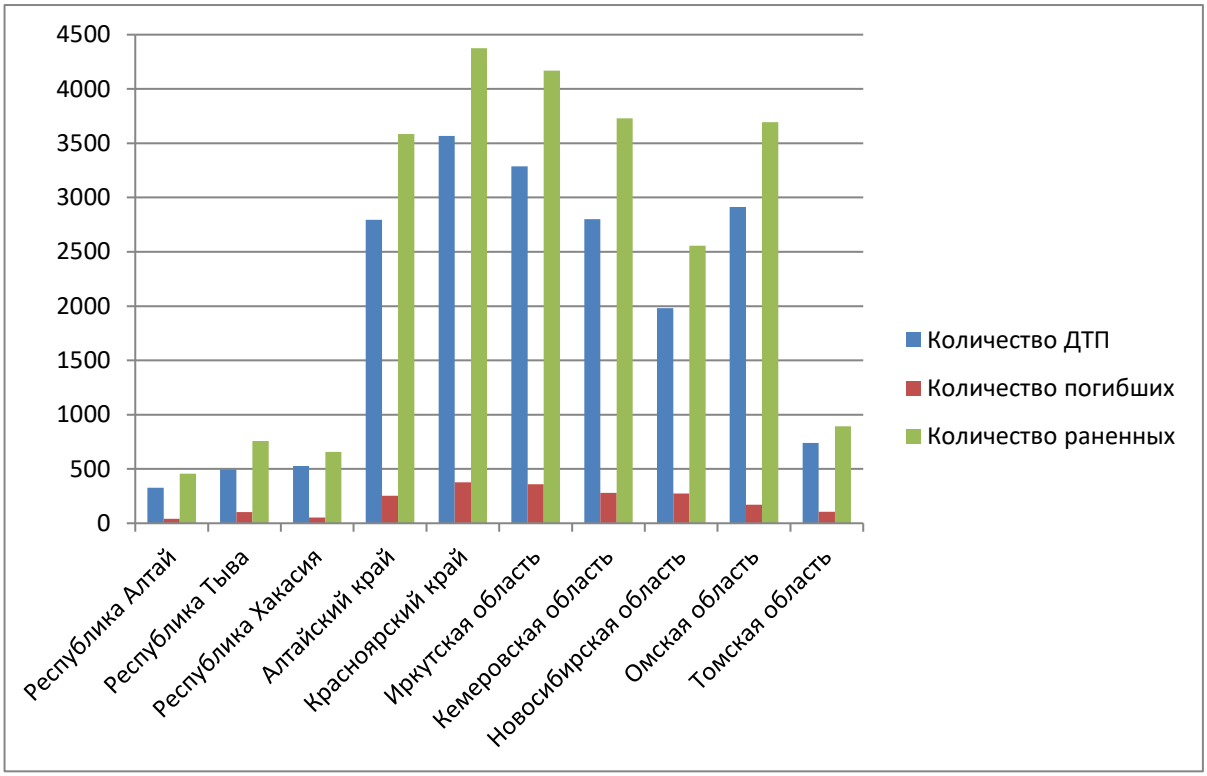


Рисунок 1.12 – Диаграмма распределения количества дорожно-транспортных происшествий, погибших, раненных за 2019 год субъектов Сибирского Федерального округа

Для корректного сравнения состояния аварийности в субъектах СФО используем относительные показатели, характеризующие уровень аварийности по отношению к численности населения. В таблице 1.7 приведены показатели количества ДТП на 1000 жителей по субъектам Сибирского федерального округа за 2019 год.

Таблица 1.7 – Распределение уровней аварийности на 1000 жителей по субъектам Сибирского федерального округа за 2019 год

Субъект	Количество ДТП на 1000 жителей
Республика Алтай	1,48
Республика Тыва	1,51
Республика Хакасия	0,99
Алтайский край	1,21
Красноярский край	1,24
Иркутская область	1,37
Кемеровская область	1,05
Новосибирская область	0,71
Омская область	1,52
Томская область	0,69

Распределение уровней аварийности по отношению к численности населения в субъектах СФО за 2019 год представлено на рисунке 1.13.

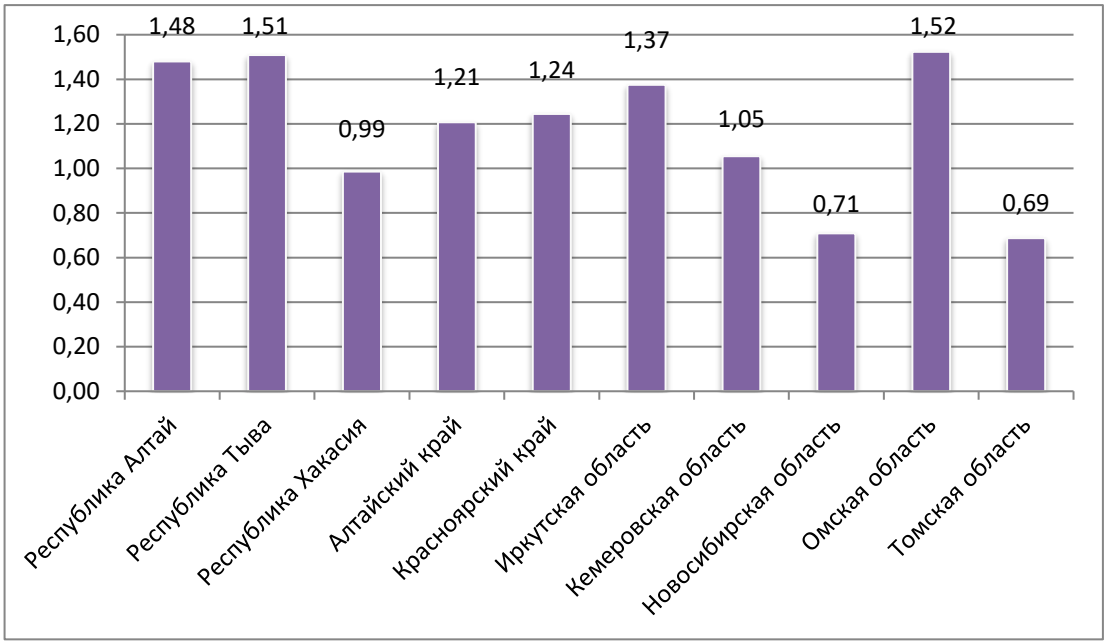


Рисунок 1.13 – Диаграмма распределения уровней аварийности на 1000 жителей по субъектам Сибирского федерального округа за 2019 год

Исходя из представленной диаграммы, видно, что в тройку лидеров по числу аварийности на численность населения входят Омская область, Республика Тыва и Республика Алтай. Красноярский край находится на пятом месте, хотя и имеет самый высокий показатель дорожно-транспортных происшествий.

Рассмотрим общее количество ДТП, пострадавших и раненых на УДС г. Красноярска за последние 5 лет, в период с 2015 по 2019 года. Данные представлены в таблице 1.8 [3].

Таблица 1.8 – Общее количество ДТП, пострадавших и раненых на УДС г. Красноярска в период с 2015 по 2019 года

Год	Количество ДТП	Количество погибших	Количество раненных
2015	1904	77	2193
2016	1766	53	2080
2017	1489	64	1691
2018	1528	46	1699
2019	1467	41	1686

Распределение количества ДТП, погибших и раненных за 2015 – 2019 годы в г. Красноярске представлено на рисунке 1.14.

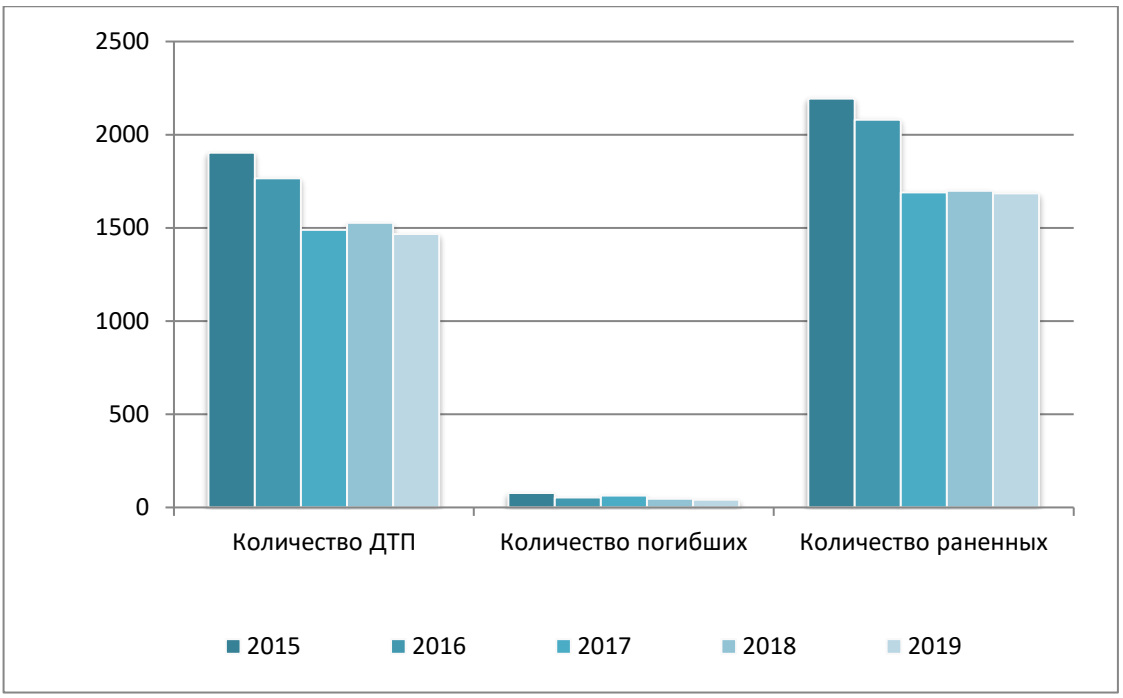


Рисунок 1.14 – Диаграмма распределения количества ДТП, погибших и раненных за 2015 – 2019 годы в г. Красноярске

С 2015 по 2017 годы наблюдалась тенденция к уменьшению количества дорожно-транспортных происшествий в г. Красноярске. С 2017 года по настоящее время показатель количества ДТП имеет стабильный уровень с незначительными отклонениями.

Рассчитаем тяжесть последствий ДТП за 2018 и 2019 годы по формуле (1.2):

$$Т = \frac{К_п}{К_п + К_р}, \quad (1.2)$$

где Т – характеристика тяжести последствий ДТП;

$К_п$ – количество погибших за период;

$К_р$ – количество раненых за период.

Характеристики тяжести последствий ДТП за 2017 и 2018 годы равны:

16= 0,024

17 =0,036

$$Т_{2018} = \frac{46}{46+1699} = 0{,}026,$$

$$Т_{2019} = \frac{41}{41+1686} = 0{,}023.$$

Из полученных расчетов видно, что вместе с уменьшением количества ДТП в 2019 году снизилась и тяжесть последствий ДТП, в сравнении с 2018 годом.

Для более подробного представления об аварийности на УДС г. Красноярск стоит рассмотреть данные о распределении дорожно-транспортных происшествий по районам города, что даст оценить в каких частях города сложилась наиболее критичная ситуация. В таблице 1.9 представлено распределение количества дорожно-транспортных происшествий, погибших, раненных за 2019 год по районам г. Красноярска.

Таблица 1.9 – Распределение количества дорожно-транспортных происшествий, погибших и раненных за 2019 год по районам г. Красноярска

Район	Количество ДТП	Количество погибших	Количество раненных
Железнодорожный	123	5	140
Кировский	138	4	159
Ленинский	177	6	199
Октябрьский	208	3	249
Свердловский	189	7	223
Советский	392	9	441
Центральный	240	7	275
г. Красноярск	1467	41	1686

Распределение количества ДТП, погибших и раненных за 2019 годы по районам г. Красноярска представлено на рисунке 1.15.

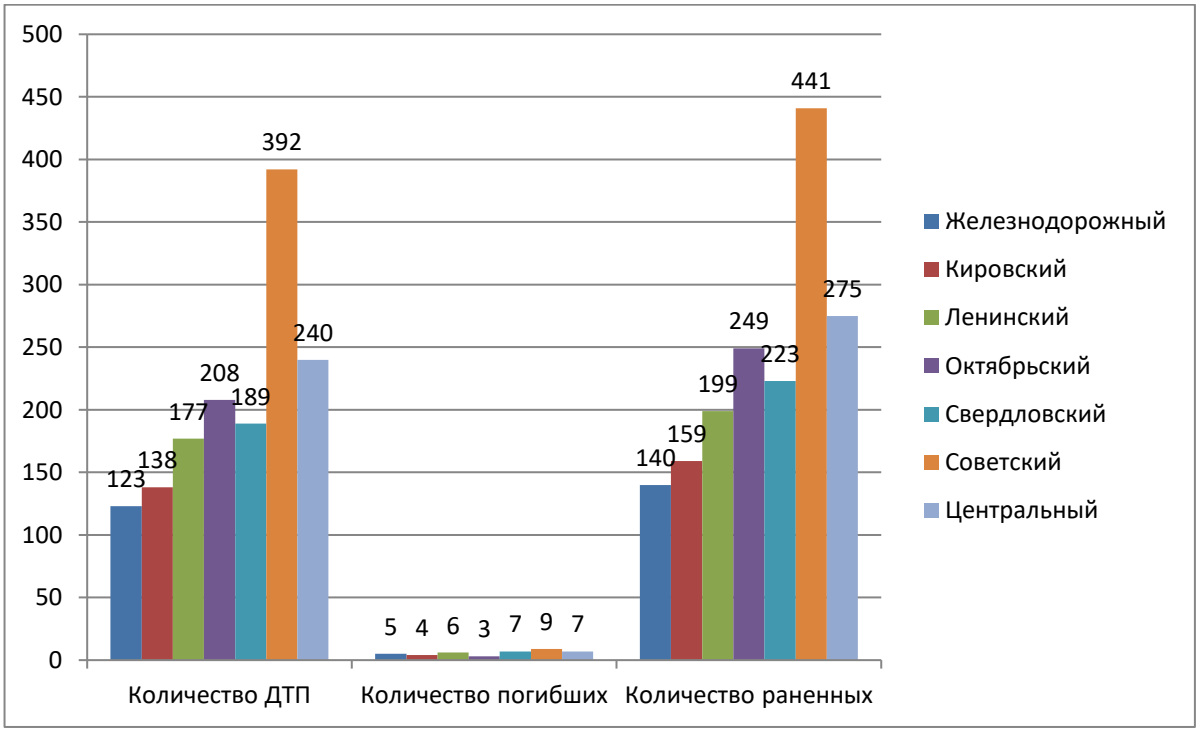


Рисунок 1.15 – Распределение количества ДТП, погибших и раненных за 2019 годы по районам г. Красноярска

Максимальное количество ДТП, погибших и раненых за 2019 год в Советском районе г. Красноярска. Это связано с тем, что у данного района

самая большая территория и большое количество точек тяготения населения города.

Для комплексной оценки обеспечения безопасности дорожного движения по районам г. Красноярска используем характеристику тяжести последствий ДТП. Характеристику тяжести последствий ДТП рассчитаем по формуле (1.2):

$$Т_{ж} = \frac{5}{5+140} = 0{,}034,$$

$$Т_{к} = \frac{4}{4+159} = 0{,}025,$$

$$Т_{л} = \frac{6}{6+199} = 0{,}029,$$

$$Т_{ок} = \frac{3}{3+249} = 0{,}012,$$

$$Т_{св} = \frac{7}{7+223} = 0{,}030,$$

$$Т_{с} = \frac{9}{9+441} = 0{,}02,$$

$$Т_{ц} = \frac{7}{7+275} = 0{,}025.$$

Распределение тяжести последствий ДТП по районам г. Красноярска за 2019 год представлено на рисунке 1.16.

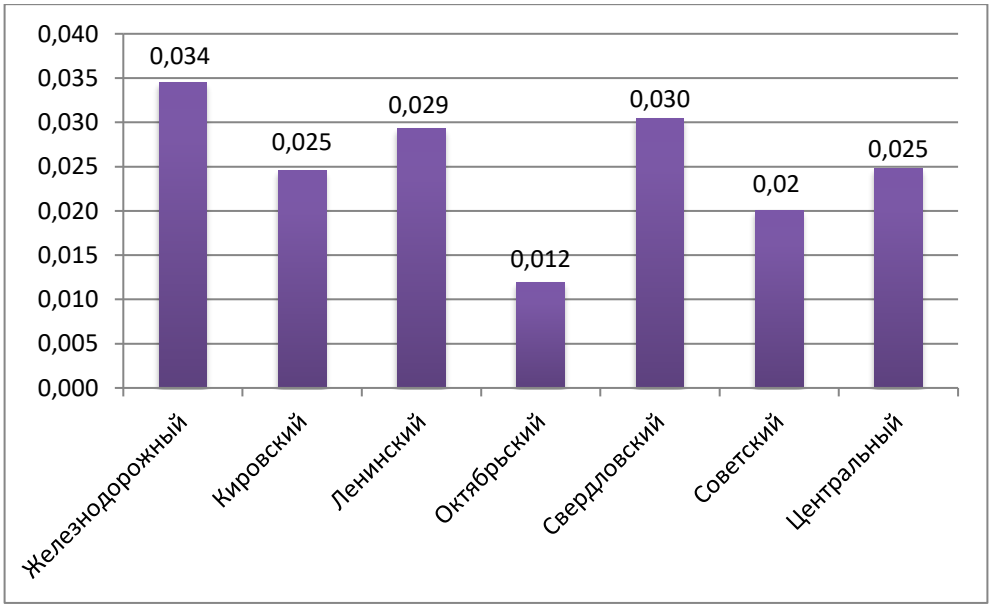


Рисунок 1.16 – Распределение тяжести последствий ДТП по районам г. Красноярска за 2019 год

По рисунку 1.12 видно, что наибольшая тяжесть ДТП характерна для Железнодорожного и Свердловского районов. Хотя в этих районах ДТП случаются не так часто, как в Советском и Центральном районах, однако в Железнодорожном и Свердловском районах ДТП крупнее, вероятно, происходят на больших скоростях, с чем связана тяжесть последствий.

Для более подробной характеристики происшествий в г. Красноярске в таблице 1.10 представлено распределение по видам ДТП в городе за 2019 год.

Таблица 1.10 – Распределение по видам ДТП в г. Красноярске за 2018 год

Вид ДТП	Количество ДТП
наезд на стоящее ТС	14
наезд на пешехода	505
столкновение	634
иной вид	25
падение пассажира	174
опрокидывание	19
наезд на препятствие	74
наезд на велосипедиста	22

На рисунке 1.17 приведено распределение по видам ДТП в г. Красноярске за 2019 год.

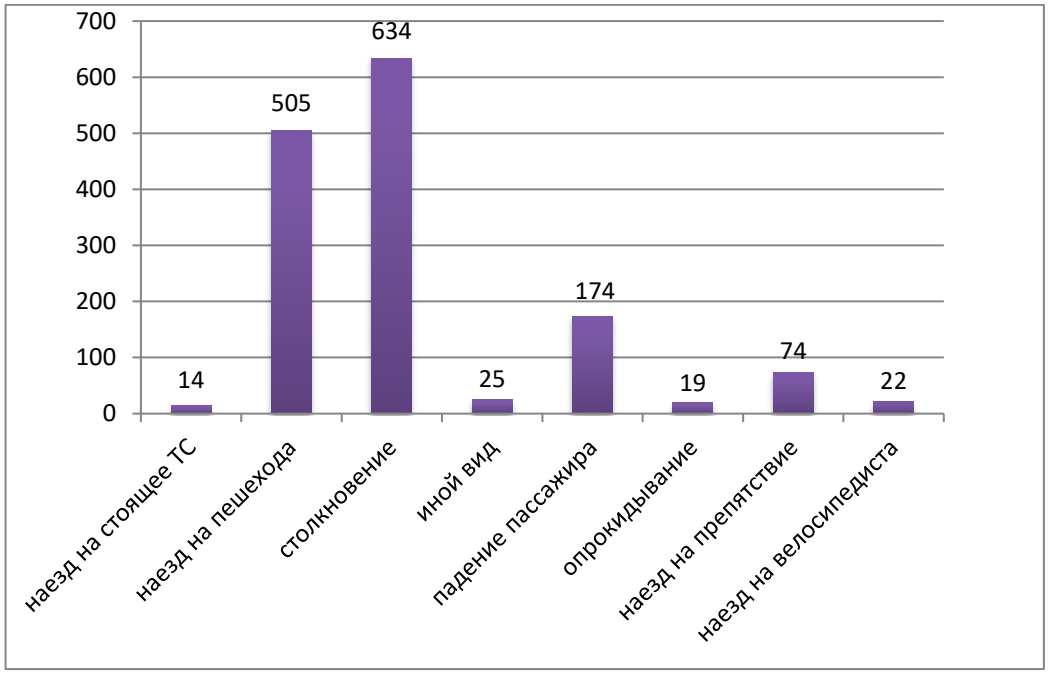


Рисунок 1.17 – Распределение по видам ДТП в г. Красноярске за 2019 год

Наиболее характерными видами ДТП для г. Красноярска в 2019 г. стали столкновение и наезд на пешехода.

Проведем анализ аварийности Советского района г. Красноярска за период с 2015 по 2019 годы. Сведения по количеству ДТП представлены в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Сведения по количеству ДТП Советского района г. Красноярска за период с 2015 по 2019 годы

Район	Год	ДТП
Советский	2015	522
	2016	445
	2017	396
	2018	388
	2019	436

На рисунке 1.18 приведено распределение количества ДТП Советского района г. Красноярска за период с 2015 по 2019 годы.

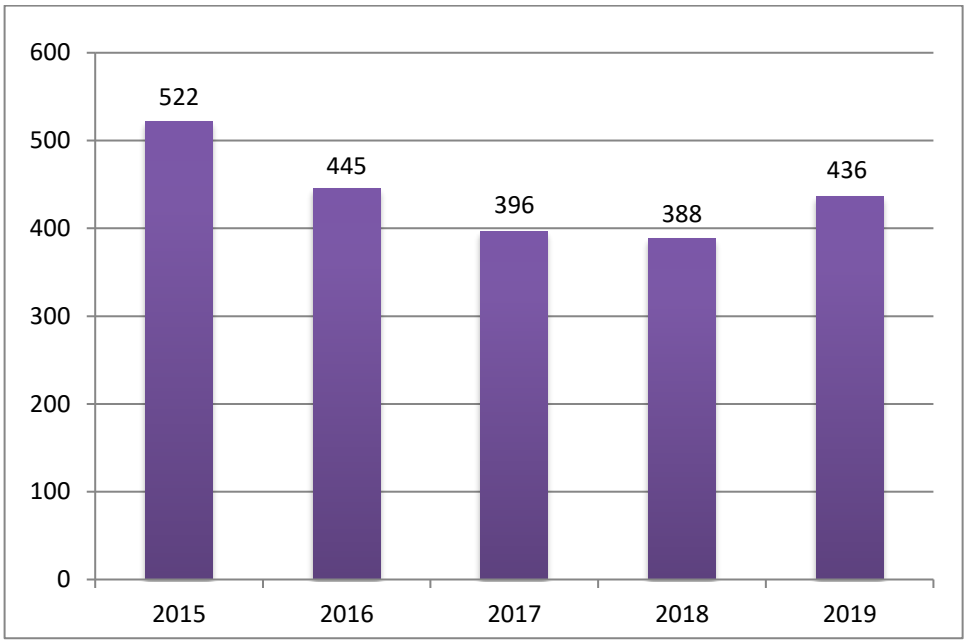


Рисунок 1.18 – Распределение количества ДТП Советского района г. Красноярска за период с 2015 по 2019 годы

Анализируя рисунок 1.14, можно сделать вывод о том, что в с 2015 по 2018 годы наблюдается динамика снижения количества ДТП В Советском районе г. Красноярска. Однако в 2019 году снова произошло резкое увеличение количества ДТП.

Проанализируем аварийность по основным улицам Советского района.. Данные о количестве ДТП по улицам района за 2019 год приведены в таблице 1.12.

Таблица 1.12 – Сведения о количестве ДТП по улицам Советского района за 2019 год

Наименование улицы	Количество ДТП
ул. Партизана Железняка	34
ул. Воронова	6
ул. Молокова	16
Енисейский тракт	11
ул. 60 лет образования СССР	13
ул. Алексеева	10
ул. 9 Мая	38
ул. Водопьянова	6
ул. Авиаторов	6
пр. Металлургов	19
ул. Пограничников	15
ул. 78 Добровольческой бригады	13
ул. Взлетная	12
Северное шоссе	8
ул. Шахтеров	6
ул. Ястынская	6
ул. Краснодарская	10
ул. Аэровокзальная	10
ул. Белинского	6
пр. Комсомольский	5

На рисунке 1.19 представлено распределение количества ДТП по улицам Советского района г. Красноярска за 2019 год.

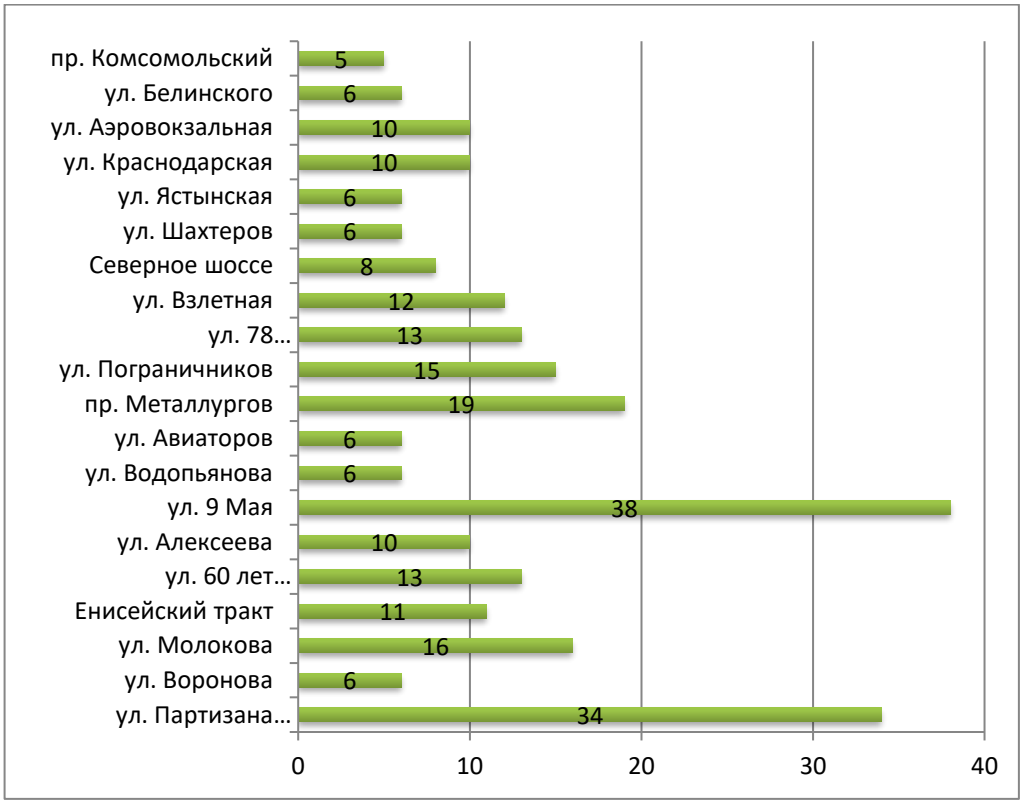


Рисунок 1.19 – Распределение количества ДТП по улицам Советского района г. Красноярска за 2019 год

По распределению, представленному на рисунке 1.19, видно, что наибольшее количество ДТП за 2019 год в Советском районе произошло на ул.9 Мая, ул. Партизана Железняка и пр. Металлургов. Данные улицы магистральные и наиболее протяженные в районе. Высокий уровень аварийности на них, скорее всего, связан с большой интенсивностью движения улиц. На рисунке 1.20 представлена схема концентрации дорожно-транспортных происшествий по магистрали ул. 9 мая Советского района.

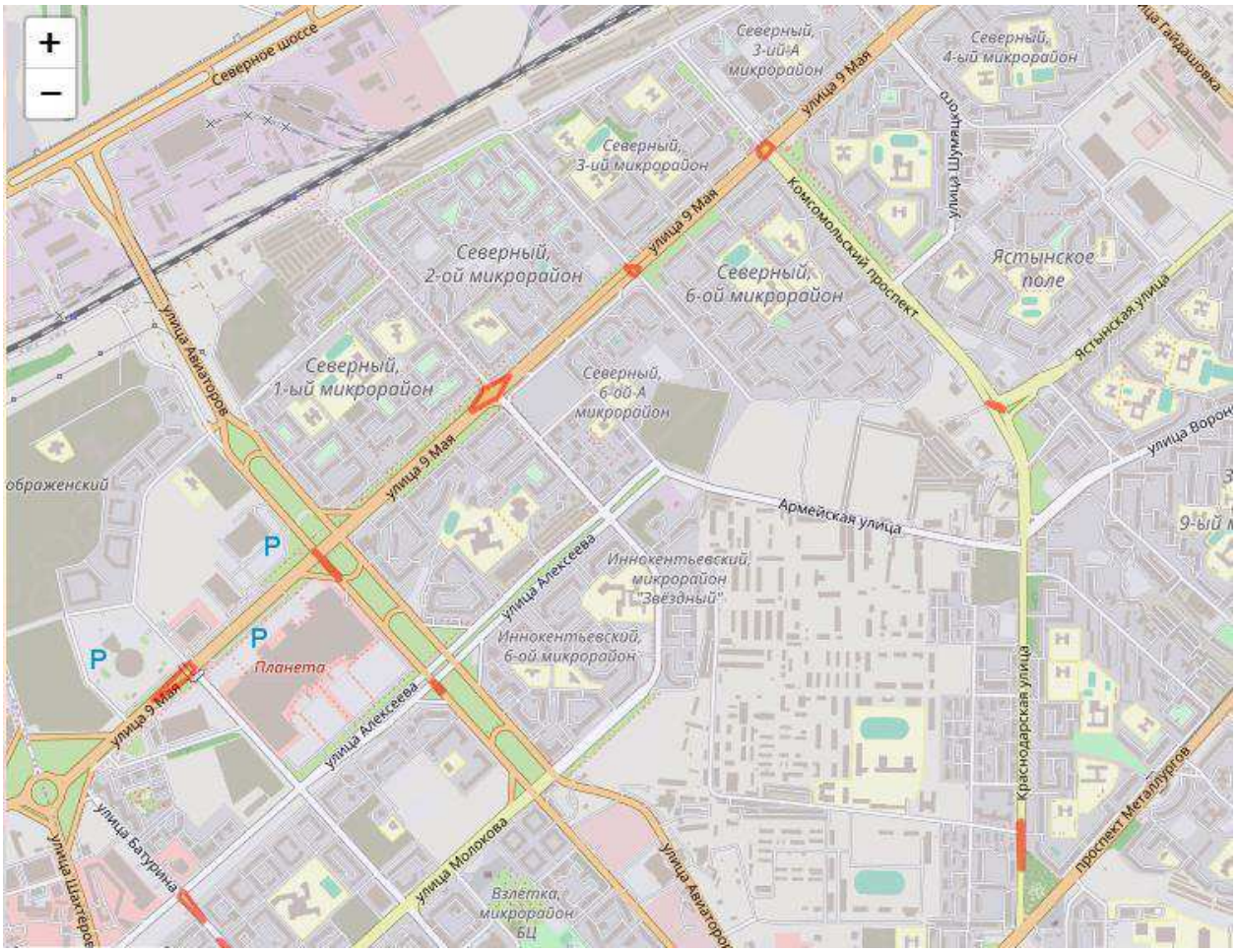


Рисунок 1.20 – Концентрация ДТП по магистрали ул. 9 Мая Советского района

Исходя из представленной схемы видно, что наибольшая концентрация ДТП по ул. 9 Мая наблюдается на пересечениях с ул. Авиаторов, ул. Водопьянова, ул. Урванцева, пр. Комсомольским, а также на подъезде к кольцевому пересечению с ул. Шахтеров и ул. Караульной.

Количество ДТП, произошедших на ул. 9 Мая, составляет около 15 % от общего числа ДТП, произошедших в Советском районе, что значительно для улицы общегородского значения. Для сокращения количества по магистрали ул. 9 Мая необходимо совершенствование организации дорожного движения.

Статистические данные о состояние аварийности применяются, как правило, для определения мест и участков дорожно-уличной сети с повышенной опасностью возникновения ДТП. Анализ сведений позволяет определить участки УДС, требующие реорганизации дорожного движения с целью повышения безопасности дорожного движения.

Рассмотрев УДС Советского района г. Красноярска, на улицах и дорогах были выявлены следующие проблемы, связанные с организацией дорожного движения:

– максимальный поток автомобилей приходится на магистральные улицы, такие как ул. 9 Мая, ул. Авиаторов, ул. Партизана Железняка и пр. Металлургов;

– наблюдаются заторовые ситуации во время «часа пик», что подтверждается картами состояния транспортных потоков;

– ожидается увеличение транспортной нагрузки из-за строительства новых жилых микрорайонов;

– Советский район занимает первое место по количеству ДТП и пострадавших в результате происшествий;

– максимальное число ДТП, произошедших в Советском районе, приходится на ул. 9 Мая (около 15 %).

Активное строительство жилых комплексов в районе приведет к увеличению численности населения, личного транспорта, в результате чего возрастут количество заторовых ситуаций, ДТП, задержки транспортных средств. Увеличение интенсивности и плотности движения на улицах и дорогах требует мер по совершенствованию организации дорожного движения.

Для совершенствования организации и повышения безопасности движения на проектируемом участке УДС Советского района г. Красноярска (ул. 9 Мая) необходимо:

– проанализировать существующие транспортные потоки на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов;

– проанализировать существующие транспортные потоки на пересечении ул. 9 Мая – ул. Водопьянова;

– проанализировать существующие транспортные потоки на пересечении ул. 9 Мая – ул. Урванцева;

– проанализировать существующие транспортные потоки на пересечении ул. 9 Мая – пр. Комсомольский;

– проанализировать существующую схему организации дорожного движения на рассматриваемой УДС Советского района;

– спроектировать схему и организацию движения на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов;

– спроектировать схему и организацию движения на пересечении ул. 9 Мая – ул. Водопьянова – ул. Урванцева – пр. Комсомольский;

– оценить эффективность мероприятий по совершенствованию ОДД на участке УДС с помощью программы имитационного моделирования транспортных потоков VISSIM.

2 Технологическая часть

2.1 Анализ развития улично-дорожной сети Советского района

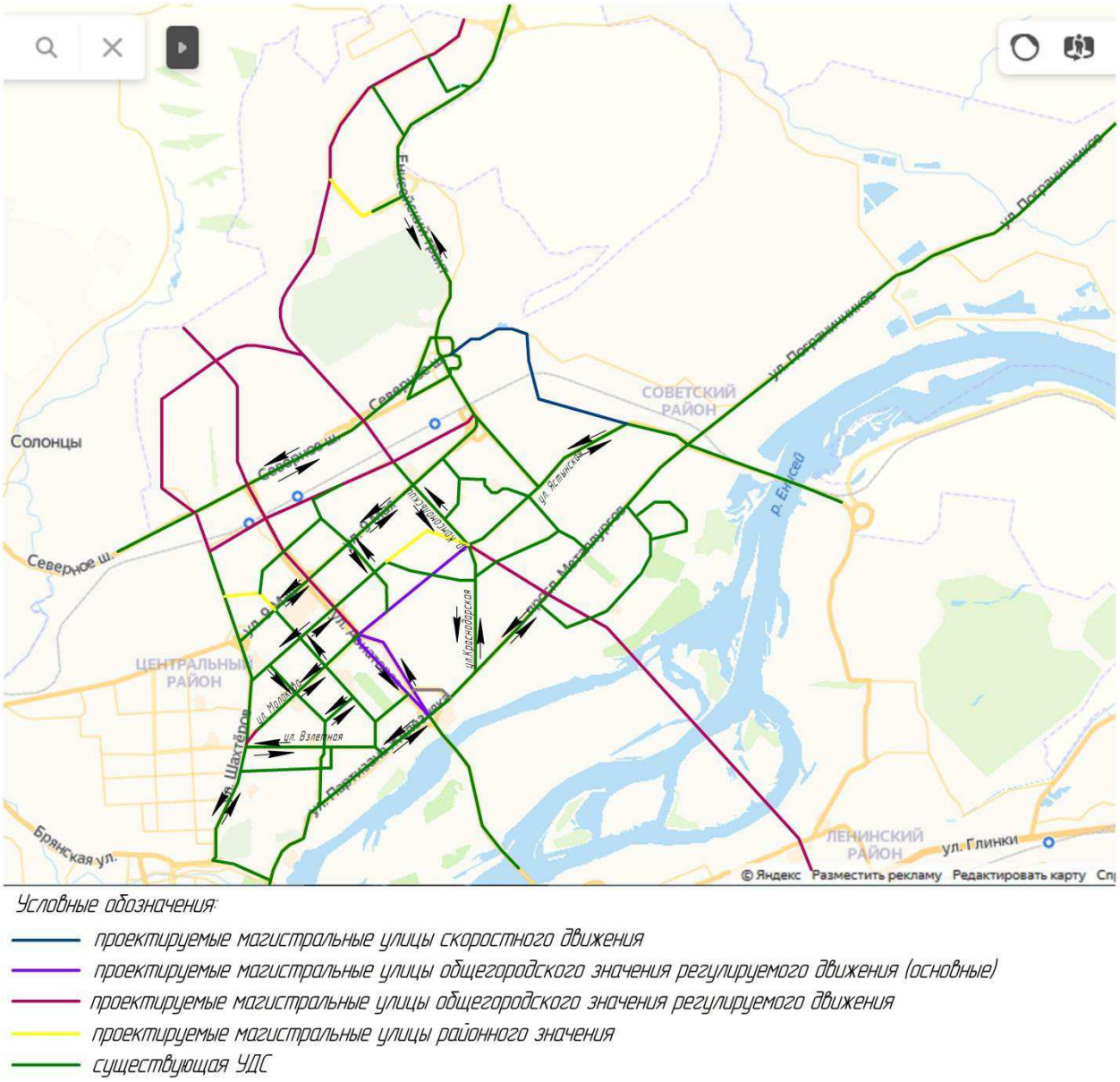
Развитие УДС Советского района предусмотрено в проекте Генерального плана транспортной схемы от 21.11.2016 №В-190 (рисунок 2.1). Данная схема разработана с учетом перспективы роста автомобилизации в г. Красноярске до 2033 года, а предлагаемые мероприятия дают возможность исключить транспортные задержки, сократить риск возникновения ДТП на дорогах города и сократить влияние транспорта на экологическую обстановку [4].

Рисунок 2.1 – Схема УДС Советского района согласно ГП

На рассматриваемом участке УДС Советского района г. Красноярска развитие предполагается за счет проектируемых проездов и строительства

развязок, которые обеспечат пути сообщения между жилыми районами города.

На рисунке 2.2 представлен ситуационный план схемы движения транспортных потоков магистральных улиц Советского района.



Условные обозначения:

- проектируемые магистральные улицы скоростного движения
- проектируемые магистральные улицы общегородского значения регулируемого движения (основные)
- проектируемые магистральные улицы общегородского значения регулируемого движения
- проектируемые магистральные улицы районного значения
- существующая УДС

Рисунок 2.2 – Ситуационный план схемы движения транспортных потоков магистральных улиц Советского района

На рисунке 2.3 представлена Транспортная схема ГП от 21.11.2016 №В-190.

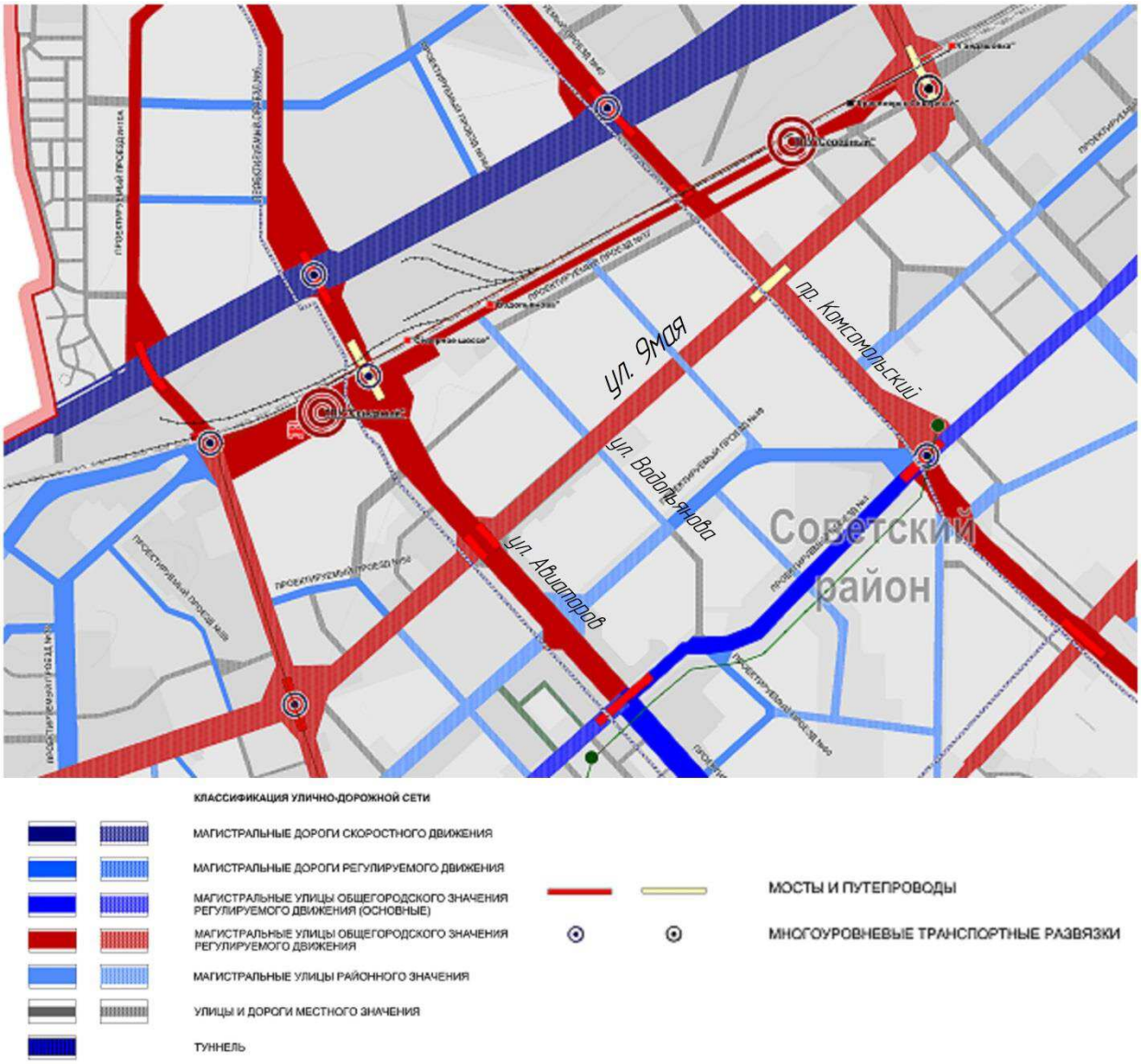


Рисунок 2.3 – Транспортная схема ГП на рассматриваемом участке

Перекресток ул. 9 Мая – ул. Авиаторов согласно ГП от 21.11.2016 №В-190 предполагает строительство этакады. Также ГП предполагает строительство Проектируемого проезда № 6, который бы позволил направить транспортный поток, двигающийся в сторону микрорайона Солнечный в объезд, минуя движение по ул. 9 мая. Данные меры позволят разгрузить движение по магистрали ул. 9 Мая и уменьшить транспортные задержки.

На пересечениях ул. 9 Мая – пр. Комсомольский, ул. 9 Мая – ул. Водопьянова и ул. 9 Мая – ул.Урванцева необходимо пересмотреть циклы светофорного регулирования и применить метод координированного управления движением по типу «Зеленая волна». Данные меры позволят сократить транспортные задержки по магистрали ул. 9 Мая и уменьшить заторы.

Для решения поставленных задач необходимо произвести исследование проектируемого участка Советского района г. Красноярска.

2.2 Исследование перспективной интенсивности движения на участке УДС Советского района г. Красноярска

Для разработки мероприятий по совершенствованию ОДД на существующей УДС необходимо учитывать перспективную интенсивность движения.

В соответствии с «Руководством по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах» (Росавтодор 2003) при разработке реконструкции отдельных автомобильных дорог допустимо использовать для прогнозирования интенсивности методом экстраполяции.

Прогнозирование интенсивности движения на автомобильной дороге выполняют по формуле 2.1 [5]:

$$N_t = N_0 \cdot (1 + B)^t, \quad (2.1)$$

где N_t – прогнозируемая интенсивность движения на t -й год, авт./сут;

N_0 – исходная интенсивность движения, авт./сут;

B – среднегодовой прирост интенсивности движения;

t – перспективный период, лет.

При прогнозировании интенсивности движения в первые 6 лет эксплуатации дороги (формула 2.2):

$$N_t = N_0 \cdot (1 + B_k)^{(t-6)}, \quad (2.2)$$

где $B_к$ - прирост интенсивности движения в первые 6 лет эксплуатации дороги.

При прогнозировании интенсивности движения после 6 лет эксплуатации дорог (формула 2.3):

$$N_t = (N_0 \cdot (1 + B_k)^6) \cdot (1 + B)^{t-6}. \quad (2.3)$$

Показатель B_k – прирост на 0,76% ежегодно, принимаем исходя из среднестатистического прироста количества автотранспорта в г. Красноярске за период 6 лет.

Показатель B – прирост на 2% ежегодно, принимаем исходя из среднестатистического роста населения г. Красноярска.

В таблице 2.1 представлена перспективная интенсивность движения транспортных средств на 20 лет для пересечения ул. 9 Мая – ул. Авиаторов, рассчитанная на основе существующей интенсивности (таблица 1.2).

Таблица 2.1 – Перспективная интенсивность движения ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

№ п/п	Год	Ежегодный процент прироста транспорта	Суммарная расчетная интенсивность движения, прив. ед./час
1	2020	0.76	7580
2	2021	0.76	7637
3	2022	0.76	7695
4	2023	0.76	7754
5	2024	0.76	7813
6	2025	0.76	7872
7	2026	2	8029
8	2027	2	8190
9	2028	2	8353
10	2029	2	8520
11	2030	2	8690
12	2031	2	8864
13	2032	2	9041
14	2033	2	9222
15	2034	2	9406
16	2035	2	9594
17	2036	2	9786
18	2037	2	9982
19	2038	2	10181
20	2039	2	10385

В таблице 2.2 представлена перспективная интенсивность движения транспортных средств на 20 лет для пересечения ул. 9 Мая – ул. Водопьянова, рассчитанная на основе существующей интенсивности (таблица 1.3).

Таблица 2.2 – Перспективная интенсивность движения ул. 9 Мая – ул. Водопьянова

№ п/п	Год	Ежегодный процент прироста транспорта	Суммарная расчетная интенсивность движения, прив. ед./час
1	2020	0.76	3672
2	2021	0.76	3700
3	2022	0.76	3728
4	2023	0.76	3757
5	2024	0.76	3785
6	2025	0.76	3814
7	2026	2	3890
8	2027	2	3968
9	2028	2	4047
10	2029	2	4128
11	2030	2	4211
12	2031	2	4295
13	2032	2	4381
14	2033	2	4469
15	2034	2	4558

Продолжение таблицы 2.2

№ п/п	Год	Ежегодный процент прироста транспорта	Суммарная расчетная интенсивность движения, прив. ед./час
16	2035	2	4649
17	2036	2	4742
18	2037	2	4837
19	2038	2	4934
20	2039	2	5033

В таблице 2.3 представлена перспективная интенсивность движения транспортных средств на 20 лет для пересечения ул. 9 Мая – ул. Урванцева, рассчитанная на основе существующей интенсивности (таблица 1.4).

Таблица 2.3 – Перспективная интенсивность движения ул. 9 Мая – ул. Уванцева

№ п/п	Год	Ежегодный процент прироста транспорта	Суммарная расчетная интенсивность движения, прив. ед./час
1	2020	0.76	2935
2	2021	0.76	2957
3	2022	0.76	2979
4	2023	0.76	2998
5	2024	0.76	3021
6	2025	0.76	3044
7	2026	2	3104
8	2027	2	3166
9	2028	2	3229
10	2029	2	3293
11	2030	2	3359
12	2031	2	3426
13	2032	2	3495
14	2033	2	3565
15	2034	2	3636
16	2035	2	3709
17	2036	2	3783
18	2037	2	3859
19	2038	2	3936
20	2039	2	4015

В таблице 2.4 представлена перспективная интенсивность движения транспортных средств на 20 лет для пересечения ул. 9 Мая – пр. Комсомольский, рассчитанная на основе существующей интенсивности (таблица 1.5).

Таблица 2.4 – Перспективная интенсивность движения ул. 9 Мая – пр. Комсомольский

№ п/п	Год	Ежегодный процент прироста транспорта	Суммарная расчетная интенсивность движения, прив. ед./час
1	2020	0.76	4844
2	2021	0.76	4881
3	2022	0.76	4918
4	2023	0.76	4955
5	2024	0.76	4993
6	2025	0.76	5031
7	2026	2	5132
8	2027	2	5234
9	2028	2	5339
10	2029	2	5446
11	2030	2	5555
12	2031	2	5666
13	2032	2	5779
14	2033	2	5895
15	2034	2	6013
16	2035	2	6133
17	2036	2	6255
18	2037	2	6381
19	2038	2	6508
20	2039	2	6638

Анализируя данные о предполагаемых интенсивностях из таблиц 2.1 – 2.4 можно сказать, что на всех исследуемых участках УДС в ближайшие 20 лет будет наблюдаться рост интенсивности движения. В совокупности с существующими проблемами рассматриваемый участок УДС нуждается в совершенствовании ОДД.

2.3 Обзор и анализ методов организации движения на рассматриваемой УДС Советского района

В течение десятилетий рост автомобилизации всегда ставил задачу в создании новых методов организации движения. За все это время у человечества накопился опыт в обеспечении безопасности, эффективности и удобства дорожного движения в городах и на автомобильных дорогах различными методами с применением соответствующих технических средств. Условно выделяют семь наиболее значимых методических направлении:

– разделение движения в пространстве (маршрутизация перевозок, канализированное движения на перекрестках и перегонах, развязка движения в разных уровнях, введение одностороннего движения);

– разделение движения во времени (распределение перевозок во времени, установление приоритета на перекрестках, светофорное

регулирование на пересечениях, регулирование движения на железнодорожных переездах);

– формирование однородных транспортных потоков (выделение улиц пассажирского движения, создание улиц грузового движения, выделение транзитного движения, специализация полос на проезжей части);

– оптимизация скоростного режима (ограничение и контроль скоростного режима, меры по повышению скоростного режима, мероприятия по «успокоению движения», зональные ограничения скорости);

– организация пешеходного движения (устройство пешеходных путей вдоль дорог, оборудование пешеходных переходов, создание пешеходных и жилых зон, организация движения на постоянных пешеходных маршрутах);

– организация временных стоянок (организация около-тротуарных стоянок, организация внеуличных стоянок, организация задерживающих стоянок, информация и контроль стояночного режима);

– внедрение АСУД (математическая формализация УДС, разработка алгоритмов управления дорожным движением, разработка комплекса управляющих бездействий, аппаратное обеспечение системы АСУД).

На основании представленных методов предлагаются следующие мероприятия по совершенствованию ОДД на участках УДС Советского района:

– введение многоуровневой транспортной развязки на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов;

– проектирование элементов канализированного движения на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов;

– организация пешеходного движения на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов;

– совершенствование цикла светофорного регулирования на пересечении ул. 9 Мая – пр. Водопьянова;

– совершенствование цикла светофорного регулирования на пересечении ул. 9 Мая – пр. Урванцева;

– совершенствование цикла светофорного регулирования на пересечении ул. 9 Мая – пр. Комсомольский;

– внедрение координированного светофорного регулирования на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Водопьянова – ул. Урванцева – пр. Комсомольский.

Рассмотрим отдельно каждый из предложенных вариантов решения ОДД на рассматриваемых участках УДС Советского района.

2.4 Проект организации движения в разных уровнях на участке ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

2.4.1 Выбор типа транспортной развязки уровнях на участке ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Для выбора типа транспортной развязки на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов необходимо учитывать схему ОДД существующей развязки. Существующая схема ОДД ул. 9 Мая – ул. Авиаторов представлена на рисунке 2.4.

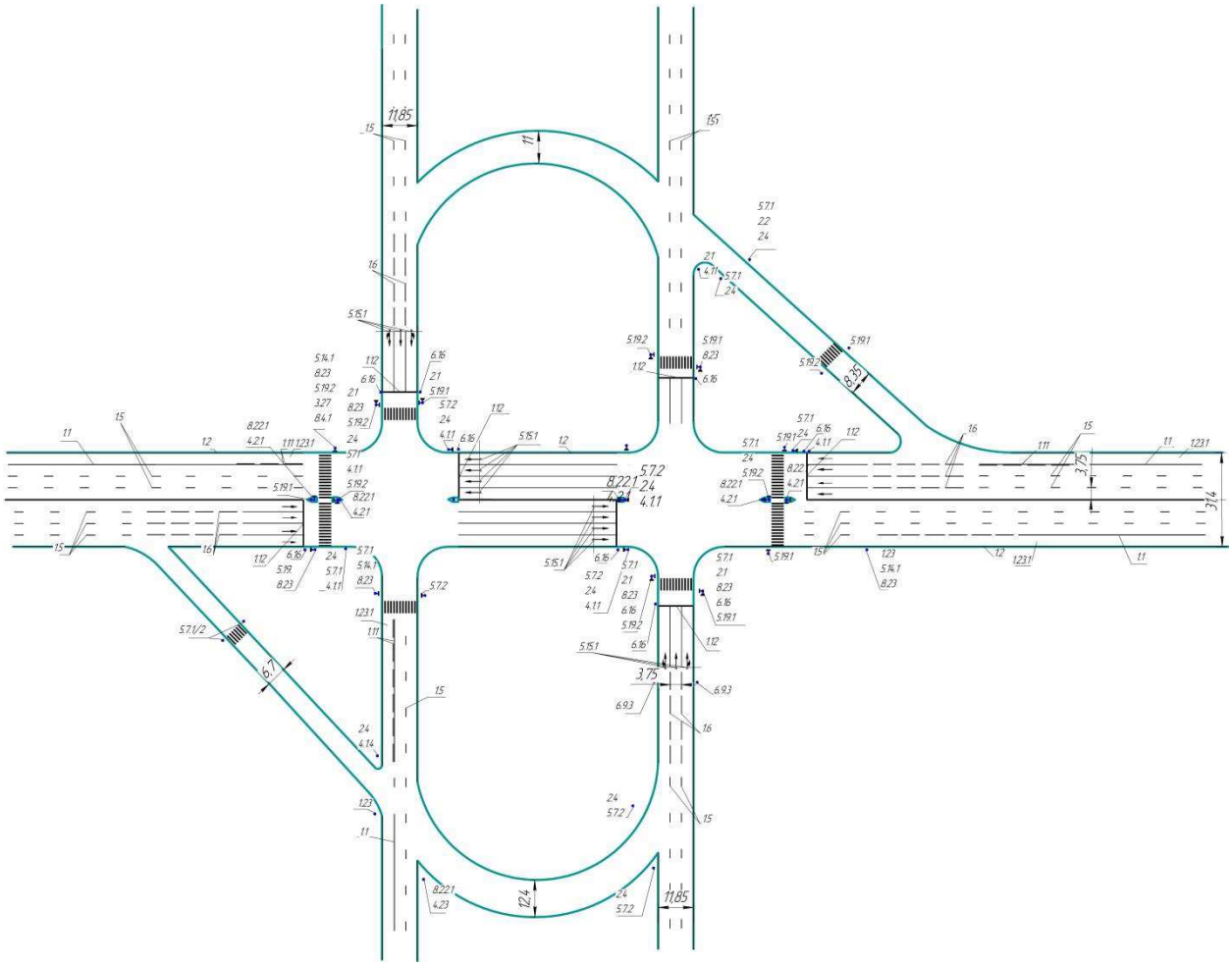


Рисунок 2.4 – Существующая схема ОДД ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Исходя из анализа схемы ОДД, существующей транспортной развязки путем моделирования в программе VISSIM было выбрано три типа транспортных развязок.

Первый предполагаемый тип транспортной развязки – кольцевое пересечение в одном уровне. Ситуационный план предполагаемой транспортной развязки типа «кольцо» представлен на рисунке 2.5.

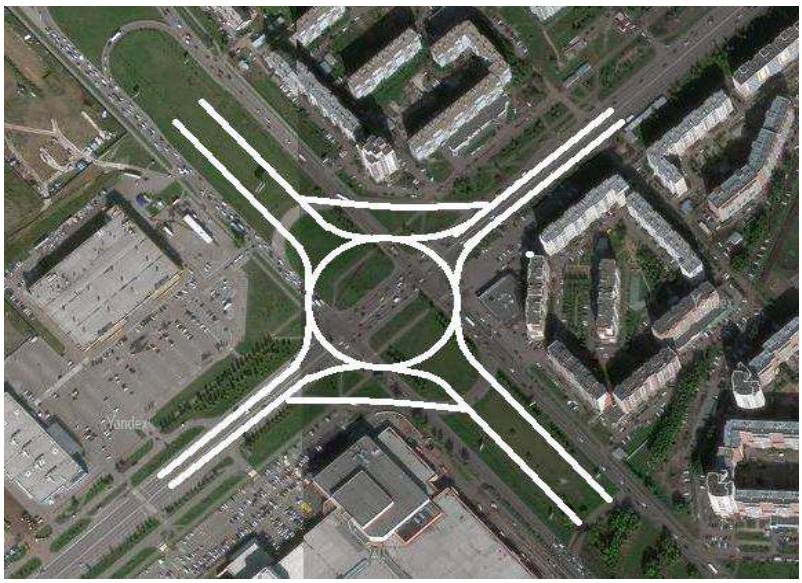


Рисунок 2.5 – Ситуационный план предполагаемой транспортной развязки типа «кольцо» на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

На рисунке 2.6 представлена проектируемая схема ОДД на участке УДС предполагаемой транспортной развязки типа «кольцо» на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов и анализ состояния транспортных потоков с помощью программы VISSIM.

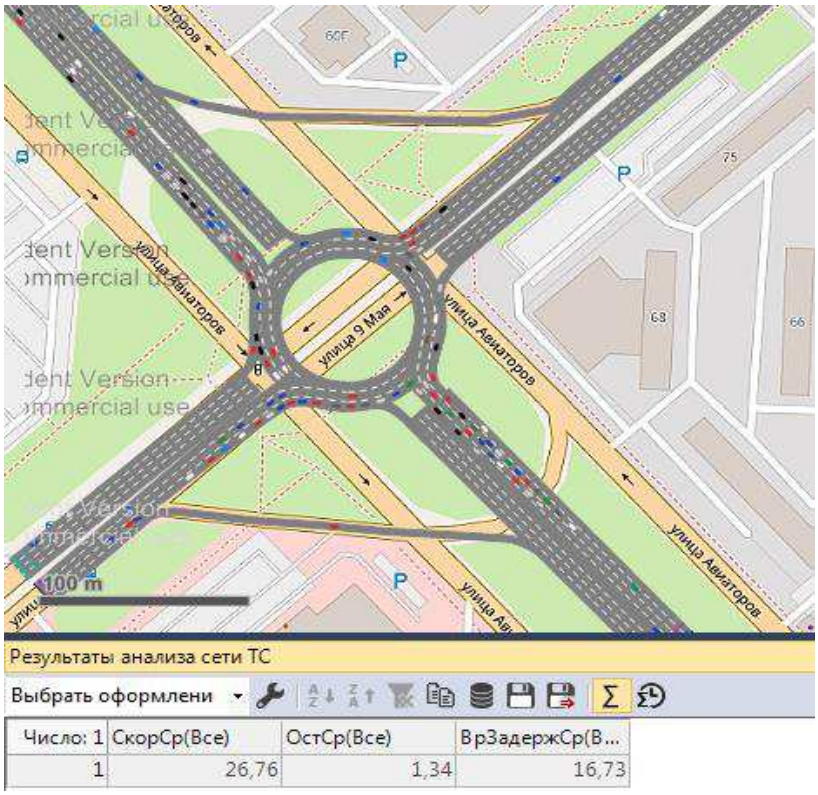


Рисунок 2.6 – Анализ состояния транспортных потоков на участке УДС предполагаемой транспортной развязки типа «кольцо» ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

В таблице 2.5 приведены значения параметров анализа транспортной сети предполагаемой транспортной развязки типа «кольцо» на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов.

Таблица 2.5 – Значения параметров анализа транспортной сети для предполагаемой транспортной развязки типа «кольцо» на ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Параметры	Значение
Общее время задержки, [с]	16,73
Общее время остановок, [с]	1,34
Средняя скорость, [км/ч]	26,76

Согласно произведенному анализу, общее время задержки для проектируемой транспортной развязки типа «кольцо» составит 16,73 с. Учитывая, что интенсивность транспортных потоков увеличится через 20 лет на 28 %, загруженность на кольцевом пересечении значительно увеличится, что приведет к большему усугублению заторовых ситуаций.

Второй предлагаемый тип транспортной развязки неполный клеверный лист с четырьмя однопутными съездами. Ситуационный план предполагаемой транспортной развязки представлен на рисунке 2.7.

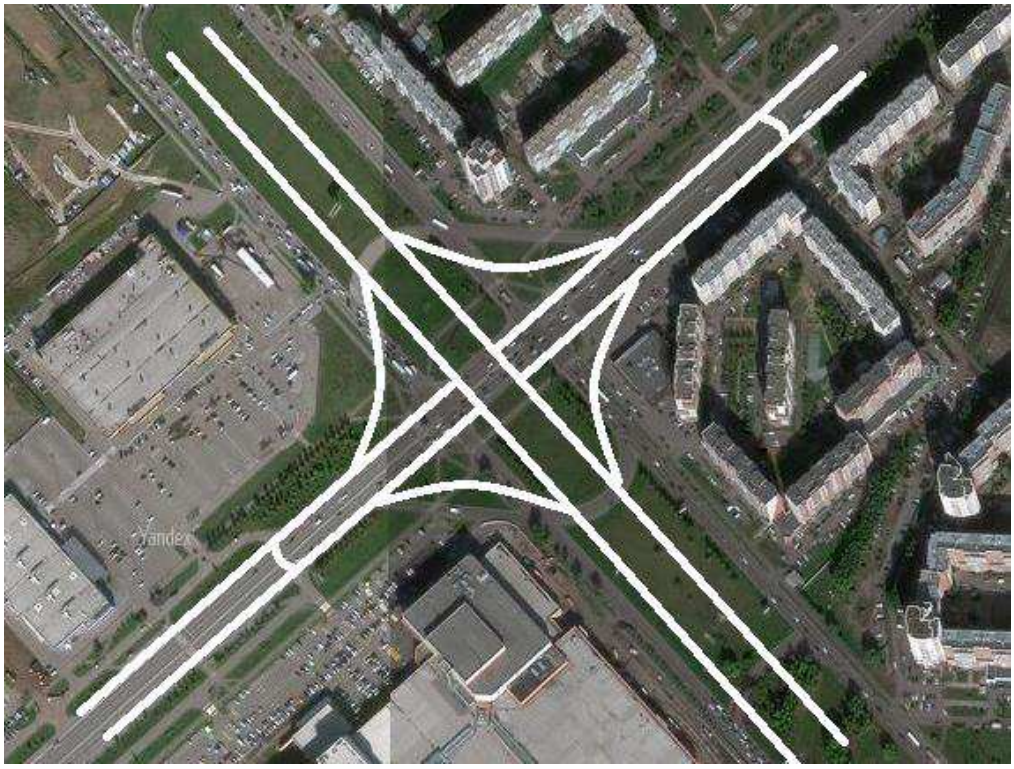


Рисунок 2.7– Ситуационный план предполагаемой транспортной развязки типа «неполный клеверный лист с четырьмя однопутными съездами» на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

На рисунке 2.8 представлена проектируемая схема ОДД на участке УДС предполагаемой транспортной развязки типа «неполный клеверный лист с четырьмя однопутными съездами» на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов и анализ состояния транспортных потоков с помощью программы VISSIM.

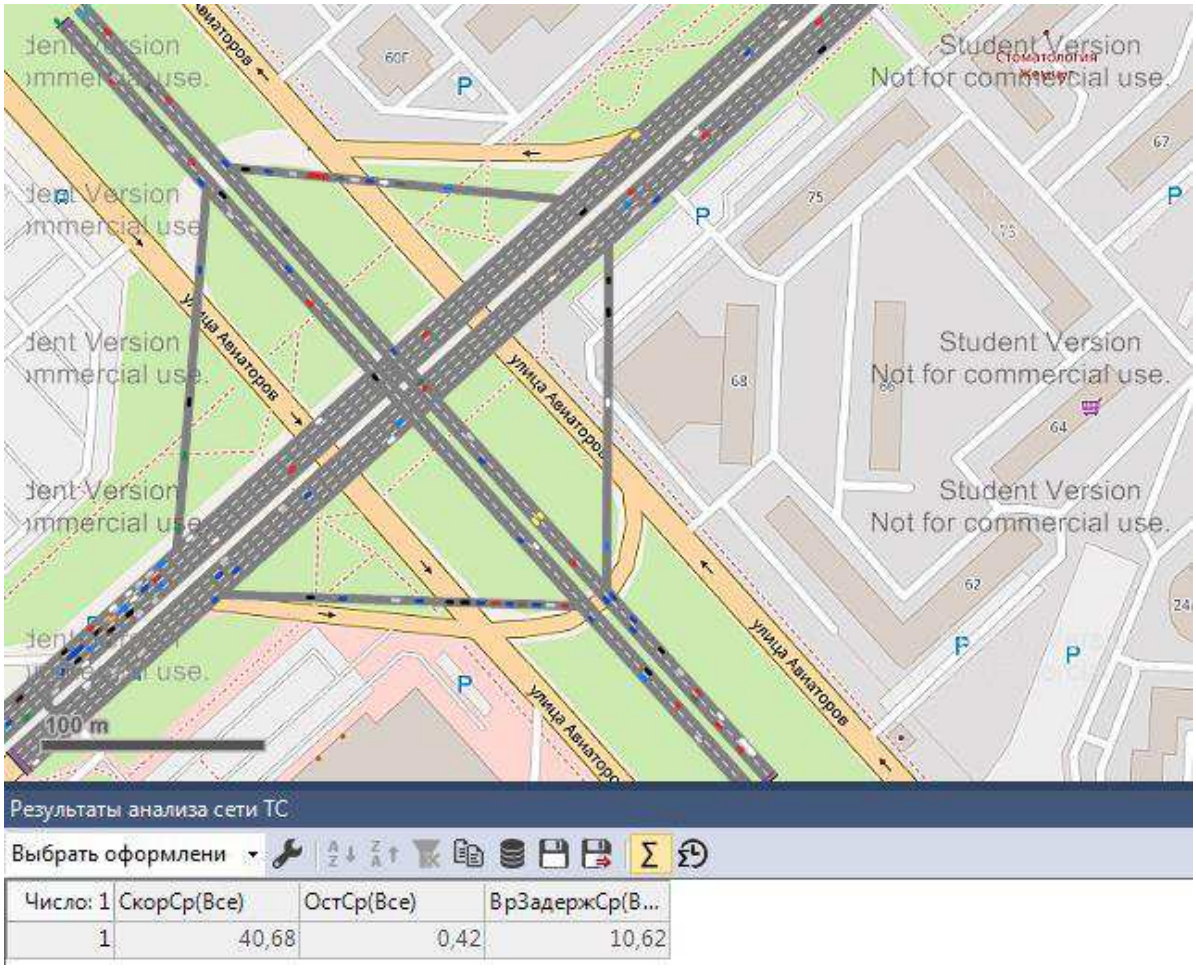


Рисунок 2.8 – Анализ состояния транспортных потоков на участке УДС предполагаемой транспортной развязки типа «неполный клеверный лист с четырьмя однопутными съездами» ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

В таблице 2.6 приведены значения параметров анализа транспортной сети предполагаемой транспортной развязки типа «неполный клеверный лист с четырьмя однопутными съездами» на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов.

Таблица 2.6 – Значения параметров анализа транспортной сети для предполагаемой транспортной развязки типа «неполный клеверный лист с четырьмя однопутными съездами» на ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Параметры	Значение
Общее время задержки, [с]	10,62
Общее время остановок, [с]	0,42
Средняя скорость, [км/ч]	40,68

Согласно произведенному анализу, общее время задержки для проектируемой транспортной развязки типа «неполный клеверный лист с четырьмя однопутными съездами» составит 10,62 с. Данный тип транспортной развязки не эффективен, поскольку для левого поворота необходимо устраивать разворот за пересечением, что приводит к заторам на подъезде к нему.

Третий предлагаемый тип транспортной развязки распределительное кольцо с одним или несколькими путепроводами и тоннелем. Ситуационный план данной развязки на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов представлен на рисунке 2.9.

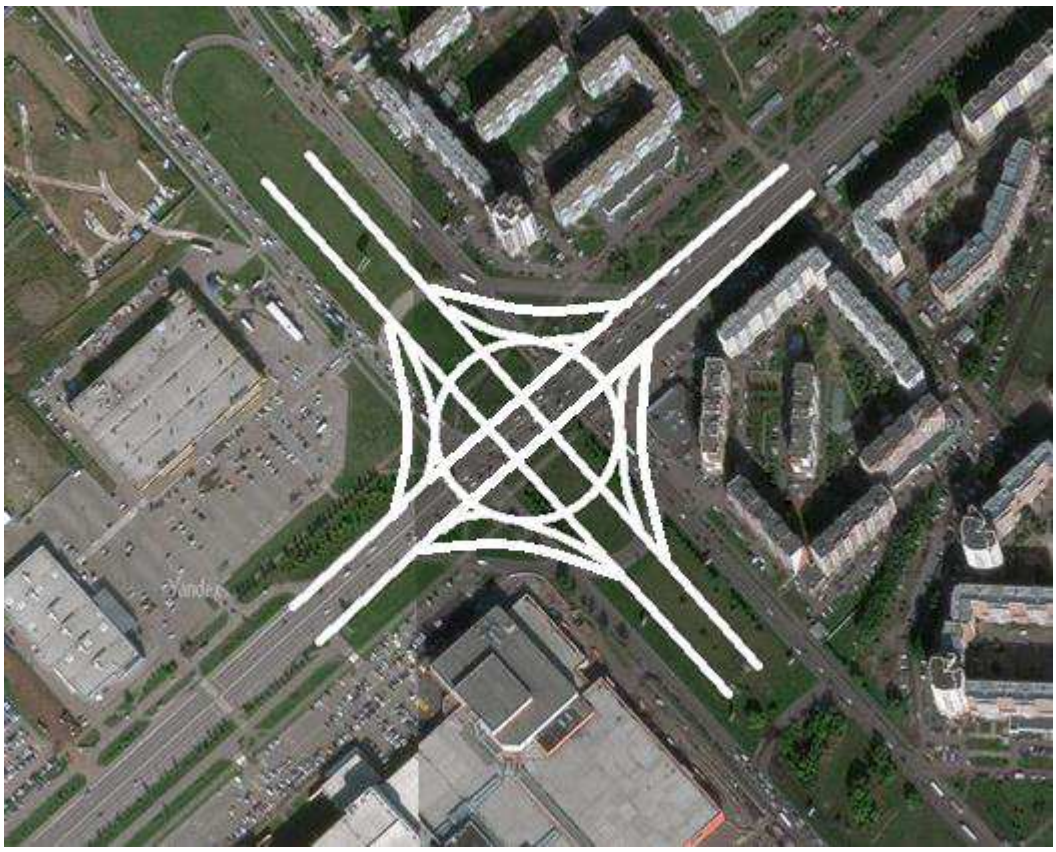


Рисунок 2.9 – Ситуационный план выбранной развязки типа «распределительное кольцо с одним или несколькими путепроводами и тоннелем» на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

На рисунке 2.10 представлена проектируемая схема ОДД на участке УДС предполагаемой транспортной развязки типа «распределительное кольцо с одним или несколькими путепроводами и тоннелем» на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов и анализ состояния транспортных потоков с помощью программы VISSIM.

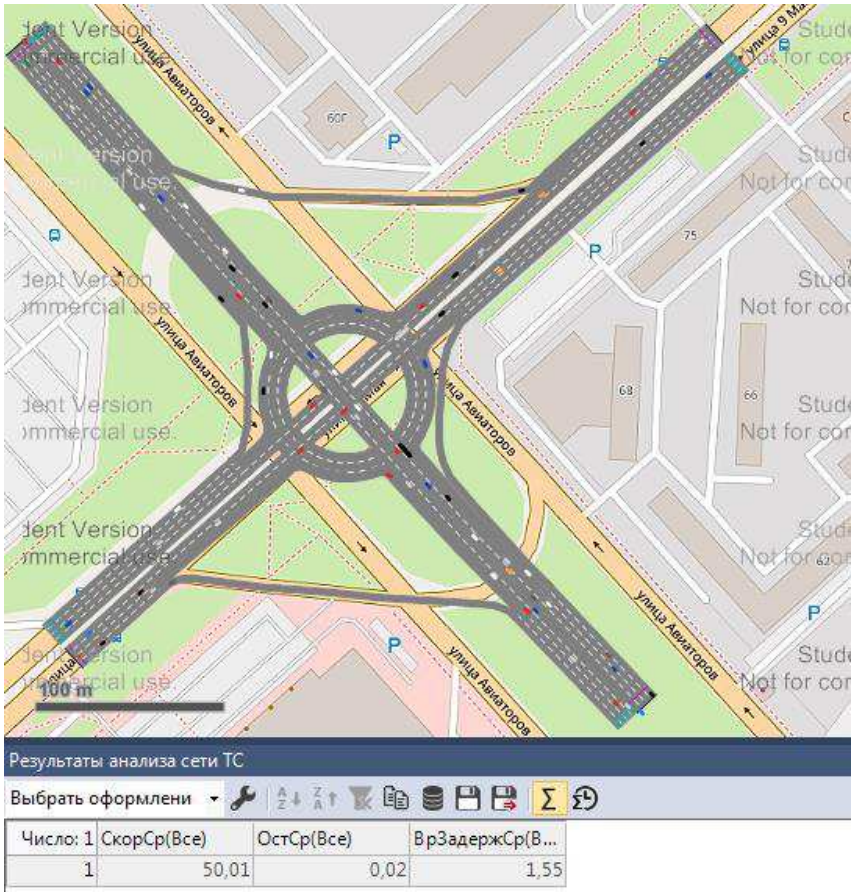


Рисунок 2.10 – Анализ состояния транспортных потоков на участке УДС предполагаемой транспортной развязки типа «распределительное кольцо с одним или несколькими путепроводами и тоннелем» ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

В таблице 2.7 приведены значения параметров анализа транспортной сети предполагаемой транспортной развязки типа «распределительное кольцо с одним или несколькими путепроводами и тоннелем» на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов.

Таблица 2.7 – Значения параметров анализа транспортной сети для предполагаемой транспортной развязки «распределительное кольцо с одним или несколькими путепроводами и тоннелем» на ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Параметры	Значение
Общее время задержки, [с]	1,55
Общее время остановок, [с]	0,02
Средняя скорость, [км/ч]	50,01

Согласно произведенному анализу, общее время задержки для проектируемой транспортной развязки типа «распределительное кольцо с одним или несколькими путепроводами и тоннелем» составит 1,55 с. Данный тип транспортной является наиболее эффективным.

Основной целью для строительства многоуровневой развязки на данном пересечении является отделение плотного потока двигающегося по ул. Авиаторов, который затрудняет проезд по ул. 9 Мая.

Пересечения в разных уровнях требуют вложения значительных средств, в связи со строительством инженерных сооружений, таких как тоннели, путепроводы и эстакады. Кроме того, полные транспортные развязки занимают большую площадь, что в условиях городской застройки не всегда возможно.

На основании вышеизложенного, предлагается создание развязки по типу «Распределительное кольцо с одним или несколькими путепроводами и тоннелем». Прямое направление на главной дороге, проходящей по ул. Авиаторов, будет выделено с помощью эстакады, прямое направление по второстепенной ул. 9 Мая будет выделено с помощью тоннеля, а для левых поворотов и разворотов по ул. 9 Мая будет использоваться кольцо. Таким образом, транспортные потоки каждого направления в пределах развязки будут разделены на четыре отдельных потока:

– потоки, двигающиеся по эстакаде;

– потоки, двигающиеся в тоннеле;

– потоки, движущиеся на канализированных участках (правые повороты);

– потоки, проходящие по распределительному кольцу.

Устройство эстакады и тоннеля предполагает движение в прямом направлении, исключая пересечение с левоповоротными и правоповоротными потоками.

Поскольку проектирование эстакады предполагает создание одной проезжей части, необходимо объединить две существующие проезжие части в разных направлениях по ул. Авиаторов в одну.

Таким образом, при сохранении всех полос движения, развязка отдалится от жилой зоны примерно на 40 метров с каждой стороны.

Из рисунка 2.10 видно, что кольцевая развязка с одной хордой вписывается в геометрические параметры рассматриваемого участка. Главное преимущество данной развязки заключается в том, что из любого направления возможно осуществить маневр в любом направлении.

2.4.2 Определение пропускной способности транспортной развязки на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Для совершенствования ОДД на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов предусматривается проектирование эстакады по ул. Авиаторов и кольцевой развязки по ул. 9 Мая, для дальнейшего проектирования необходимо определить ее пропускную способность.

На полных развязках пропускная способность прямого направления рассчитывается с учетом состава потока и многополосности движения. Выполним расчет пропускной способности по формуле 2.4:

$$N = N_0 \cdot K_п \cdot K_{гр} \cdot K_ф \cdot K_{iп} \cdot K_{шп}, \quad (2.4)$$

где N_0 – расчетная пропускная способность одной полосы движения;
$K_п \cdot K_{гр} \cdot K_ф \cdot K_{iп} \cdot K_{шп}$ – значения коэффициентов из таблицы 2.8.

Таблица 2.8 – Значения коэффициентов

Число полос движения	2	3	4	5	6	-
$K_п$	1,8	2,4	2,9	3,4	3,9	-
Доля грузовых автомобилей, %	0	10	20	30	50	70
Тип покрытия проезжей части	1	0,95	0,9	0,85	0,78	0,72
$K_ф$	1	0,88		0,72		0,3
Продольный профиль, ‰	до 20	30	40	50	60	70
$K_{iп}$ придлине подъема, м:						
200 – 300	1,00	1,00	0,95	0,90	0,80	0,75
300 – 500	1,00	0,95	0,90	0,85	0,75	0,65
Более 500	0,95	0,93	0,88	0,82	0,70	0,60
Ширина полосы движения, м	2,5 – 0,75		3		3,5 и более	
$K_{шп}$	0,9		0,98		1	

По формуле (2.4) рассчитаем пропускную способность эстакады, для этого принимаем пропускную способность одной полосы движения N_0 = (1200+500+150) = 1850 авт/ч. Значения коэффициентов выбираем в соответствии с таблицей 2.5.

$$N = 1850 \cdot 3,9 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 6494 \text{ ед.}$$

Поскольку на проектируемой развязке будет происходить разделение потоков в прямом направлении, обратимся к таблице 1.2, где представлена существующая интенсивность движения. Левоповоротное движение составляет 23%, правоповоротное 16% от общего числа автомобилей. Следовательно, в прямом направлении проходит 69% от всего числа автомобилей. С учетом прогнозируемой интенсивности движения (таблица 2.2), можно сделать вывод, что эстакада справится с прогнозируемой нагрузкой в перспективе на 20 лет.

2.4.3 Проектирование распределительного кольцевого пересечения

Кольцевые пересечения по обеспеченности безопасности движения занимают промежуточное положение между нерегулируемыми

пересечениями в одном уровне и пересечениями в разных уровнях: на них как и на пересечениях в разных уровнях отсутствуют пересечения потоков (конфликтные точки).

Кольцевые пересечения, уравнивая скорости движения всех пересекающихся потоков независимо от их приоритетности, особенно эффективны на пригородных участках автомобильных дорог и в городе, где скорость движения ограничена 40—60 км/ч. [6]

Пропускная способность кольцевых пересечений с зоной переплетения транспортных потоков, в пределах кольцевой проезжей части, определяется пропускной способностью зон переплетения, и зависит от их длины (рисунок 7.20). Зоны переплетения имеют меньшую пропускную способность, чем полоса движения на перегоне. Пропускная способность зон переплетения зависящая от интенсивности и состава движения представлена в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Пропускная способность зоны переплетения

Длина зоны переплетения, м	30	60	100 и более
Пропускная способность (авт/час) при составе потока:			
100% легковых автомобилей	500	800	1100
80% легковых автомобилей	400	600	800
20% легковых автомобилей	350	500	700
100% легковых автомобилей	300	450	650

Зона переплетения на кольцевом пересечении выглядит следующим образом (рисунок 2.11)

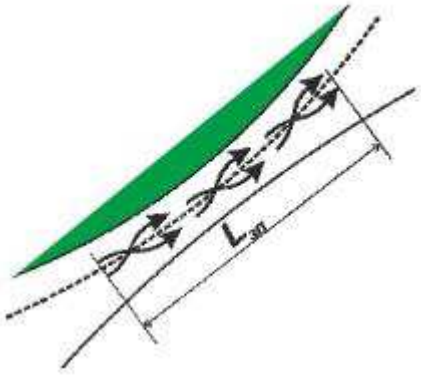


Рисунок 2.11 – Зона переплетения на кольцевом пересечении

Диаметр внешней кромки кольцевой проезжей части, обеспечивающий оптимальные углы переплетения транспортных потоков определяется по формуле 2.5:

$$D = \frac{\sum_1^{i=k} L}{\pi}, \quad (2.5)$$

где к – число пересекающихся направлений.

L – расстояние между осями двух соседних примыканий, м, измеряемое по внешней кромке кольцевой проезжей части, определяется по формуле 2.6:

$$L = (r_1 + r_2) + \frac{b_1 + b_2}{2} + L_{зп}, \quad (2.6)$$

где r1, r2 – радиусы входа и выхода на кольцо, которые следует принимать не менее 15 м;

b1, b2 – ширина проезжей части вливающихся дорог, м;

$L_{зп}$ – длина зоны слияния или переплетения применительно к дорогам разных категорий приведена в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Длина зоны слияния или переплетения применительно к дорогам разных категорий

Категория дороги	Длина зоны переплетения, м	
	рекомендуемая	минимальная
I	65	50
II	60	47
III	55	30
IV	45	20

Рассчитаем сумму частей проектируемого кольца, включающую длину зоны переплетения, ширину проезжих частей соседних улиц и длины съезда:

$$L = (30 + 30 + 30 + 30) + \frac{11{,}25 + 11{,}25 + 15 + 15}{2} + 60 = 206{,}25 \text{ м}$$

Определим внешний диаметр проектируемого кольца:

$$D = \frac{206{,}25}{3{,}14} = 80 \text{ м}$$

Ширину полосы движения назначают с учетом диаметра центрального островка (таблица 2.11):

Таблица 2.11 – Зависимость ширины полосы движения полосы движения на кольцевом пересечении от центрального островка

Диаметр островка, м	60 и менее	80	100 и более
Ширина одной полосы движения, м	5,5	5,0	4,5

Согласно таблице 2.11 и расчетам диаметра кольцевого пересечения равным 80 м, ширина одной полосы движения будет 5,5 м.

Для определения количества полос движения на кольце необходимо воспользоваться данными методических рекомендация кольцевых пересечений, представленными в таблице 2.12 [7].

Таблица 2.12 – Геометрические параметры основных типов кольцевых пересечений

Тип кольцевого пересечения	Внешний диаметр кромки кольцевой проезжей части, м	Количество полос движения на кольце, шт
Кольцевые пересечения с малым диаметром	24 – 30	1 (2)
Кольцевые пересечения среднего диаметра	30 – 50	1 (2)
Кольцевые пересечения большого диаметра	40 – 60	2 (3)
Мини-кольцевые пересечения	12 – 24	1
Кольцевые пересечения неполных транспортных развязок	12 – 60	1 (2)
Кольцевые пересечения с зоной переплетения в пределах кольцевой проезжей части	не более 200 м	2

Схема проектируемого кольцевого пересечения на перекрестке ул. 9 Мая – ул. Авиаторов представлена на рисунке 2.12.

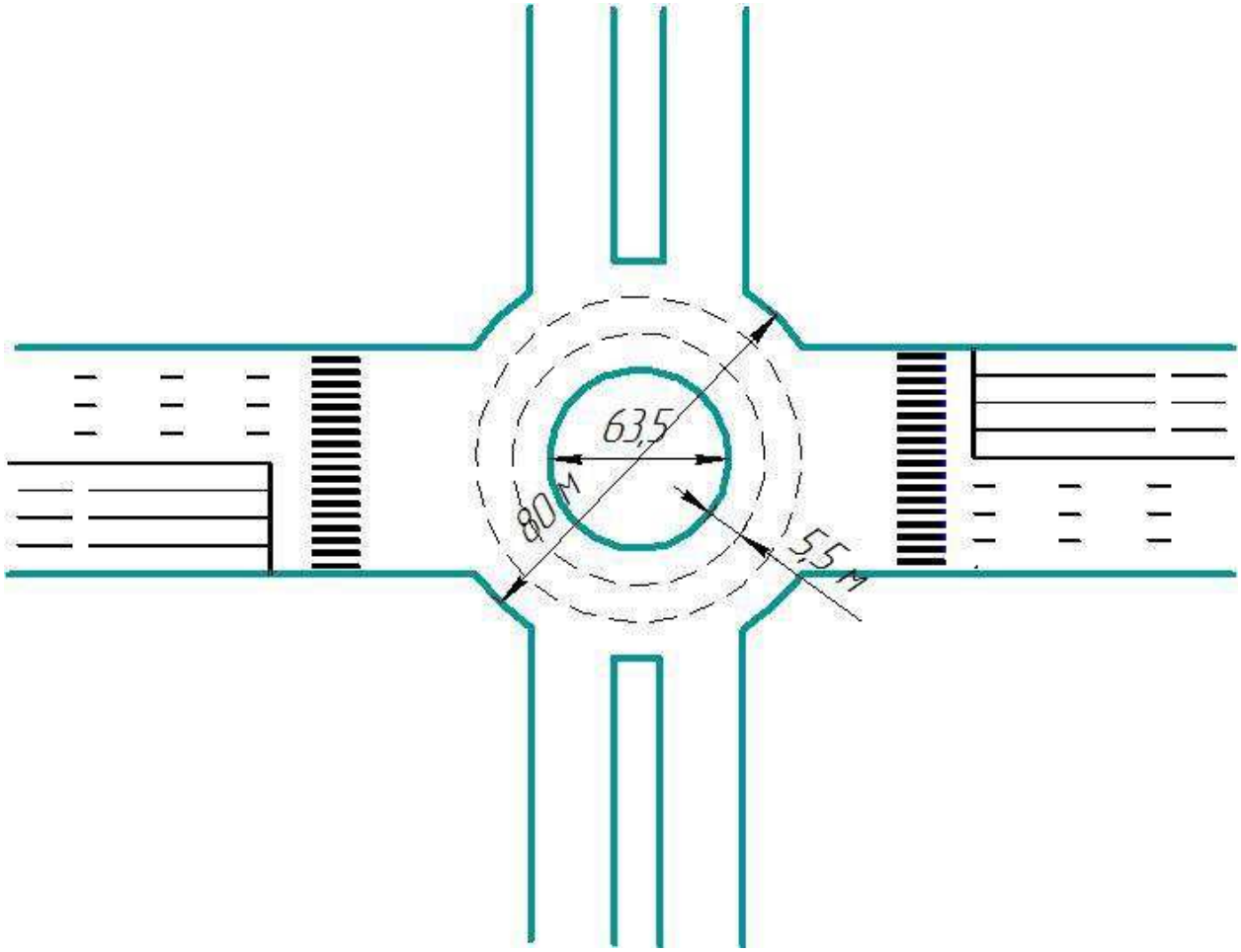


Рисунок 2.12 – Схема кольцевого пересечения ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Внешний диаметр выбранного кольцевого пересечения составит 80 метров при движении, осуществляемом в 3 полосы, центрального островка составит 63,5 метра.

2.4.4 Проектирование элементов канализированного движения на рассматриваемом участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Канализированное движение в зоне перекрестков предназначено для сокращения числа и опасности конфликтных точек за счет направления автомобильных и пешеходных потоков на безопасные траектории.

Планировка канализированных пересечений должна удовлетворять следующим требованиям:

а) быть простой и понятной, четко выделять пути движения автомобилей и обеспечивать преимущественные условия движения по дороге более высокой категории или большей народнохозяйственной значимости. На примыкающей или пересекающей дороге планировка должна предупреждать водителей о предстоящем маневре и способствовать снижению скоростей поворачивающих автомобилей;

б) точки пересечения траекторий движения автомобилей по возможности должны быть удалены друг от друга;

в) в каждый момент времени водитель должен иметь выбор не более чем одного из двух возможных направлений движения. В соответствии с принципами зрительного ориентирования нужное направление должно подсказываться расположением разделительных островков и линий разметки на покрытии;

г) островки и разграничительные линии на пересечениях канализированного типа должны разделять скоростные, транзитные и поворачивающие транспортные потоки, выделяя для каждого из них самостоятельные полосы движения, обеспечивающие их плавное разделение и слияние.

д) ширина полос движения должна обеспечивать беспрепятственный поворот автомобилей с прицепом. Для этого на прямых участках ширина проезжей части съезда без возвышающихся бортов должна быть не уже 3,5 м, у начала островков ширина съезда должна быть не уже 4,5-5,0 м, у выезда на главную дорогу 6,0 м;

е) очертания островков должны обеспечивать пересечение потоков под оптимальными для следующего маневра углами. Слияние и разделение потоков должно происходить под острыми углами, что ускоряет процесс включения автомобиля в поток или выхода его из потока. Пересечения потоков целесообразны под углами, близкими к 90°.

На второстепенной дороге оптимальное количество направляющих островков три: два треугольных, разделяющие правоповоротные и левоповоротные потоки, и один средний, каплеобразный для разделения левоповоротных потоков с главной и второстепенной дороги [6].

Так как левоповоротное движение на проектируемой транспортной развязке будет осуществляться по распределительному кольцевому пересечению, количество направляющих островком на второстепенной дороге, которой является ул. 9 Мая, уменьшится до двух, так как центральный каплеобразный островок для разделения левоповоротных потоков будет отсутствовать.

Очертания направляющих островков, расположенных на второстепенной дороге, следует устанавливать с учетом следующих правил:

– неиспользуемая поверхность пересечения закрывается островками, форма островков определяется траекториями автомобилей, выполняющими правый и левый поворот;

– для предотвращения заездов на островки и для большей четкости организации движения треугольные островки в малоснежных районах рекомендуется окаймлять скошенным бортом с высотой не более 5 см или обозначать разметкой, небольшие треугольные островки со сторонами менее 5 м и площадью менее 10 м целесообразнее выделять на общей поверхности пересечения лишь разметкой;

– углы островков, направленные навстречу движению, округляются кривыми радиусом 1 м.

В соответствии с требованиями к проектированию канализированных пересечений, схема канализированного движения с указанием размеров на примере поворота с ул. Авиаторов на ул. 9 Мая в сторону микрорайона Солнечный представлена на рисунке 2.13.

Рисунок 2.13 – Схема канализированного движения на примере поворота с ул. Авиаторов на ул. 9 Мая

Для завершения проектирования кольцевого пересечения и канализированных участков движения необходимо установить соответствующие дорожные знаки и необходимую разметку. Конечная схема распределительного кольцевого пересечения с элементами канализированного движение представлена на рисунке 2.14.

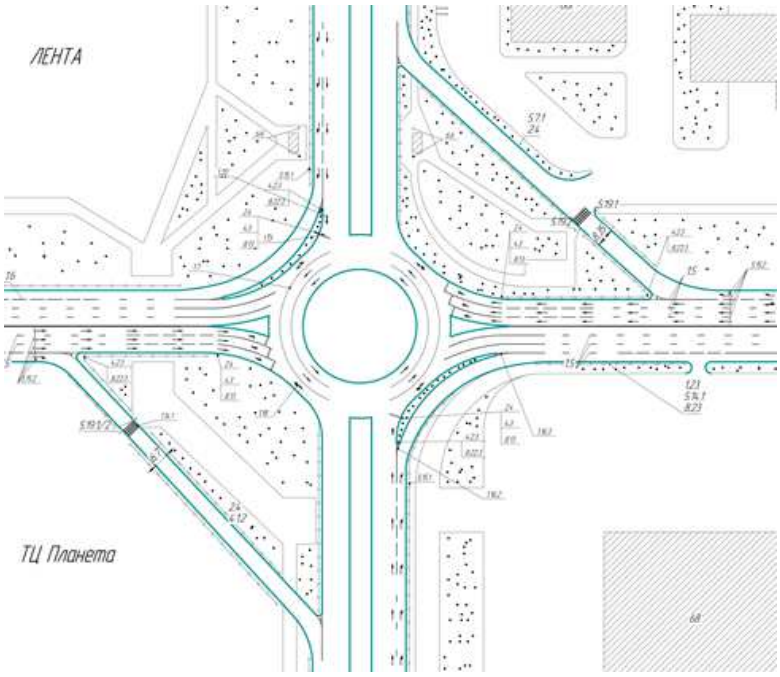


Рисунок 2.14 – Конечная схема распределительного кольцевого пересечения с элементами канализированного движения

Операции, произведенные на третьем этапе по проектированию ОДД на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов:

– определено количество направляющих островков на ул. Авиаторов на ул. 9 Мая с соблюдением параметров проезжей части на канализированном участке;

– представлена конечная схема распределительного кольцевого пересечения с элементами канализированного движения

– установлены необходимые дорожные знаки и разметка.

2.4.5 Расчет геометрических параметров проектируемого тоннеля

Ширина проезжей части в городских тоннелях определяется шириной полос движения и их количеством, шириной полос безопасности и резервной полосы для вынужденной остановки транспортных средств (при ее наличии).

Ширину одной полосы движения следует принимать:

– для тоннелей на магистральных улицах общегородского значения классов I и II с непрерывным движением – не менее 3,75 м, а в стесненных условиях при ограничении скорости движения и соответствующем обосновании – не менее 3,5 м;

– для тоннелей на магистральных улицах общегородского значения класса II с регулируемым движением – не менее 3,5 м;

– для тоннелей на магистральных улицах районного значения – не менее 3,25 м.

Ширина полос безопасности городских тоннелей должна приниматься не менее 0, 75 м.

При ограниченной ширине тоннеля, допускается уменьшать ширину полос безопасности в соответствии с техническим заданием на проектирование.

При размещении на разделительной полосе опор или дорожных ограждений ее возвышение над уровнем проезжей части должно быть не менее 0,6 м.

Высотный габарит транспортной зоны городского тоннеля (от уровня покрытия дорожной одежды до низа перекрытия зоны) должен состояться не менее 5,25 м.

В стесненных, а также в условиях реконструкции тоннелей при соответствующем обосновании допускается уменьшение высоты транспортной зоны при условии обеспечения высотного габарита приближения конструкций и оборудования 4,5 м.

Автодорожные тоннели должны иметь служебные проходы: при движении в одном направлении – с одной стороны, а при разнонаправленном – с двух сторон.

При устройстве служебного прохода с одной стороны тоннеля следует устраивать защитную полосу с другой стороны.

Ширина служебных проходов и защитной полосы принимается в соответствии с ГОСТ 24451. При наличии остановочной полосы в городских

тоннелях служебный проход не предусматривается, ширина полосы может быть уменьшена до 0,25 м.

Ширину разделительной полосы или полосы для размещения опор между проезжими частями единого тоннеля для обоих направлений следует предусматривать не менее 1,5 м.

Возвышение служебных проходов, защитных и разделительных полос без размещения на них промежуточных опор должно быть не менее 0,6 м.

Элементы плана и профиля автодорожных тоннелей должны назначаться исходя из условий обеспечения необходимой видимости при заданной расчетной скорости. Радиусы кривых в плане должны быть не менее 250 м.

Продольный уклон в железнодорожных и автодорожных тоннелях должен быть не менее 3 ‰, за исключение участков переходных вертикальных кривых. Как исключение, в заведомо сухих районах уклон может быть 2‰, а в суровых условиях с большим водопритоком до 6‰.

Максимальные продольные уклоны в автодорожных тоннелях не должны превышать 40‰, а в сложных топографических и инженерно-геологических условиях при длине тоннеля до 500 м – 60‰.

Типовая конструкция автотранспортного тоннеля из сборных железобетонных элементов представлена на рисунке 2.15.

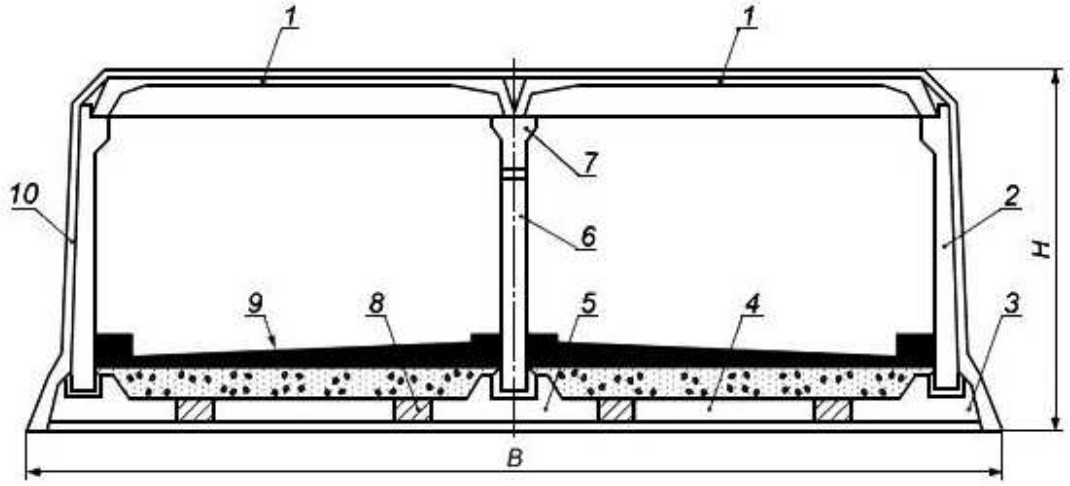


Рисунок 2.15 – Типовая конструкция автотранспортного тоннеля из сборных железобетонных элементов

H – высота по оси тоннеля; B –ширина тоннеля; 1 – блок перекрытия; 2 – стеновой блок; 3 – фундаментный блок; 4 – лотковый блок; 5 – подколонник; 6 – колонна; 7 – прогон; 8 – омоноличивающая обвязка стыков блоков; 9 – проезжая часть; 10 – гидроизоляция

Габариты транспортного тоннеля, согласно ГОСТ 33152-2014 представлены в таблице 2.13 [8].

Таблица 2.13 – Габариты проектируемого тоннеля

Параметр	
Общее число полос движения, ед.	2
Ширина полосы движения, м	3,75
Ширина полосы движения, м	0,75
Ширина разделительной полосы, м	2
Высотный габарит транспортной зоны, м	5,25
Высота разделительной полосы при наличии на ней опор, м	0,6
Продольный уклон, ‰	3

Схема поперечного профиля транспортного тоннеля на проектируемой транспортной развязке представлена на рисунке 2.16.

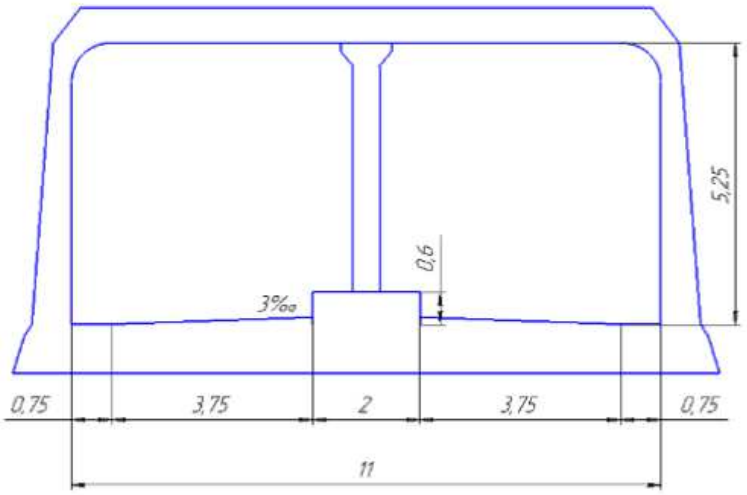


Рисунок 2.16 – Схема поперечного профиля транспортного тоннеля

После расчета геометрических параметров кольца и транспортного тоннеля необходимо произвести расчет рассматриваемом геометрических параметров эстакады на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов.

2.4.6 Расчет геометрических параметров эстакады на рассматриваемом участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

При расчете геометрических параметров эстакады и кольцевого пересечения стоит руководствоваться требованиями СНиПа 2.05.02 – 85 и ГОСТ Р 52399 –2005. В них представлены строительные нормы и правила для автомобильных дорог. Для того что бы назначить количество полос для движения, ширину и остальные параметры обратимся к таблице 2.14, в ней представлены основные параметры поперечного профиля дороги.

Таблица 2.14 – Основные параметры поперечного профиля дороги

Параметры элементов дорог	Категории дорог					
	I-а	I-б	II	III	IV	V
Число полос движения	4; 6; 8	4; 6; 8	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3	-
Ширина проезжей части, м	2х7,5; 2х11,25; 2х15	2х7,5; 2х11,25; 2х15	7,5	7	6	4,5
Ширина обочин, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5
Наименьшая ширина укрепленной полосы обочины, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	-
Наименьшая ширина разделительной полосы между разными направлениями движения, м	2,5 + ширина ограждения	2,5 + ширина ограждения	-	-	-	-
Наименьшая ширина укрепленной полосы на разделительной полосе, м	1	1	-	-	-	-
Ширина земельного полотна, м	28,5; 36; 43,5	27,5; 35; 42.5	15	12	10	8

Для определения параметров дороги необходимо определить категорию для эстакады, согласно таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Категории дороги в зависимости от интенсивности движения

Категория дороги	Расчетная интенсивность движения	
	приведенная к легковому автомобилю	в транспортных единицах
I	св. 14000	св. 7000
II	св. 6000 до 14000	св. 3000 до 7000
III	св. 2000 до 6000	св. 1000 до 3000
IV	св. 200 до 2000	св. 100 до 1000
V	до 200	до 100

Поскольку, пропускная способность на эстакаде по ул. Авиаторов должна составить 6494 авт/час, согласно данным прогнозируемой интенсивности, присвоим для эстакады категорию дороги I, так как в сутки интенсивность на ней будет превышать 14000 авт/час. В таком случае число полос для движения составит 2 в каждом направлении.

Определим продольный угол наклона для эстакады. Для этого воспользуемся ГОСТ Р 52399–2005, в котором указаны наибольшие продольные уклоны (таблица 2.16).

Таблица 2.16 – Наибольшие продольные уклоны для эстакады

Расчетная скорость, км/ч	Наибольший продольный уклон, ‰
140	30
120	40
100	50
80	60
60	70
50	80
40	90
30	100

Скорость движения по эстакаде принимается равной 60 км/ч, таким образом, максимальный продольный уклон составит 70 ‰. Исходя из этого, для подъема эстакады на 7 метров и спуска с нее понадобится 100 метров. Схема участка подъема и спуска с эстакады ул. Авиаторов представлена на рисунке 2.17.

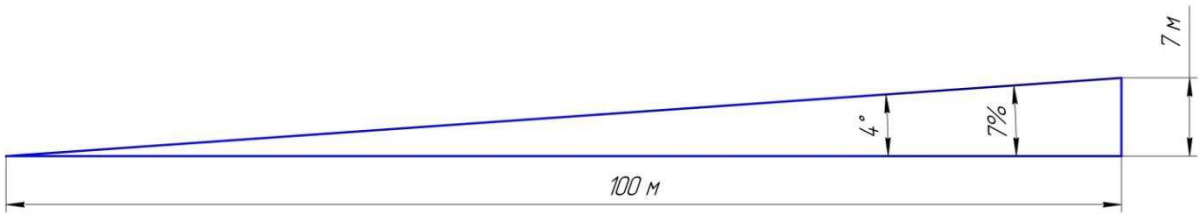


Рисунок 2.17 –Схема участка подъема и спуска с эстакады ул. Авиаторов

Проезжую часть проектируемой дороги следует предусматривать с двускатным поперечным профилем на прямолинейных участках дорог.

Поперечные уклоны следует назначать в зависимости от числа полос движения и климатических условий, которые представлены в таблице 2.17.

Таблица 2.17 – Поперечные уклоны проезжей части в зависимости от числа полос движения и климатических условий

Категория дороги	Поперечный улон, ‰			
	Дорожно-климатические зоны			
	I	II, III	IV	V
I-а и I-б: а) при двускатном поперечном профиле каждой проезжей части	15	20	25	15
б) при односкатном профиле: первая и вторая полосы от разделительной полосы третья и последующие полосы	15 20	20 25	20 25	15 20
I-IV	15	20	20	15

Поперечные уклоны проезжей части проектируемой дороги принимаем равным 15‰. Поперечные уклоны обочин при двускатном поперечном

профиле следует принимать на 10 – 30 ‰ больше поперечных уклонов проезжей части. Исходя их всех полученных параметров можно построить схему и поперечный профиль эстакады. Схема и поперечный профиль эстакады по ул. Авиаторов представлена на рисунке 2.18.

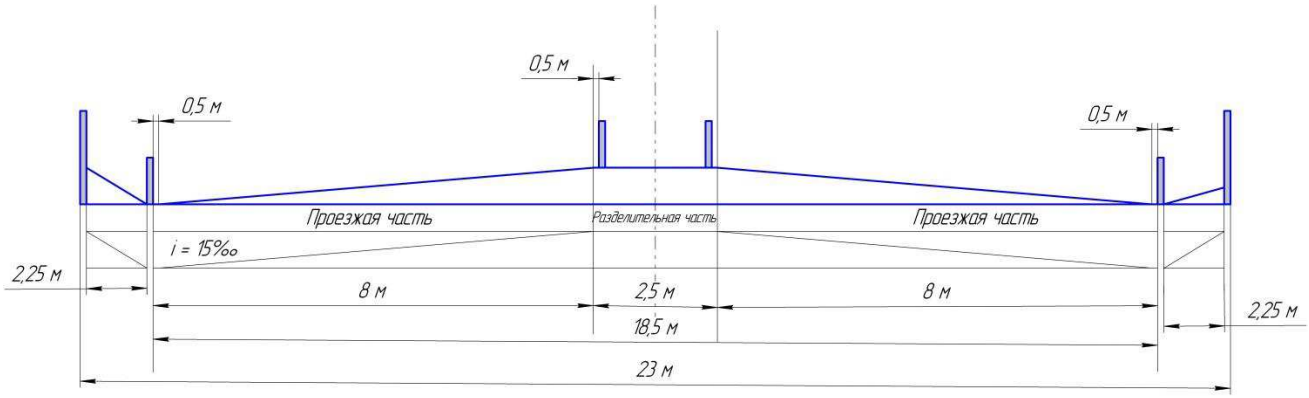


Рисунок 2.18 – Схема поперечного профиля проектируемой эстакады по ул. Авиаторов

Исходя из полученных расчетов, высота эстакады составит 7 метров, данная высота является достаточной для пропуска габаритных транспортных средств под эстакадой. Эстакада будет иметь по 2 полосы движения в каждом направлении, данного количества полос хватит для пропуска потока транспорта, движущегося по ул. Авиаторов с учетом перспективы на 20 лет. Встречные потоки будут отделены друг от друга разделительной полосой с ограждением общей шириной в 2,5 метра. Поперечный уклон составит 15 ‰. Продольный уклон составит 70 ‰.

Все геометрические параметры проектируемой эстакады представлены в таблице 2.18.

Таблица 2.18 – Геометрические параметры эстакады

Высота путепровода, м	Продольный уклон, ‰	Ширина заложения откоса, м	Ширина проезжей части, м	Ширина обочин, м	Расчетная скорость, км/ч
7	70	23	18,5	3,5	60

2.4.7 Организация пешеходного движения на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

В результате проектирования эстакады и кольцевого пересечения на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов будет отсутствовать светофорное регулирование движения транспорта. Следовательно, поток транспорта будет двигаться непрерывно, что будет препятствовать движению пешеходов и понизит безопасность их передвижения.

В данном случае возникает потребность в устройстве подземных пешеходных переходов.

По улице Авиаторов требуется установка двух подземных переходов в непосредственной близости от развязки, при условии того, что две проезжие части будут объединены. На ул. 9 Мая также требуется установка двух подземных переходов в местах существования нынешних наземных переходов.

На рисунке 2.19 представлена схема размещения подземных пешеходных переходов.

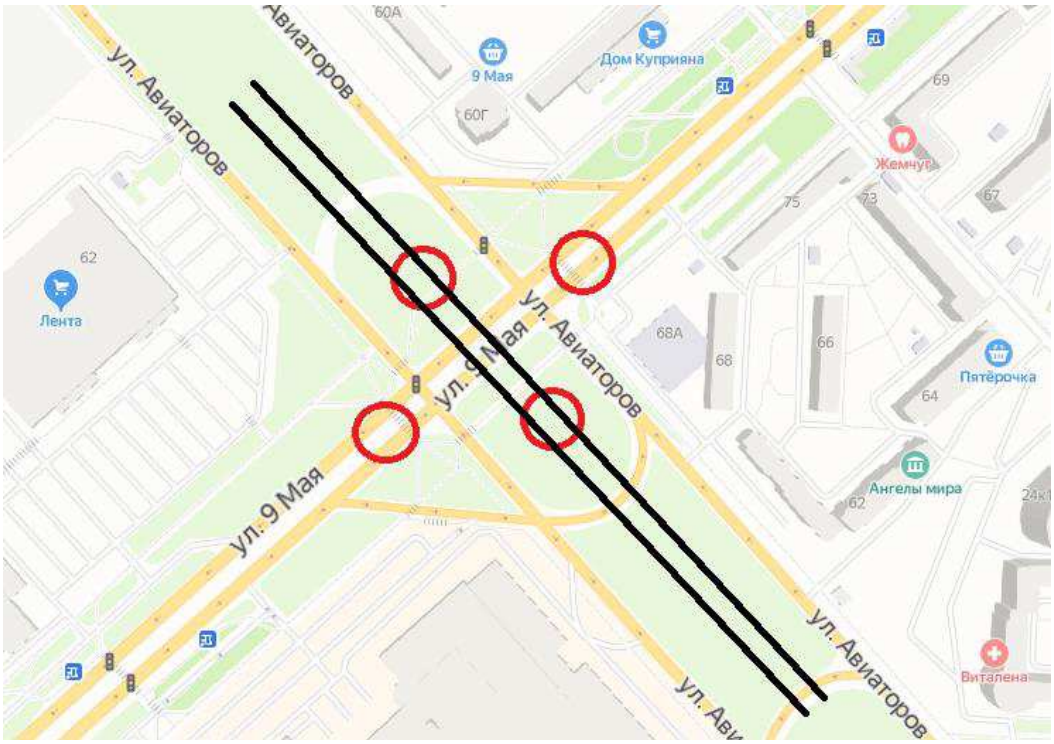


Рисунок 2.19 – Схема размещения подземных пешеходных переходов на рассматриваемом участке

Данные меры позволят изолировать пешеходные потоки от движения транспортных средств, тем самым повысится безопасность передвижения пешеходов.

2.4.8 Организация дорожного движения на проектируемых эстакаде и кольцевом пересечении на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

На рассматриваемом пересечении организуется транспортная развязка в двух уровнях с кольцевым пересечением и эстакадой.

Схема предлагаемой транспортной развязки представлена на рисунке 2.20.

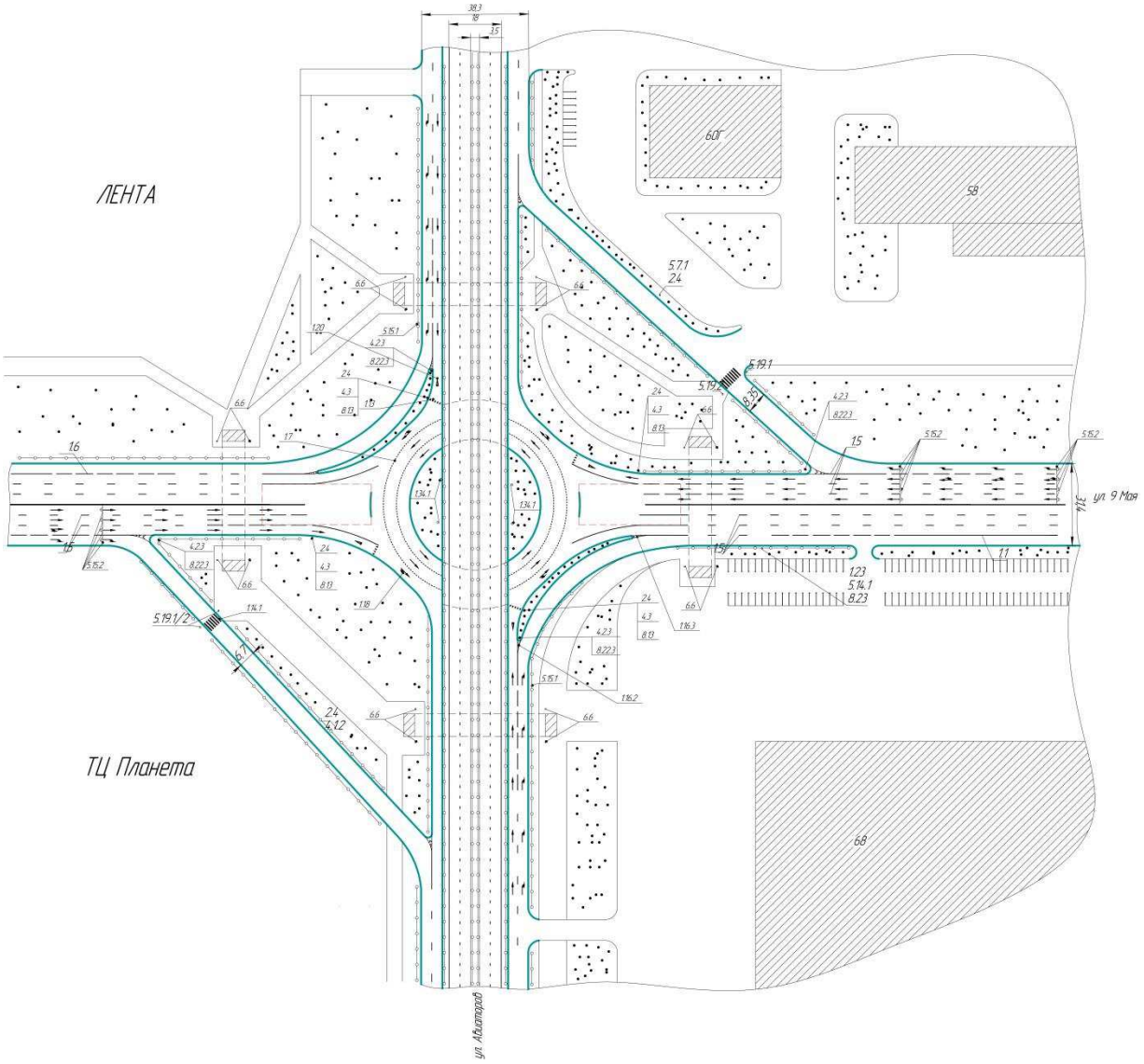
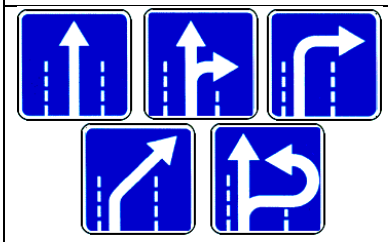
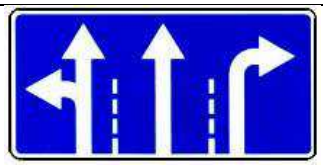


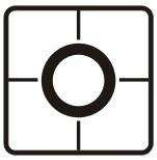
Рисунок 2.20 – Проектируемая схема ОДД на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Для удобства ориентирования и упорядочения движения транспортных средств в границах пересечения необходимо установить дорожные знаки. Установка дорожных знаков выполняется в соответствии с ГОСТ Р 52290-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные» [9]. Дислокация дорожных знаков и способ их установки представлены в таблице 2.19.

Таблица 2.19 – Дислокация дорожных знаков и способ их установки

№ знака	Обозначение	Место установки	Количество	Способ установки
1.31	Тоннель	Перед въездом в тоннель	2	на стойке
1.23	Дети	Перед участком дороги вблизи детского учреждения	1	на стойке
2.4	Уступите дорогу	На право- или левоповоротном съезде при подходе к главной дороге	4	на стойке
 5.15.2	Направление движения по полосе	Перед перекрестком	2	на растяжке
 5.15.1	Направление движения по полосам	Перед перекрестком	2	на стойке
5.19.1 5.19.2	Пешеходный переход	Перед каждый пешеходным переходом	4	на стойке
6.6	Подземный пешеходный переход	Перед каждый подземным пешеходным переходом	8	на стойке
4.2.3	Объезд препятствия справа или слева	Перед лево- или правоповоротном съезде	5	на стойке

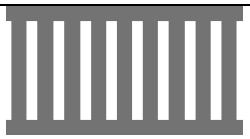
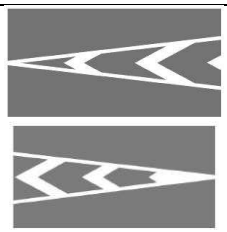
Продолжение таблицы 2.19

8.22.3	Препятствие	Перед лево- или правоповоротным съездом	4	на стойке
4.3	Круговое движение	Перед въездом на кольцевое пересечение	4	на стойке
 8.13	Направление главной дороги	Перед кольцевым пересечением	4	на стойке
4.1.2	Движение направо	Перед участком дороги на который накладывается ограничние	1	на стойке
5.14.1	Полоса для маршрутных транспортных средств	Перед полосой для движения маршрутных транспортных средств	1	на стойке
8.23	Фотовидеофиксация	Перед средством фотовидеофиксации	1	на стойке
5.7.1	Выезд на дорогу с односторонним движением	Перед перекрестком, ели на пересекаемой дороге организованно одностороннее движение	1	на стойке

Для повышения пропускной способности проектируемого участка УДС и улучшения ориентирования водителей на проезжей части и в придорожной обстановке на всем протяжении проезжей части наносится дорожная разметка в соответствии с ГОСТ Р 51256-2011 «Технические средства

организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования» [10]. Дислокация дорожной разметки представлена в таблице 2.20.

Таблица 2.20 – Дислокация дорожной разметки

№ разметки	Тип разметки	Ширина, м	Место нанесения
1.1	Сплошная	0,15	
1.5	Прерывистая	0,15	
1.6	Линия приближения	0,15	
1.7	Движение в пределах перекрестка	0,15	
 1.14.1	Пешеходный переход	4	На шлюзах, где распложены знаки 5.19.1/2.
1.18	Направление движения по полосам	0,75	На подъезде ко всем разветвлениям проезжей части
1.13	Уступить дорогу	0,5	
1.20	Приближение к разметке 1.13	1	
 1.16.2 1.16.3	Слияние/разделение транспортных потоков	-	

2.5 Организация светофорного регулирования движения на рассматриваемых участках УДС

Для совершенствования ОДД на рассматриваемых участках УДС предполагается использовать метод разделения во времени, то есть совершенствование существующих циклов светофорного регулирования.

Для повышения безопасности движения и снижения числа дорожно-транспортных происшествий применяют технические средства: дорожные знаки, дорожную разметку, светофоры, дорожные ограждения и направляющие устройства. При этом одним из основных средств, обеспечивающих разделение транспортных и пешеходных потоков во времени, являются светофоры. Применение светофорного регулирования позволяет ликвидировать наиболее опасные конфликтные точки. Однако, светофорное регулирование приводит к увеличению транспортных задержек даже на главной дороге, особенно при высокой интенсивности движения. Поэтому светофорное регулирование не всегда является оправданным. ГОСТ Р 52289-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств» регламентирует условия введения светофорной сигнализации. Транспортные светофоры типов 1,2 и пешеходные светофоры должны применяться при выполнении хотя бы одного из следующих четырех условий [9].

Условие 1 учитывает сочетание критических интенсивностей движения по главной и второстепенной дорогам. Светофорное регулирование необходимо вводить, если на перекрестке интенсивность конфликтующих транспортных потоков в течение каждого из любых восьми часов рабочего дня недели не менее предписанной ГОСТ Р 52289-2004 [9].

Условие 2 учитывает сочетание критических интенсивностей конфликтующих транспортных и пешеходных потоков. Светофорное регулирование необходимо вводить, если в течение каждого их любых восьми часов обычного рабочего дня недели по дороге в двух направлениях движется не менее 600 ед./ч (для дорог с разделительной полосой 1000 ед./ч) транспортных средств и в то же время проезжую часть в одном направлении пересекает 150 чел./ч .

Условие 3: светофорное регулирование необходимо вводить, когда условия 1 и 2 целиком не выполняются, но одновременно выполняются по каждому отдельному нормативу на 80% и более.

Условие 4 учитывает определенное число дорожно-транспортных происшествий. Применение светофорного регулирования считается целесообразным, если за последние 12 месяцев на перекрестке совершено не менее трех дорожно-транспортных происшествий, которые могли бы быть предотвращены при наличии светофорной сигнализации и при этом одно из условий 1 или 2 выполняется на 80% или более.

При расчете цикла и его элементов учитываются прогнозируемая интенсивность движения и потоки насыщения для каждого направления движения данной фазы. Поэтому перед расчетом режима регулирования необходимо составить схему организации движения транспорта и пешеходов на перекрестке, то есть обозначить пофазный разъезд транспортных средств.

При расчете режима регулирования необходимо соблюдать порядок расчета. По данным прогнозируемой интенсивности пересечения определяют поток насыщения в данной фазе для каждого направления движения.

Для определения потока насыщения на проектируемом перекрестке применяется приближенный эмпирический метод. Для движения в прямом направлении по проезжей части без продольных уклонов и разметки поток насыщения можно определить по формуле (2.7), ед./част [2]:

$$\mathrm{M_н} = 525 \cdot \mathrm{Впч}, \qquad (2.7)$$

где $\mathrm{M_н}$ – поток насыщения в приведенных единицах, ед./час;

Впч – ширина проезжей части в данном направлении движения, м.

Формула (2.7) будет справедлива только при ширине проезжей части от 5,4 м до 18 м.

Если для выполнения маневров в правом или левом направлении на перекрестке нельзя выделить отдельную полосу, то поток насыщения уменьшается, так как поворачивающие автомобили задерживают основной поток, движущийся в прямом направлении.

Если поток насыщения определяется для выделенного маневра движения, то в таком случае поток насыщения определяется согласно формулам (2.8) и (2.9), ед./час:

для однорядного движения:

$$\mathrm{M_н}_{ij} = \frac{1800}{1+1{,}525/R}, \qquad (2.8)$$

для двухрядного движения:

$$\mathrm{M_н}_{ij} = \frac{3000}{1+1{,}525/R}, \qquad (2.9)$$

где R – радиус поворота при маневре, м.

Если для выполнения поворотных маневров на перекрестке нельзя выделить отдельную полосу, то поток насыщения уменьшается, так как поворачивающие автомобили создают задержки для основного потока. Приближенная оценка потока насыщения в таком случае осуществляется в предположении, что каждый автомобиль, поворачивающий налево с общей полосы движения эквивалентен 1,75 автомобиля, движущегося в прямом направлении, а поворачивающие направо – 1,25 автомобиля прямого направления движения.

Тогда поток насыщения определяется по формуле (2.10), ед./час:

$$\mathrm{M_н} = \frac{525 \cdot \mathrm{B_{ПЧ}} \cdot 100}{a+1{,}75 \cdot b+1{,}25 \cdot c}, \qquad (2.10)$$

где a, b, c – соответственно доли автомобилей, движущихся по полосе в прямом направление, выполняющих поворот налево или направо;

$В_{Пч}$ – ширина проезжей части в данном направлении данной фазы, м.

Фазовые коэффициенты определяют для каждого из направлений движения на перекрестке в данной фазе регулирования по формуле (2.11):

$$Y_{ij} = \frac{N_{ij}}{M_{ij}}, \quad (2.11)$$

где N_{ij} – фактическая интенсивность движения на пересечении в приведенных единицах в заданном направлении, ед./час;

M_{ij} – поток насыщения для заданного направления, ед./час.

При расчете выбирается наибольшее значение фазового коэффициента.

Промежуточный такт предназначен для безопасного и полного освобождения перекрестка автомобилями, заканчивающими маневр на пересечении по разрешающему сигналу светофора в конце основного такта (зеленый сигнал).

Минимальная длительность промежуточного такта определяется по формуле (2.12), с:

$$t_{Пi} = \frac{V_a}{7{,}2a_T} + \frac{3{,}6(l_i + l_a)}{V_a}, \quad (2.12)$$

где V_a – средняя скорость движения автомобилей на перегоне и в зоне перекрестка, V_a = 50 км/ч;

a_T – среднее замедление без применения экстренного торможения при включении запрещающего сигнала светофора, a_T = 3 м/с^2;

l_i – расстояние от стоп-линии до самой дальней конфликтной точки на пересечении, м;

l_a – средняя длина транспортных средств, м.

Длительность промежуточного такта безопасности не следует выбирать менее 3 с, так как меньшее время не обеспечит выполнения назначения промежуточного такта.

Оптимальная длительность цикла регулирования, обеспечивающая минимальную среднюю задержку автомобиля у пересечения определяется по формуле (2.13), с:

$$Т_Ц = \frac{1{,}5 \cdot Т_П + 5}{1 - Y}, \quad (2.13)$$

где $Т_П$ – суммарное потерянное время на пересечении, с;

Y – суммарный фазовый коэффициент, характеризующий загрузку пересечения.

Суммарный фазовый коэффициент определяется по формуле (2.14):

$$Y = \sum_{i=1}^{n} y_i, \quad (2.14)$$

Длительность основного такта в каждой фазе регулирования пропорциональна расчетному фазовому коэффициенту для данной фазы. Следовательно, длительность всех основных тактов всех фаз цикла определяется по формуле (2.15), с:

$$t_{Oi} = \frac{(\mathrm{T_Ц} - \mathrm{T_П}) y_i}{Y}. \quad (2.15)$$

Длительность основных тактов необходимо проверить на обеспечение пропусков в соответствующих направлениях пешеходных потоков согласно формуле (2.16):

$$t_{\text{пеш}} = 5 + \frac{\mathrm{B_{пеш}}}{V_{\text{пеш}}}, \quad (2.16)$$

где $\mathrm{B_{пеш}}$ – ширина проезжей части, пересекаемая пешеходами, м;

$V_{\text{пеш}}$ – средняя скорость движения пешеходов, $V_{\text{пеш}}$ = 1,3 м/с.

При необходимости длительность тактов корректируют согласно формуле (2.17), с:

$$\mathrm{T_ц} = \frac{\mathrm{B}}{2\mathrm{A}} + \sqrt{\frac{\mathrm{B^2}}{4\mathrm{A^2}}} - \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{A}}, \quad (2.17)$$

где $\mathrm{A} = 1 - y_н$;

$\mathrm{B} = 2{,}5 \cdot \mathrm{T_п} - \mathrm{T_п} \cdot y_н + \mathrm{T_о} + 5$;

$\mathrm{C} = (\mathrm{T_п} + \mathrm{T_о}) \cdot (1{,}5\ \mathrm{T_п} + 5)$.

Зная уточненное значение цикла регулирования, возможно определить расчетную длительность основных тактов.

2.5.1 Расчет фаз светофорного регулирования на пересечении ул. 9 Мая – ул. Водопьянова

Расчет фаз светофорного регулирования производится по методике, описанной в пункте 2.5.

Рассчитаем потоки насыщения:

1) для направления 1-2, 1-3 и 1-4 поток насыщения по ул. 9 Мая находится из расчета, что движение производится по крайней правой полосе прямо и направо, по левой полосе прямо и налево, по двум средним полосам только прямо. Рассчитаем процентное соотношение транспорта движущегося прямо (a), налево (b) и направо (c) при ширине проезжей части данного направления 14,5 м:

a = (764/1224) ·100% = 62,5 %,

b = (229/1224) ·100% = 18,7 %,

c = (231/1224) ·100% = 18,8 %,

Значит, поток насыщения:

$$M_{н12} = 525 \cdot 14{,}5 \cdot \frac{100}{62{,}5+1{,}75 \cdot 18{,}7 \cdot 1{,}25 \cdot 18{,}8} = 6411 \text{ед./час}$$

2) для направления 2-1, 2-3 и 2-4 поток насыщения по ул. 9 Мая находится из расчета, что движение производится по крайней правой полосе прямо и направо, по левой полосе прямо и налево, по двум средним полосам только прямо. Рассчитаем процентное соотношение транспорта движущегося прямо (a), налево (b) и направо (c) при ширине проезжей части данного направления 14,5 м:

a = (549/1058) ·100% = 52 %,

b = (339/1058) ·100% = 32 %,

c = (170/1058) ·100% = 16 %,

Значит, поток насыщения:

$$M_{н12} = 525 \cdot 14{,}5 \cdot \frac{100}{52+1{,}75 \cdot 32 \cdot 1{,}25 \cdot 16} = 5947 \text{ед./час}$$

3) для направления 3-1 и 3-4 поток насыщения находится из расчета, что движение производится по крайней правой полосе только прямо, по левой полосе – прямо и налево. Рассчитаем процентное соотношение транспорта движущегося прямо (a) и налево (b) при ширине проезжей части данного направления 7,5 м:

a = (169/603) ·100% = 28 %,

b = (434/603) ·100%= 72 %.

Значит, поток насыщения находим по формуле

$$M_{н12} = 525 \cdot 7{,}5 \cdot \frac{100}{28+1{,}75 \cdot 72} = 2556 \text{ед./час}$$

4) для направления 4-2 и 4-3 поток насыщения находится из расчета, что движение производится по крайней правой полосе только прямо, по

левой полосе – прямо и налево. Рассчитаем процентное соотношение транспорта движущегося прямо (a) и налево (b) при ширине проезжей части данного направления 7,5 м:

a = (83/478) ·100% = 17,3 %,

b = (395/478) ·100%= 82,7 %.

Значит, поток насыщения находим по формуле

$$M_{н12} = 525 \cdot 7{,}5 \cdot \frac{100}{17{,}3+1{,}75 \cdot 82{,}7} = 2430 \text{ед./час}$$

Фазовые коэффициенты находим для каждого направления по формуле (2.11):

$$y_1 = \frac{1224}{6411} = 0{,}19,$$

$$y_2 = \frac{1058}{5947} = 0{,}177,$$

$$y_3 = \frac{603}{2556} = 0{,}235.$$

$$y_4 = \frac{478}{2430} = 0{,}196$$

За расчетный (определяющий длительность основного такта) фазовый коэффициент y_i принимается наибольшее его значение среди всех фаз. За расчетный фазовый коэффициент принимаем $y_3 = 0{,}235$.

Далее определяется длительность промежуточного такта по формуле (2.12):

для 1 фазы:

$$t_{П1} = \frac{50}{7{,}2 \cdot 3} + \frac{3{,}6(50+4)}{50} \approx 5 \text{ с},$$

для 2 фазы:

$$t_{П2} = \frac{50}{7{,}2 \cdot 3} + \frac{3{,}6(50+4)}{50} \approx 5 \text{ с}$$

для 3 фазы:

$$t_{П3} = \frac{50}{7{,}2 \cdot 3} + \frac{3{,}6(50+4)}{50} \approx 6 \text{ с}$$

для 4 фазы:

$$t_{П4} = \frac{50}{7{,}2 \cdot 3} + \frac{3{,}6(50+4)}{50} \approx 6 \text{ с}$$

Сумма промежуточных тактов равна:

$$\sum_{i=1}^{n} t_{пi} = 5 + 5 + 6 + 6 = 22 \text{ с.}$$

Суммарный фазовый коэффициент определяется по формуле (2.14):

Y = 0,19 + 0,177 + 0,235 + 0,196 = 0,798.

Для нахождения длительности цикла и основных тактов воспользуемся формулой (2.13):

$$T_Ц = \frac{1{,}5 \cdot 22 + 5}{1 - 0{,}796} = 186 \text{ с.}$$

Длительность основного такта в каждой фазе регулирования пропорциональна расчетному фазовому коэффициенту для данной фазы. Так как сумма основных тактов в фазе равна $T_ц - T_п$, находим по формуле (2.15):

$$t_{O1} = \frac{(186-22) \cdot 0{,}19}{0{,}796} = 39 \text{ с,}$$

$$t_{O2} = \frac{(186-22) \cdot 0{,}177}{0{,}796} = 36 \text{ с,}$$

$$t_{O3} = \frac{(186-22) \cdot 0{,}235}{0{,}796} = 48 \text{ с,}$$

$$t_{O4} = \frac{(186-22) \cdot 0{,}196}{0{,}796} = 40 \text{ с}$$

Длительность основных тактов необходимо проверить на обеспечение пропусков пешеходов по направлениям согласно формуле (2.16):

$$t_{пеш1} = 5 + \frac{14{,}5}{1{,}3} = 16 \text{ с,}$$

$$t_{пеш2} = 5 + \frac{14{,}5}{1{,}3} = 16 \text{ с,}$$

$$t_{пеш3} = 5 + \frac{7{,}5}{1{,}3} = 10 \text{ с,}$$

$$t_{пеш4} = 5 + \frac{7{,}5}{1{,}3} = 10 \text{ с.}$$

Так как значения не превышают длительность основных тактов, длительность цикла принимаем согласно приведенных расчетов. Структура светофорного цикла и фазный разъезд представлены на рисунке 2.21.

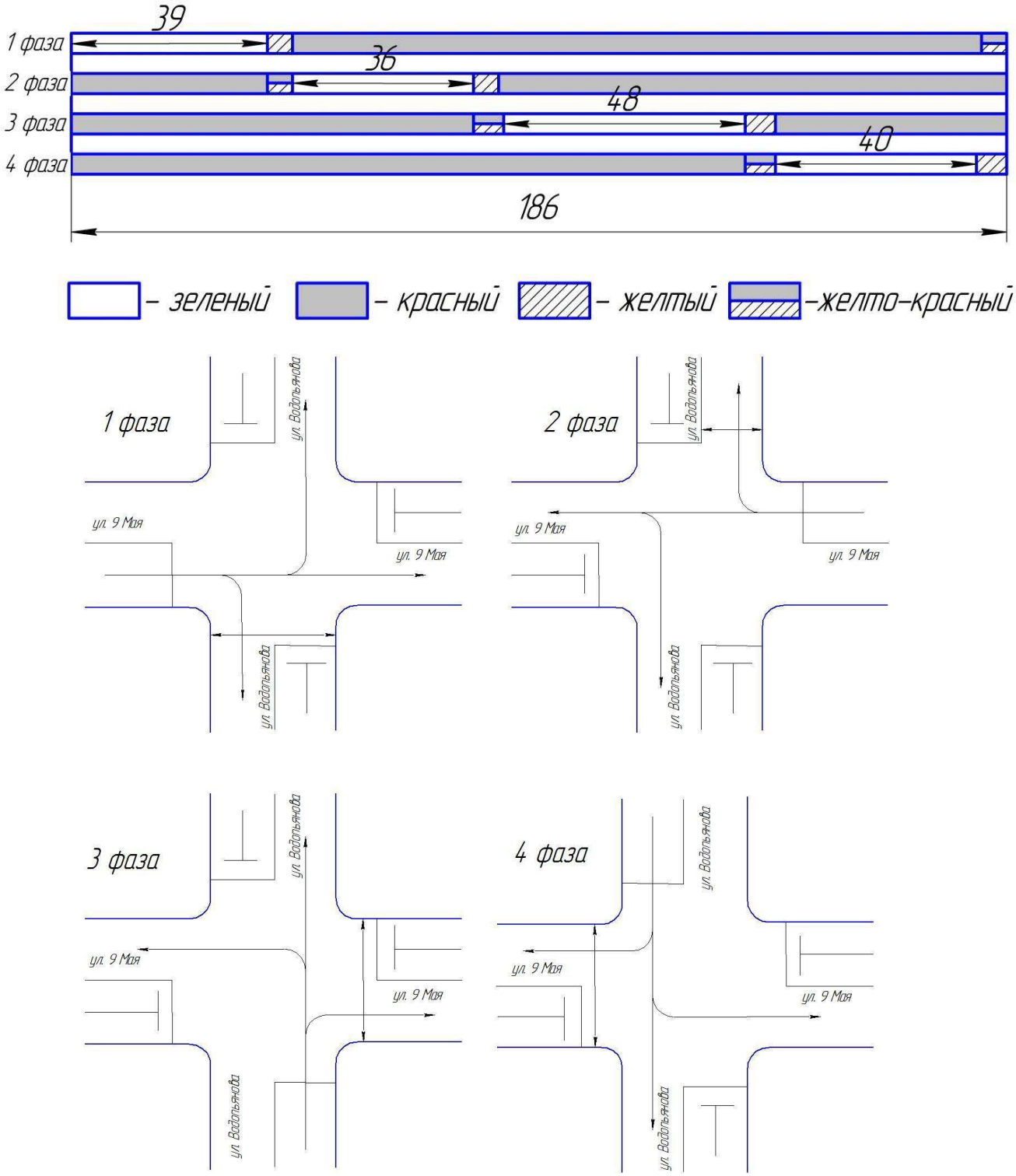


Рисунок 2.21 – Структура светофорного цикла и фазный разъезд на пересечении ул. 9 Мая – ул. Водопьянова

Согласно расчетам на пересечении будет организованно четырехфазное светофорное регулирование. Общий цикл регулирования составит 186 секунд.

Проектируемая схема ОДД на пересечении ул. 9 Мая – ул. Водопьянова представлена на рисунке 2.22.

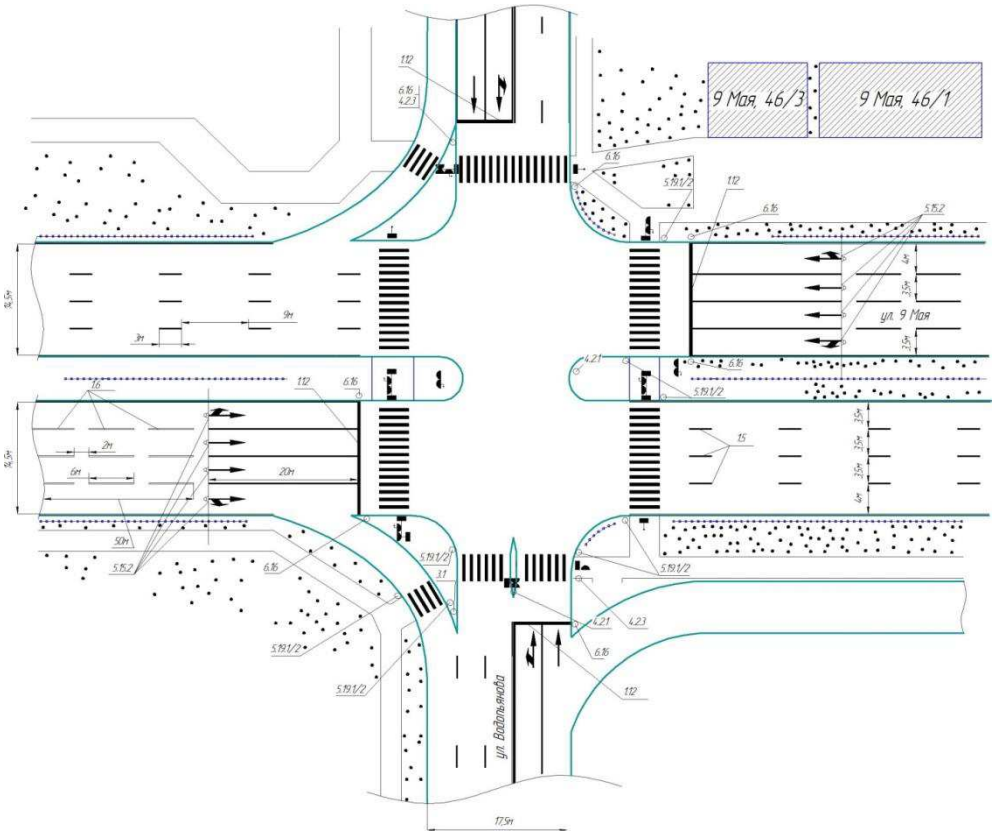


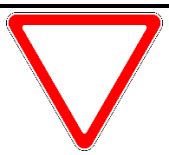
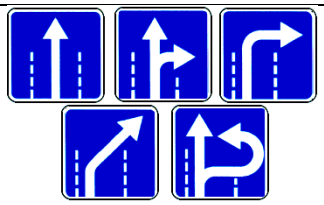
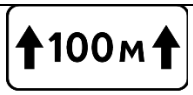
Рисунок 2.22 – Проектируемая схема ОДД на пересечении ул. 9 Мая – ул. Водопьянова

Дислокация дорожных знаков и способ их установки представлены в таблице 2.21.

Таблица 2.21 – Дислокация дорожных знаков и способ их установки

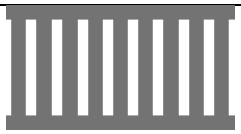
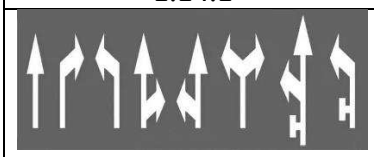
№ знака	Обозначение	Место установки	Количество	Способ установки
1.23	Дети	Перед участком дороги вблизи детского учреждения	1	на стойке
2.1	Главная дорога	Перед примыканием	2	на стойке

Продолжение таблицы 2.21

№ знака	Обозначение	Место установки	Количество	Способ установки
 2.4	Уступите дорогу	На лево- или правоповоротном съезде при подходе к главной дороге	2	на стойке
3.1	Въезд запрещен	На участках дорог с односторонним движением	2	на стойке
4.2.1	Объезд препятствий справа	перед пересечением проезжих частей в местах, где установлены запрещающие знаки	1	на стойке
 5.15.1	Направление движения по полосам	Перед пересечением	8	на растяжке
5.19.1 5.19.2	Пешеходный переход	Перед пешеходным переходом	8	на стойке
6.4	Парковка	Перед парковкой	1	на стойке
6.16	Стоп-линия	Перед стоп-линий	4	на стойке
 8.2.1	Зона действия(опасный участок)	Перед началом опасного участка	1	на стойке
8.22.1	Препятствие	Перед лево- или правоповоротным съездом	1	на стойке

Дислокация дорожной разметки представлена в таблице 2.22.

Таблица 2.22 – Дислокация дорожной разметки

№ разметки	Тип разметки	Ширина, м	Место нанесения
1.1	Сплошная	0,15	
1.3	Двойная сплошная	0,3	
1.5	Прерывистая	0,15	
1.6	Линия приближения	0,15	
1.12	Стоп-линия	0,4	
 1.14.1	Пешеходный переход	4	На шлюзах, где распложены знаки 5.19.1/2.
 1.18	Направление движения по полосам	0,75	На подъезде ко всем разветвлениям проезжей части

2.5.2 Расчет фаз светофорного регулирования на пересечении ул. 9 Мая – ул. Урванцева

Расчет фаз светофорного регулирования производится по методике, описанной в пункте 2.5.

Рассчитаем потоки насыщения:

1) для направления 1-2, 1-3 и 1-4 поток насыщения по ул. 9 Мая находится из расчета, что движение производится по крайней правой полосе прямо и направо, по левой полосе прямо и налево, по двум средним полосам только прямо. Рассчитаем процентное соотношение транспорта движущегося прямо (a), налево (b) и направо (c) при ширине проезжей части данного направления 14,5 м:

$$a = (620/913) \cdot 100\% = 68\ \%,$$

$$b = (185/913) \cdot 100\% = 20\ \%,$$

$$c = (108/913) \cdot 100\% = 12\ \%,$$

Значит, поток насыщения:

$$М_{н12} = 525 \cdot 14{,}5 \cdot \frac{100}{68+1{,}75 \cdot 20 \cdot 1{,}25 \cdot 12} = 6451 \text{ед./час}$$

2) для направления 2-1, 2-3 и 2-4 поток насыщения по ул. 9 Мая находится из расчета, что движение производится по крайней правой полосе прямо и направо, по левой полосе прямо и налево, по двум средним полосам только прямо. Рассчитаем процентное соотношение транспорта движущегося прямо (a), налево (b) и направо (c) при ширине проезжей части данного направления 14,5 м:

a = (598/1144) ·100% = 52 %,

b = (145/1144) ·100% = 13 %,

c = (401/1144) ·100% = 35 %,

Значит, поток насыщения:

$$М_{н12} = 525 \cdot 14{,}5 \cdot \frac{100}{52+1{,}75 \cdot 13 \cdot 1{,}25 \cdot 35} = 6424 \text{ед./час}$$

3) для направления 3-1, 3-2 и 3-4 поток насыщения находится из расчета, что движение производится по крайней правой полосе прямо и направо, по левой полосе – прямо и налево. Рассчитаем процентное соотношение транспорта движущегося прямо (a) и налево (b) при ширине проезжей части данного направления 7 м:

a = (111/519) ·100% = 21 %,

b = (201/519) ·100%= 39 %.

c = (207/519) ·100% = 40 %

Значит, поток насыщения находим по формуле

$$М_{н12} = 525 \cdot 7 \cdot \frac{100}{21+1{,}75 \cdot 39+1{,}25 \cdot 40} = 2639 \text{ед./час}$$

4) для направления 4-1, 4-2 и 4-3 поток насыщения находится из расчета, что движение производится по полосе во всех направлениях. Рассчитаем процентное соотношение транспорта движущегося прямо (a) и налево (b) при ширине проезжей части данного направления 3,5 м:

a = (65/218) ·100% = 30 %,

b = (78/218) ·100%= 35,7 %.

c = (75/218) ·100% = 34,3 %

Значит, поток насыщения находим по формуле

$$M_{н12} = 525 \cdot 3{,}5 \cdot \frac{100}{30+1{,}75 \cdot 35{,}7+1{,}25 \cdot 34{,}3} = 1357 \text{ед./час}$$

Фазовые коэффициенты находим для каждого направления по формуле (2.11):

$$y_1 = \frac{913}{6451} = 0{,}14,$$

$$y_2 = \frac{1144}{6424} = 0{,}178,$$

$$y_3 = \frac{519}{2639} = 0{,}196.$$

$$y_4 = \frac{218}{1357} = 0{,}16$$

За расчетный (определяющий длительность основного такта) фазовый коэффициент y_i принимается наибольшее его значение среди всех фаз. За расчетный фазовый коэффициент принимаем $y_3 = 0{,}196$.

Далее определяется длительность промежуточного такта по формуле (2.12):

для 1 фазы:

$$t_{П1} = \frac{50}{7{,}2 \cdot 3} + \frac{3{,}6(50+4)}{50} \approx 5 \text{ с},$$

для 2 фазы:

$$t_{П2} = \frac{50}{7{,}2 \cdot 3} + \frac{3{,}6(50+4)}{50} \approx 5 \text{ с}$$

для 3 фазы:

$$t_{П3} = \frac{50}{7{,}2 \cdot 3} + \frac{3{,}6(50+4)}{50} \approx 5 \text{ с}$$

для 4 фазы:

$$t_{П3} = \frac{50}{7{,}2 \cdot 3} + \frac{3{,}6(50+4)}{50} \approx 5 \text{ с}$$

Сумма промежуточных тактов равна:

$\sum_{i=1}^{n} t_{пi} = 5 + 5 + 5 + 5 = 20$ с.

Суммарный фазовый коэффициент определяется по формуле (2.14):

Y = 0,14 + 0,178 + 0,196 + 0,16 = 0,674.

Для нахождения длительности цикла и основных тактов воспользуемся формулой (2.13):

$$T_Ц = \frac{1,5 \cdot 20 + 5}{1 - 0,674} = 107 \text{ с.}$$

Длительность основного такта в каждой фазе регулирования пропорциональна расчетному фазовому коэффициенту для данной фазы. Так как сумма основных тактов в фазе равна $T_ц - T_п$, находим по формуле (2.15):

$$t_{O1} = \frac{(107 - 20) \cdot 0,14}{0,674} = 19 \text{ с,}$$

$$t_{O2} = \frac{(107 - 20) \cdot 0,176}{0,674} = 23 \text{ с,}$$

$$t_{O3} = \frac{(107 - 20) \cdot 0,196}{0,674} = 25 \text{ с,}$$

$$t_{O4} = \frac{(107 - 20) \cdot 0,16}{0,674} = 20 \text{ с}$$

Длительность основных тактов необходимо проверить на обеспечение пропусков пешеходов по направлениям согласно формуле (2.16):

$$t_{пеш1} = 5 + \frac{14,5}{1,3} = 16 \text{ с,}$$

$$t_{пеш2} = 5 + \frac{14,5}{1,3} = 16 \text{ с,}$$

$$t_{пеш3} = 5 + \frac{7}{1,3} = 10 \text{ с,}$$

$$t_{пеш4} = 5 + \frac{3,5}{1,3} = 8 \text{ с.}$$

Так как значения не превышают длительность основных тактов, длительность цикла принимаем согласно приведенных расчетов. Структура светофорного цикла и фазный разъезд представлена на рисунке 2.23.

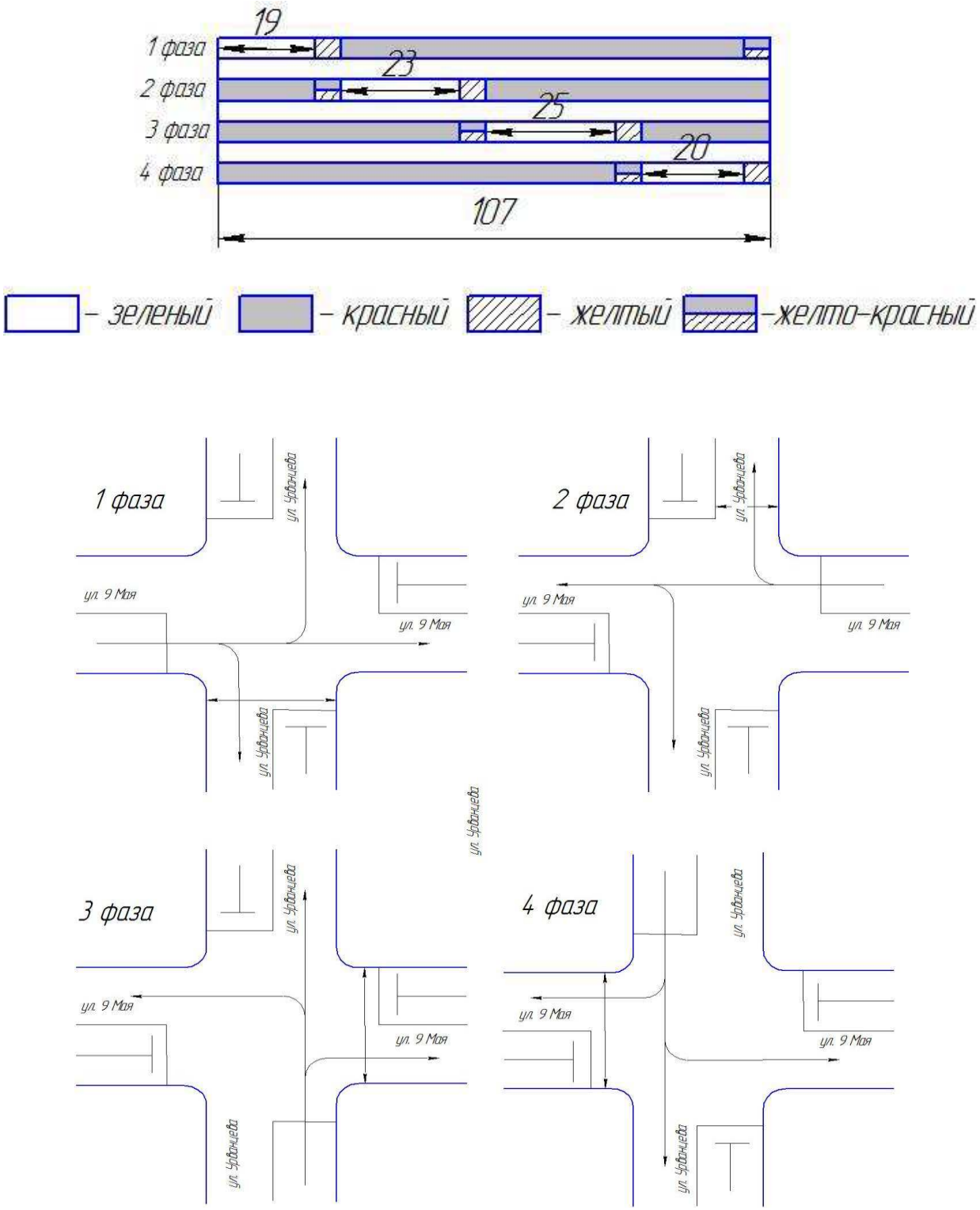


Рисунок 2.23 – Структура светофорного цикла и фазный разъезд на пересечении ул. 9 Мая – ул. Урванцева

На рисунке 2.24 представлена проектируемая схема ОДД на пересечении ул. 9 Мая – ул. Урванцева.

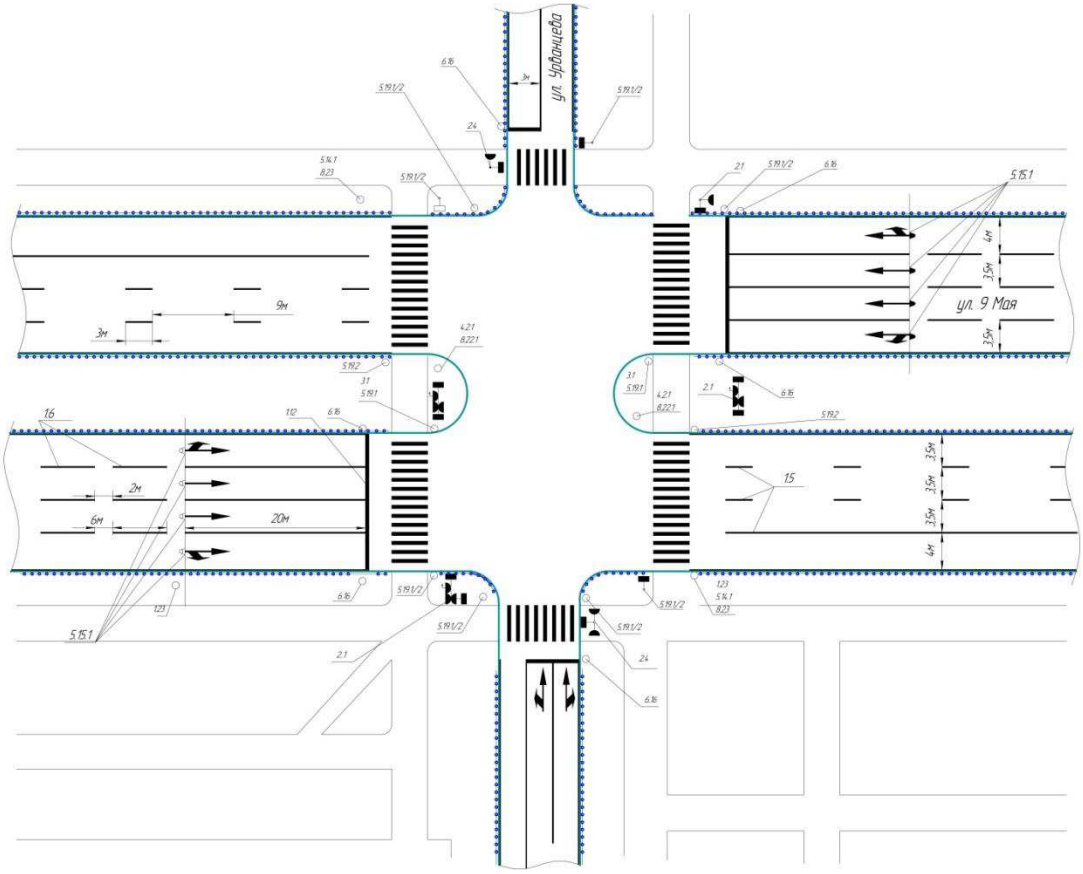


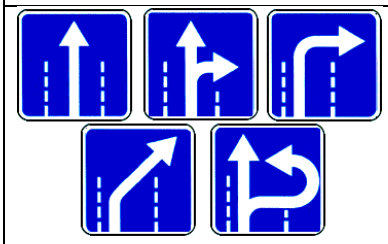
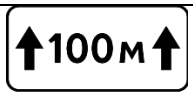
Рисунок 2.24 – Проектируемая схема ОДД на пересечении ул. 9 Мая – ул. Урванцева

Дислокация дорожных знаков и способ их установки представлены в таблице 2.23.

Таблица 2.23 – Дислокация дорожных знаков и способ их установки

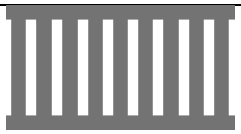
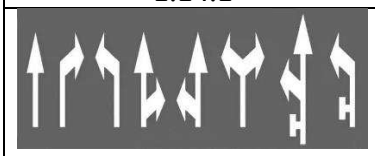
№ знака	Обозначение	Место установки	Количество	Способ установки
1.23	Дети	Перед участком дороги вблизи детского учреждения	1	на стойке
2.1	Главная дорога	Перед примыканием	3	на стойке
2.4	Уступите дорогу	На лево- или правоповоротном съезде при подходе к главной дороге	2	на стойке

Продолжение таблицы 2.23

№ знака	Обозначение	Место установки	Количество	Способ установки
3.1	Въезд запрещен	На участках дорог с односторонним движением	2	на стойке
4.2.1	Объезд препятствий справа	перед пересечением проезжих частей в местах, где установлены запрещающие знаки	2	на стойке
 5.15.1	Направление движения по полосам	Перед пересечением	8	на растяжке
5.19.1 5.19.2	Пешеходный переход	Перед пешеходным переходом	10	на стойке
6.16	Стоп-линия	Перед стоп-линий	4	на стойке
 8.2.1	Зона действия(опасный участок)	Перед началом опасного участка	1	на стойке
8.22.1	Препятствие	Перед лево- или правоповоротным съездом	1	на стойке

Дислокация дорожной разметки представлена в таблице 2.24.

Таблица 2.24 – Дислокация дорожной разметки

№ разметки	Тип разметки	Ширина, м	Место нанесения
1.1	Сплошная	0,15	
1.3	Двойная сплошная	0,3	
1.5	Прерывистая	0,15	
1.6	Линия приближения	0,15	
1.12	Стоп-линия	0,4	
 1.14.1	Пешеходный переход	4	На шлюзах, где распложены знаки 5.19.1/2.
 1.18	Направление движения по полосам	0,75	На подъезде ко всем разветвлениям проезжей части

2.5.3 Расчет фаз светофорного регулирования на пересечении ул. 9 Мая – пр. Комсомольский

Расчет фаз светофорного регулирования производится по методике, описанной в пункте 2.5.

Рассчитаем потоки насыщения:

1) для направления 1-2, 1-3 и 1-4 поток насыщения по ул. 9 Мая находится из расчета, что движение производится по крайней правой полосе прямо и направо, по левой полосе прямо и налево, по двум средним полосам только прямо. Рассчитаем процентное соотношение транспорта движущегося прямо (a), налево (b) и направо (c) при ширине проезжей части данного направления 14,5 м:

$$a = (852/1890) \cdot 100\% = 45\ \%,$$

$$b = (258/1890) \cdot 100\% = 13{,}6\ \%,$$

$$c = (780/1890) \cdot 100\% = 41{,}4\ \%,$$

Значит, поток насыщения:

$$M_{н12} = 525 \cdot 14{,}5 \cdot \frac{100}{45+1{,}75 \cdot 13{,}6 \cdot 1{,}25 \cdot 41{,}4} = 6314 \text{ед./час}$$

2) для направления 2-1, 2-3 и 2-4 поток насыщения по ул. 9 Мая находится из расчета, что движение производится по крайней правой полосе прямо и направо, по левой полосе прямо и налево, по двум средним полосам только прямо. Рассчитаем процентное соотношение транспорта движущегося прямо (a), налево (b) и направо (c) при ширине проезжей части данного направления 14,5 м:

a = (870/1206) ·100% = 72 %,

b = (192/1206) ·100% = 16 %,

c = (144/1206) ·100% = 12 %.

Значит, поток насыщения:

$$M_{н12} = 525 \cdot 14{,}5 \cdot \frac{100}{72+1{,}75 \cdot 16 \cdot 1{,}25 \cdot 12} = 6619 \text{ ед./час}$$

3) для направления 3-1, 3-2 и 3-4 поток насыщения находится из расчета, что движение производится по крайней правой полосе прямо и направо, по левой полосе прямо и налево, по двум средним полосам прямо и направо и налево. Рассчитаем процентное соотношение транспорта движущегося прямо (a), налево (b) и направо (c) при ширине проезжей части данного направления 14,5 м:

a = (150/672) ·100% = 22 %,

b = (342/672) ·100%= 51 %,

c = (180/672) ·100% = 27 %.

Значит, поток насыщения находим по формуле

$$M_{н12} = 525 \cdot 14{,}5 \cdot \frac{100}{22+1{,}75 \cdot 51 \cdot 1{,}25 \cdot 27} = 5250 \text{ ед./час}$$

4) для направления 4-1, 4-2 и 4-3 поток насыщения находится из расчета, что движение производится по крайней правой полосе прямо и направо, по левой полосе прямо и налево, по двум средним полосам прямо и направо и налево. Рассчитаем процентное соотношение транспорта движущегося прямо (a), налево (b) и направо (c) при ширине проезжей части данного направления 14,5 м:

a = (66/420) ·100% = 16 %,

b = (252/420) ·100%= 60 %,

c = (102/420) ·100% = 24 %.

Значит, поток насыщения находим по формуле

$$M_{н12} = 525 \cdot 14{,}5 \cdot \frac{100}{16+1{,}75 \cdot 60 \cdot 1{,}25 \cdot 24} = 5041 \text{ ед./час}$$

Фазовые коэффициенты находим для каждого направления по формуле (2.11):

$$y_1 = \frac{1890}{6314} = 0{,}3,$$

$$y_2 = \frac{1206}{6619} = 0{,}182,$$

$$y_3 = \frac{672}{5250} = 0{,}128.$$

$$y_4 = \frac{420}{5041} = 0{,}083$$

За расчетный (определяющий длительность основного такта) фазовый коэффициент y_i принимается наибольшее его значение среди всех фаз. За расчетный фазовый коэффициент принимаем $y_1 = 0{,}3$.

Далее определяется длительность промежуточного такта по формуле (2.12):

для 1 фазы:

$$t_{П1} = \frac{50}{7{,}2 \cdot 3} + \frac{3{,}6(58+4)}{50} \approx 7 \text{ с},$$

для 2 фазы:

$$t_{П2} = \frac{50}{7{,}2 \cdot 3} + \frac{3{,}6(58+4)}{50} \approx 7 \text{ с}$$

для 3 фазы:

$$t_{П3} = \frac{50}{7{,}2 \cdot 3} + \frac{3{,}6(58+4)}{50} \approx 7 \text{ с}$$

для 4 фазы:

$$t_{П4} = \frac{50}{7{,}2 \cdot 3} + \frac{3{,}6(58+4)}{50} \approx 7 \text{ с}$$

Сумма промежуточных тактов равна:

$\sum_{i=1}^{n} t_{пi} = 7 + 7 + 7 + 7 = 28$ с.

Суммарный фазовый коэффициент определяется по формуле (2.14):

Y = 0,3 + 0,182 + 0,128 + 0,083 = 0,693.

Для нахождения длительности цикла и основных тактов воспользуемся формулой (2.16):

$$Т_Ц = \frac{1,5 \cdot 28 + 5}{1 - 0,693} = 153 \text{ с.}$$

Длительность основного такта в каждой фазе регулирования пропорциональна расчетному фазовому коэффициенту для данной фазы. Так как сумма основных тактов в фазе равна $Т_ц - Т_п$, находим по формуле (2.15):

$$t_{O1} = \frac{(153 - 28) \cdot 0,3}{0,693} = 53 \text{ с,}$$

$$t_{O2} = \frac{(153 - 28) \cdot 0,182}{0,693} = 33 \text{ с,}$$

$$t_{O3} = \frac{(153 - 28) \cdot 0,128}{0,693} = 23 \text{ с,}$$

$$t_{O4} = \frac{(153 - 28) \cdot 0,083}{0,693} = 16 \text{ с}$$

Длительность основных тактов необходимо проверить на обеспечение пропусков пешеходов по направлениям согласно формуле (2.16):

$$t_{пеш1} = 5 + \frac{14,5}{1,3} = 16 \text{ с,}$$

$$t_{пеш2} = 5 + \frac{14,5}{1,3} = 16 \text{ с,}$$

$$t_{пеш3} = 5 + \frac{14,5}{1,3} = 16 \text{ с,}$$

$$t_{пеш4} = 5 + \frac{14,5}{1,3} = 16 \text{ с.}$$

Так как значения не превышают длительность основных тактов, длительность цикла принимаем согласно приведенных расчетов. Структура светофорного цикла и фазный разъезд представлена на рисунке 2.25.

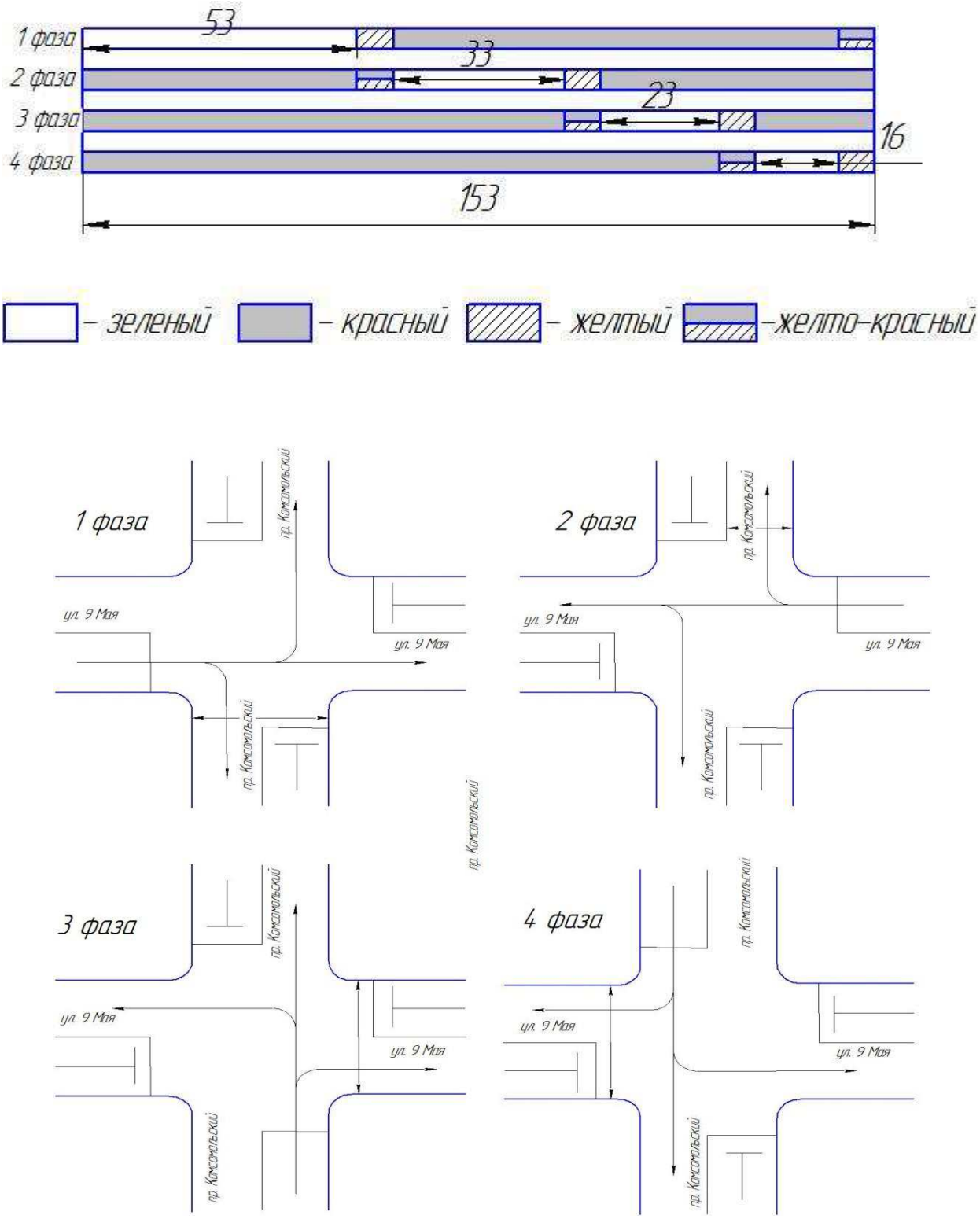


Рисунок 2.25 – Структура светофорного цикла и фазный разъезд на пересечении ул. 9 Мая – пр. Комсомольский

Проектируемая схема ОДД на пересечении ул. 9 Мая – пр. Комсомольский представлена на рисунке 2.26.

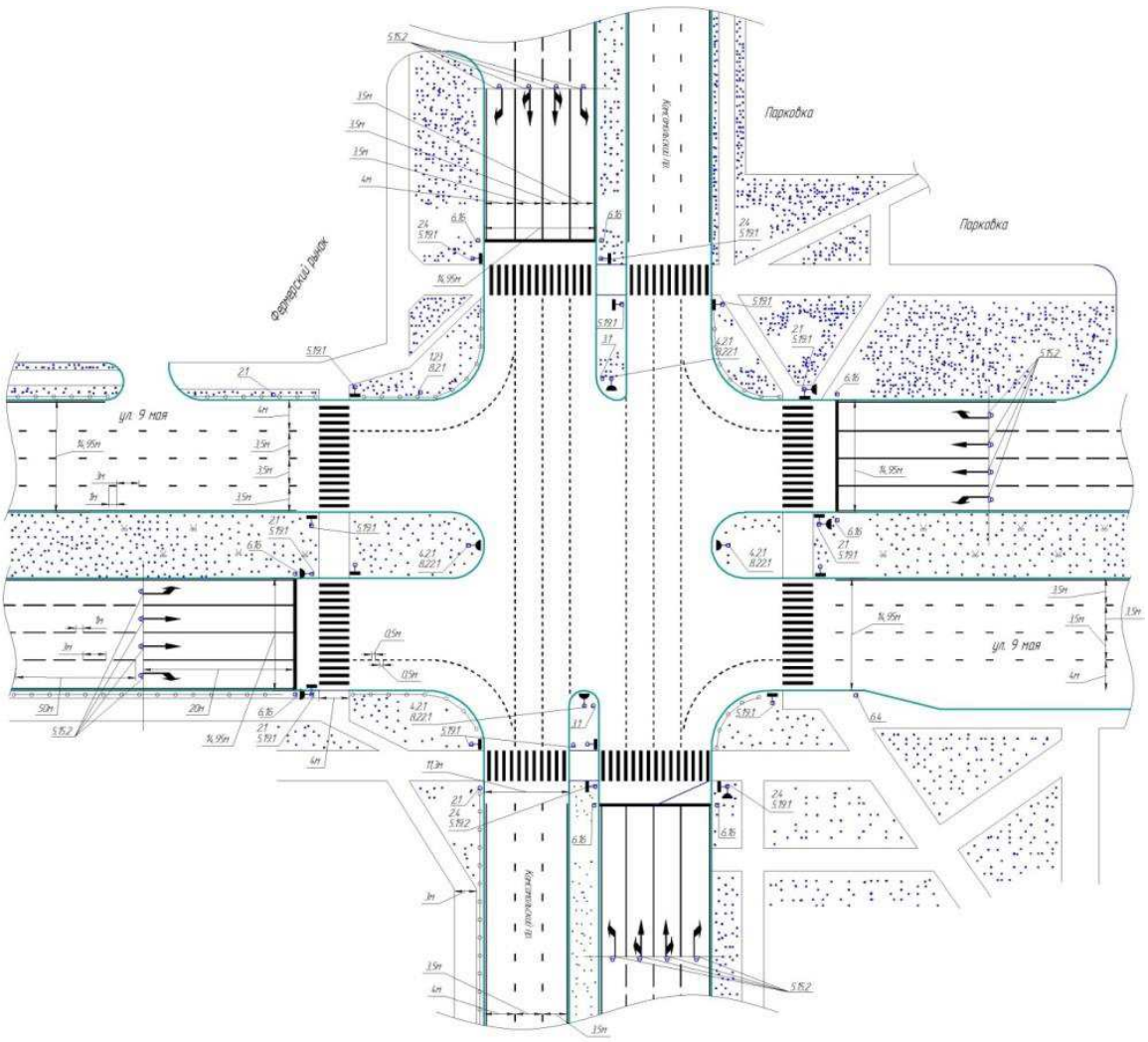


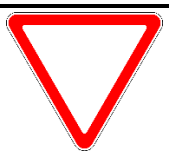
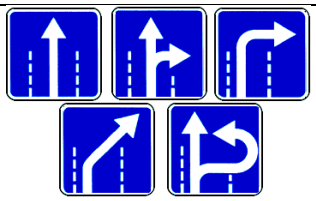
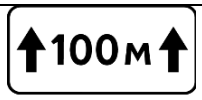
Рисунок 2.26 – Проектируемая схема ОДД на пересечении ул. 9 Мая – пр. Комсомольский

Дислокация дорожных знаков и способ их установки представлены в таблице 2.25.

Таблица 2.25 – Дислокация дорожных знаков и способ их установки

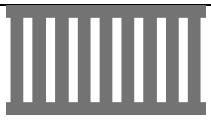
№ знака	Обозначение	Место установки	Количество	Способ установки
1.23	Дети	Перед участком дороги вблизи детского учреждения	1	на стойке
2.1	Главная дорога	Перед пересечением	4	на стойке

Продолжение таблицы 2.25

№ знака	Обозначение	Место установки	Количество	Способ установки
 2.4	Уступите дорогу	На право- или левоповоротном съезде приподходом к главной дороге	4	на стойке
3.1	Въезд запрещен	На участках дорог с односторонним движением	2	на стойке
4.2.1	Объезд препятствий справа	перед пересечением проезжих частей в местах	4	на стойке
 5.15.1	Направление движения по полосам	Перед пересечением	8	на растяжке
5.19.1 5.19.2	Пешеходный переход	Перед пешеходным переходом	13	на стойке
6.4	Парковка	Перед парковкой	1	на стойке
6.16	Стоп-линия	Перед каждой стоп-линией	4	на стойке
 8.2.1	Зона действия (опасный участок)	Перед началом опасного участка	1	на стойке
8.22.1	Препятствие	На разделительных полосах	4	на стойке

Дислокация дорожной разметки представлена в таблице 2.26.

Таблица 2.26 – Дислокация дорожной разметки

№ разметки	Тип разметки	Ширина, м	Место нанесения
1.1	Сплошная	0,15	
1.3	Двойная сплошная	0,3	
1.5	Прерывистая	0,15	
1.6	Линия приближения	0,15	
1.7	Движение в пределах перекрестка	0,15	
1.12	Стоп-линия	0,4	
 1.14.1	Пешеходный переход	4	На шлюзах, где распложены знаки 5.19.1/2.
1.18	Направление движения по полосам	0,75	На подъезде ко всем разветвлениям проезжей части

2.6 Проект схемы организации движения на рассматриваемом участке УДС с координированным светофорным регулированием по типу «Зеленая волна»

На основе рассчитанных в пункте 2.5 циклов светофорного регулирования для рассматриваемых пересечений, предлагается ввести светофорное регулирование по типу «Зеленая волна», рассчитываемое методом программы координации. Данное мероприятие позволит сократить временные задержки и заторы на подъездах к пересечениям по магистрали ул. 9 Мая.

В качестве ключевого перекрестка выбираем тот, для которого получена максимальная длительность цикла. Учитывая, что при координированном управлении длительность цикла на всех перекрестках должна быть одинаковой, в качестве расчетного принимают цикл ключевого перекрестка. В данном случае, таковым будут являться перекресток ул. 9 Мая – ул. Водопьянова, цикл регулирования которого составляет 186 секунд.

При средней и высокой плотности движения на магистрали(свыше 500 ед/ч на полосы расчетный цикл будет являться избыточным не только для

остальных перекрестков, но и для ключевого, так как усиливается процесс группообразования в потоке. Средняя интенсивность для перекрестка составляет 515 ед/ч на полосу. В связи с этим расчетный цикл должен быть уменьшен на 15 – 20 % с обязательной проверкой длительности основных тактов по условиям движения пешеходов. Исходя из этого, оптимальный цикл регулирования будет составлять 152 секунды.

После определения единого расчетного цикла для магистрали необходимо определить соответствующие ему длительности основных тактов для каждого перекрестка (таблица 2.27).

Таблица 2.27 – Основные показатели при расчете программы координации для рассматриваемых перекрестков

Показатели	Название улицы		
	ул. Водопьянова	ул. Урванцева	пр. Комсомольский
Длительность основного такта t_{O1}, с	32	29	53
Длительность основного такта t_{O2}, с	29	35	34
Длительность основного такта t_{O3}, с	39	36	25
Длительность основного такта t_{O4}, с	32	32	20
Длительность промежуточного такта $t_{П}$, с	5	5	5

График координации строят следующим образом. Слева от вертикальной оси графика путь – время с соблюдением его вертикального масштаба наносят выпрямленный схематический план магистрали с указанием расстояний между перекрестками и режимов регулирования на них, соответствующих расчетному циклу. Вправо через границы перекрестков проводят линии, параллельные горизонтальной оси. На горизонтальной оси, соответствующей ключевому перекрестку, наносят слева направо с соблюдением горизонтального масштаба повторяющуюся последовательность сигналов вдоль магистрали.

От начала зеленых сигналов и точек, отстоящих вправо на ширину $t_л$= (0,4-0,5)·$T_ц$ проводят наклонные горизонтали линии. Тангенс угла наклона этих линий соответствует расчетной скорости и рассчитывается по формуле 2.18.

$$\mathrm{tg}\alpha = \frac{v_р M_г}{3{,}6 M_в}, \qquad (2.18)$$

где $v_р$ – расчетная скорость движения, 60 км/ч;

$M_г$ – горизонтальный масштаб, число секунд 1 см, 10 с;

$M_в$ – вертикальный масштаб, число метров 1 см, 100 м .

$t_л$= 0,5·32 = 13 сек,

$$tg\alpha = \frac{60 \cdot 10}{3{,}6 \cdot 100} = 239^o$$

Показатель $t_л$ определяет ширину так называемой ленты времени. Если график движения автомобиля находится внутри этой ленты, то ему гарантируется безостановочное движение. Лента времени для встречного направления берется той же ширины, но имеет обратный наклон, определяемый по формуле, соответственно расчетной скорости этого направления. При этом добиваются по возможности такого положения, чтобы на линиях остальных перекрестков расстояние $t_з$ отсекаемое двумя лентами времени было не больше длительности зеленого сигнала для каждого перекрестка. После этого на все горизонтальные полосы, соответствующие остальным перекресткам, наносят повторяющиеся последовательности сигналов таким образом, чтобы зеленые сигналы охватывающие участки $t_з$, занятые обеими лентами времени. Взаимное расположение на горизонтали точек, соответствующих началу зеленых сигналов, определяет их сдвиги относительно друг друга и принятой нулевой отметки времени.

После коррекции графика на него наносят все ленты времени для потоков прямого и встречного направлений. В результате он приобретает законченный вид. Полученный график представлен на рисунке 2.27.

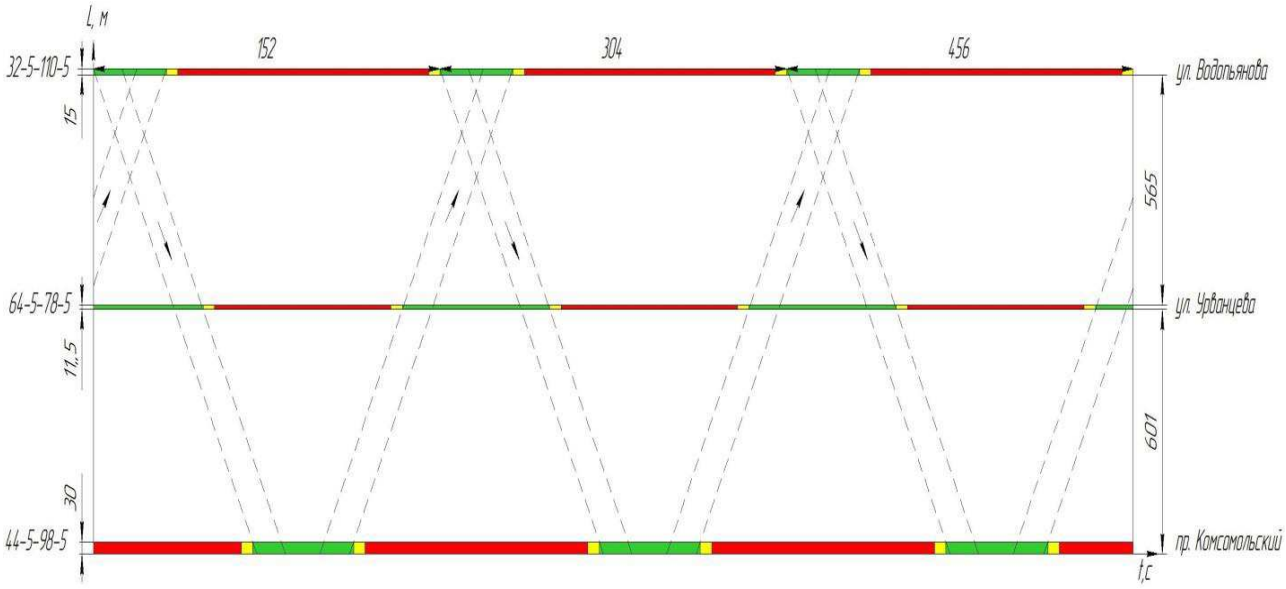


Рисунок 2.27 – График координации светофорного регулирования на рассматриваемом участке УДС

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что оптимальная длительность цикла составляет 152 секунды. Длительность основных тактов для перекрестков ул. 9 Мая – ул. Водопьянова имеет вид, ул. 9 Мая – ул. Урванцева, ул.9 Мая – пр. Комсомольский.

После расчета светофорного регулирования методом координированного управления движением необходимо оценить эффективность предложенных мероприятий в программе PTV Vissim.

2.7 Оценка эффективности предлагаемых мероприятий по совершенствованию организации движения на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

С помощью программы моделирования транспортных потоков PTV Vision® VISSIM проведем моделирование существующей ОДД на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов, а затем моделирование транспортных потоков проектируемой схемы ОДД.

На рисунке 2.28 представлено моделирование существующей ОДД и состояние транспортных потоков на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов.

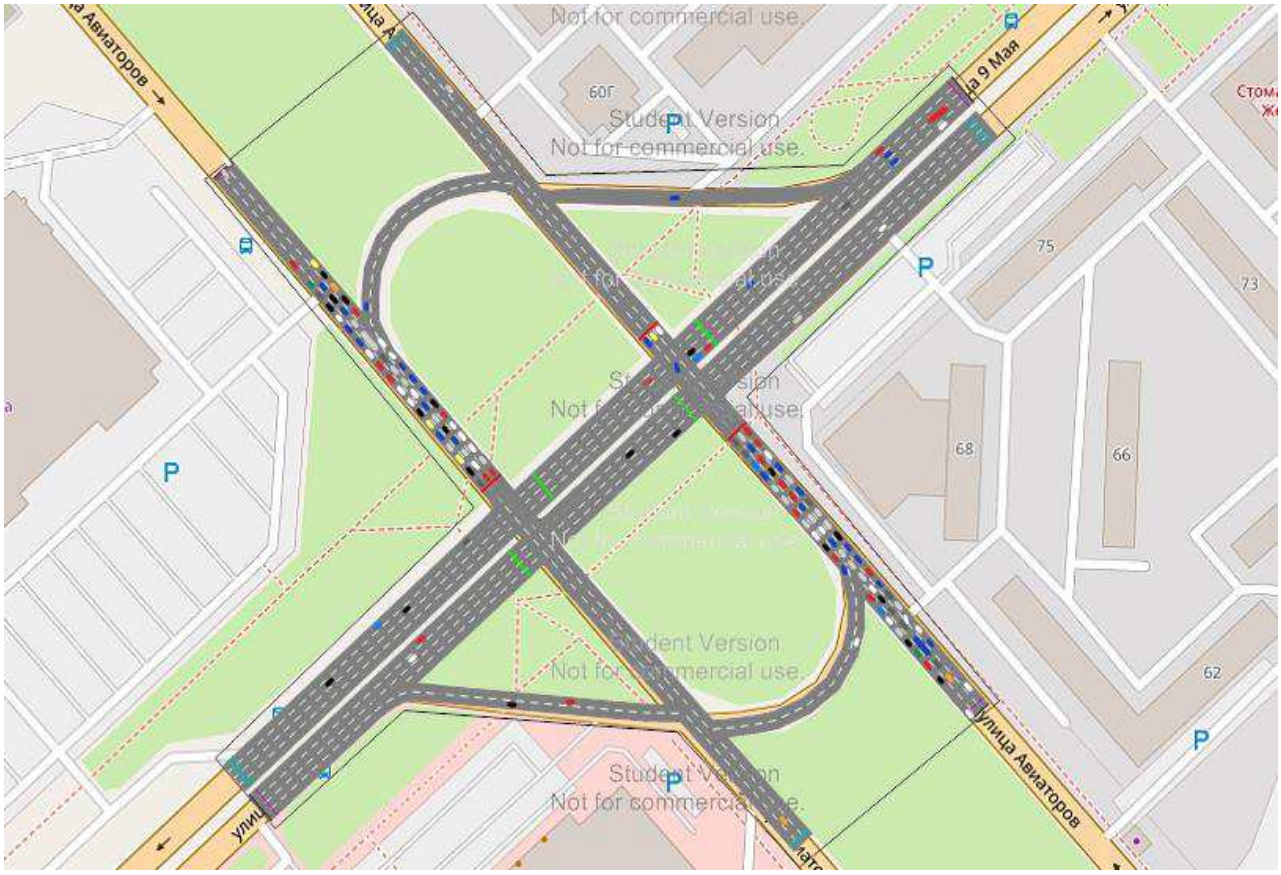


Рисунок 2.28– Схема существующей ОДД и состояние транспортных потоков на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авитаторов

На рисунке 2.29 представлен анализ состояния транспортных потоков при существующей ОДД на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов.

Результаты анализа сети ТС

Выбрать оформлени

Число: 2	ВрЗадержСр(В...	ОстСр(Все)	СкорСр(Все)
1	38,91 s	0,97	20,56 km/h
2	38,91 s	0,97	20,56 km/h

Рисунок 2.29 – Анализ состояния транспортных потоков при существующей ОДД на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Из рисунка видно, что на подъездах к пересечению ул. 9 Мая – ул. Авиаторов наблюдается снижение скорости до 20 км/ч, а также возникают заторы.

На рисунке 2.30 представлена проектируемая схема ОДД и состояние транспортных потоков на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов.

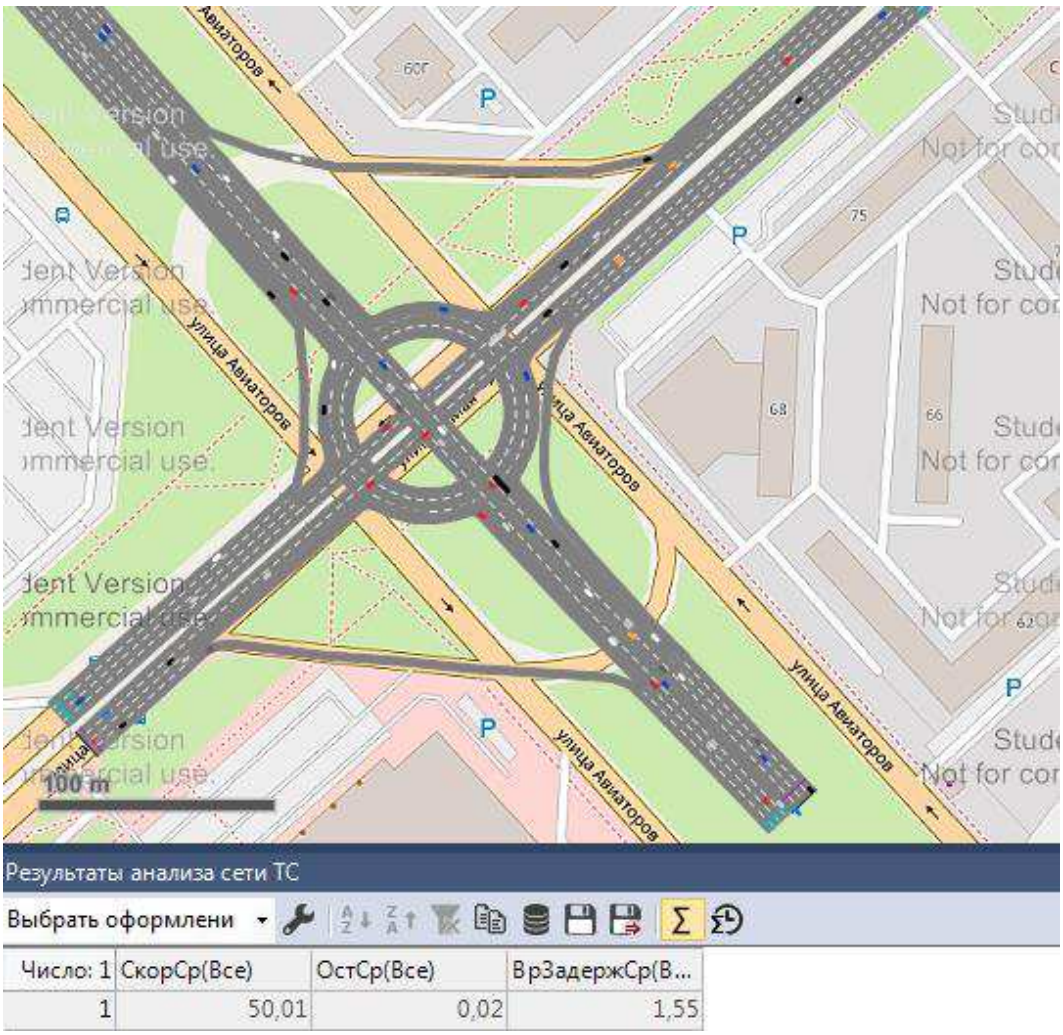


Рисунок 2.30 – Проектируемая схема ОДД и состояние транспортных потоков на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

В таблице 2.28 приведены значения параметров анализа транспортной сети для существующей и проектируемой ОДД на ул. 9 Мая – ул. Авиаторов.

Таблица 2.28 – Значения параметров анализа транспортной сети для существующей и проектируемой ОДД на ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Параметры	Вариант ОДД	
	существующая	проектируемая
Общее время задержки, [с]	38,91	5,85
Общее время остановок, [с]	0,97	0,3
Средняя скорость, [км/ч]	20,56	44,09

Исходя из полученных значений параметров анализа транспортной сети, можно сделать вывод о том, что предлагаемые мероприятия совершенствования ОДД на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов значительно снижают задержки транспортных средств и увеличивают среднюю скорость потока.

3 Экономическая часть

3.1 Расчет экономической эффективности предлагаемых мероприятий по совершенствованию ОДД на участке УДС Советского района г. Красноярска

Общая стоимость предлагаемых мероприятий определяется при помощи составления сводной сметы.

В целях упрощения расчетов затраты на подготовительные и земляные работы, устройство искусственных сооружений, связь и электроснабжение, здания и сооружения дорожной службы, обустройства магистрали определяются на основании укрупненных показателей сметной стоимости (объем работ умножается на величину укрупненного показателя сметной стоимости).

Затраты на устройство дорожной одежды и переоборудование пересечений определяются путем составления подробных смет.

В раздел затрат «Прочие работы и затраты» включаются по характеру и содержанию затраты, которые, как правило, исчисляются по строительству в целом:

- дополнительные расходы строительных организаций. Нормы дифференцированы по зонам в зависимости от температурных условий в местах нахождения строек, в дипломной работе принимаются в размере 2,5% для зеленого полотна, 3% - для дорожной одежды, 4,7% – для искусственных сооружений и 2,8% – для остальных работ.

- затраты по выплате надбавок к заработной плате в связи с подвижным характером работ принимаются в размере 3-5% от суммы по главам с 1 по 9.

- затраты на очистку территории строительства от мусора принимают в размере 0,15% от стоимости всех предыдущих разделов затрат.

- дополнительные расходы, связанные с применением сдельно-премиальной системы оплаты труда, можно принять в размере 1% от суммарной стоимости предыдущих разделов затрат.

- в сводную смету включают дополнительные суммы в размере 2,5% от стоимости предыдущих глав, учитывающие увеличение тарифных ставок строительных рабочих.

В конце сводной сметы отдельной строкой предусматривается сумма, которая резервируется на неучтенные и непредвиденные работы и затраты. Резерв принимается в размере 5% от полной сметной стоимости строительства.

За итогом сводной таблицы обычно указывается возвратная сумма. В нее входит стоимость материалов, полученных от разборки сносимых зданий и сооружений, а также амортизируется в течение строительства часть стоимости временных зданий, сооружений и приспособлений.

Возвратные суммы установлены в процентах от стоимости временных зданий и сооружений:

- при сроке строительства до 1 года – 20%;
- при сроке строительства до 2 лет – 15%;
- при сроке строительства до 3 лет – 12%;
- при сроке строительства более 3 лет – 10%.

Стоимость материала и выполняемых работ, принимаем на основе каталога цен для данного региона. Имеется в виду, что цены приняты из условия, что материалы для строительства дороги местные. Оплату труда и затраты на эксплуатацию и обслуживание строительно-дорожных машин принимаем на основе норматива работ для г. Красноярска.

Общая стоимость мероприятий определяется путём составления сводной сметы. Она составлена на основе данных предполагаемых подрядчиков о затратах на строительные и расходные материалы и о затратах на выполнение соответствующих работ [13].

На проектируемом участке УДС предлагается построить эстакаду, для этого необходимо произвести земляные работы. Рассматриваемый участок имеет длину в 635 метров с 4 полосами для движения, цена 1 метра эстакады составляет 594300 рублей.

Таким образом, общая стоимость составит 377380500 рублей. Площадь асфальтобетонного покрытия для эстакады связывающей ул. 9 Мая – ул. Авиаторов составляет 11500 м^2. Смета на подготовительные работы обустройство земляного полотна представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Смета на земляные работы

№	Наименование работ или затрат	Единицы измерения	Кол-во единиц	Стоимость, руб.	
				ед.	общая
1	Разбивка земляного полотна в равнинной местности	1 км	2	9600	19200
2	Оформление отвода дороги	1 км	2	3255	6510
3	Устройство земляного полотна под дорогу со всеми подготовительными работами	1 м^3	375	800	300000
4	Укрепление откосов насыпей и выемок каменной наброской	1 м^2	766	1600	1225600
Итого прямых затрат, руб.					1551310

Исходя из таблицы 3.1 видно, что сметная стоимость на земляные работы составила 1551310 рублей.

Смета на дорожную одежду составляют в следующей последовательности:

Определяют номер территориального района строительства.

С помощью сборника ЕРЕР находим единые расценки, оценивающие производимые работы. Умножаем расценки на индекс цен в соответствии с датой строительства.

Прямые затраты по каждой работе находят, умножая объемы работ на значение единичных расценок. Суммируя результаты, полученные для отдельных работ, находят прямые затраты по смете.

Величину накладных расходов определяют умножением на итоговое значение прямых затрат. Нормы накладных расходов в процентах, установленных расходов в процентах, установленных по ведомственному признаку (принимаем 17,5 %).

Добавляя к прямым затратам накладные расходы, определяем сметную себестоимость работ. Затем находят плановые накопления, принимаем в размере 6 % от величины себестоимости, и, наконец, сметную стоимость работ (суммированием сметной себестоимости и плановых накоплений).

Реконструкцию ведём на участках: длина 635 м, ширина 18 м. Площадь асфальтобетонного покрытия для эстакады, связывающей ул. 9 Мая – ул. Авиаторов составляет 11500 м^2.

Составляем каталог единых расценок. Каталог единых расценок представляет собой таблицу, в которой указана стоимость всех работ, с учётом затрат на материалы, эксплуатацию строительных машин, выплата заработной платы рабочих. Суммирую все затраты при осуществлении данного вида работ получаем общую стоимость.

Стоимость материала и выполняемых работ, принимаем на основе каталога цен для данного региона. То есть цены приняты из условия, что материалы для строительства дороги местные.

Оплату труда и затраты на эксплуатацию и обслуживание строительно-дорожных машин принимаем на основе норматива работ для города Красноярска.

Составляем смету на строительство дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием. В ней указываем цены на конкретный вид работы уже с учетом всех затрат. В графе наименование работ для удобства расчета записываем параметры необходимых работ (длину, ширину и высоту).

Количество единиц измерения является числовое значение расчета необходимого объема работ. Умножая стоимость одной единицы работы на объем необходимой работы, получаем общую стоимость работы [14].

Таблица 3.2 – Смета на устройство дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием на эстакаде

№	Наименование работ или затрат	Единицы измерения	Кол-во единиц	Стоимость, руб.	
				ед.	общая
1	Устройство подстилающего слоя песка толщиной 30 см	1 м^3	2544,6	271	689586,6
2	Устройство основания из щебня М600 толщиной 15 см	100 м^2	8,84	22558	199412,72
3	Устройство основания из черного щебня толщиной 9 см	100 м^2	8,84	24175	213707

Продолжение таблицы 3.2

№	Наименование работ или затрат	Единицы измерения	Кол-во единиц	Стоимость, руб.	
				ед.	общая
4	Устройство нижнего слоя покрытия из крупнозернистой асфальтобетонной смеси толщиной 5 см	100 м^2	8,84	15675	138567
5	Устройство верхнего слоя покрытия из мелкозернистой асфальтобетонной смеси толщиной 5 см	100 м^2	8,84	19761	174687
Итого прямых затрат, руб.					1415960
Накладные расходы, руб. (17,5%)					247793,1
Сметная себестоимость, руб.					1663753,1
Плановые накопления, руб. (6%)					127436,4
Всего сметная стоимость, руб.					1791190

Эстакада также включает в себя опоры, состоящие из колонн, связей, ригелей, фундамента, и пролетные строения, треверс, связи по фермам. Стоимость затрат на данную конструкцию составит 377380500 + 1791190 рублей = 379171690 рублей.

На проектируемых участках УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов предлагается дополнительно установить дорожные знаки, ограждения и нанести дорожную разметку. Стоимость затрат данных мероприятий представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Смета на обстановку и принадлежности дороги на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов

Наименование работ и затрат	Ед. измерения	Кол-во единиц измер.	Стоимость, руб.	
			единицы	общая
Дорожные знаки:				
Круглые	шт.	10	3217	32170
Квадратные	шт.	33	2714	89562
Треугольные	шт.	7	2457	12285
Монтаж дорожных знаков на стойке	шт.	48	2700	129600
Разметка проезжей части:				
Сплошная (1.1)	п.м	420	150	63000
Пунктирная (1.5)	п.м	150	300	45000
Длинная пунктирная (1.6)	п.м	130	300	39000
Короткая прерывистая (1.7)	п.м	70	300	21000
Треугольники (1.13)	м^2	4	2500	10000

Продолжение таблицы 3.3

Наименование работ и затрат	Ед. измерения	Кол-во единиц измер.	Стоимость, руб.	
			единицы	общая
Разметка проезжей части:				
Разделение транспортных потоков (1.16.2)	$м^2$	8,4	2500	21000
Слияние транспортных потоков (1.16.3)		8,4		21000
Стрелы (1.18)	$м^2$	122,68	2500	306700
Треугольник (1.20)	$м^2$	8	2500	20000
Вертикальная, нижний край пролетного строения (2.2)	п.м	8	675	5400
Устройство ограждений:				
Установка ограждений барьерного типа	1 п.м.	1480	3200	4736000
Установка пешеходных ограждений со стоимостью материала	м	550	4875	2681250
Итого прямых затрат, руб.				8232967
Накладные расходы, руб. (17,5%)				1440769
Сметная себестоимость, руб.				9673736
Плановые накопления, руб. (6%)				493978
Всего сметная стоимость, руб.				10167714

Исходя из таблицы 3.3 видно, что итоги прямых затрат на строительство эстакады и развязок составляет 8232967, а всего сметная себестоимость выходит 10167714.

Так же немного учесть прочие работы и затраты и свести конечную смету за весь комплекс мероприятий в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Сводная смета затрат на комплекс мероприятий

Наименование работ и затрат	Общая сметная стоимость, руб.
Прочие работы и затраты:	
Дополнительные затраты при производстве работ в зимнее время	890046
Очистка территории при строительстве	900943,45
Доплаты по сдельно - премиальной системе оплаты труда	356019
Основные затраты:	
Смета на земляные работы	1551310
Смета на устройство дорожной одежды	1791190
Смета на строительство эстакады	377380500
Смета на обстановку и принадлежности эстакады и развязок	10167714
Всего по сметам:	393037722

Из таблицы 3.4 видно, общая смета всех затрат на комплекс мероприятий по ОДД Центрального района составляет 393037722 рублей.

3.2 Расчет экономии от снижения затрат времени транспорта

Экономия от снижения затрат времени транспорта определяется как разница между скоростью времени ($C_{тр}$), теряемого на каждом пересечений в существующих и проектируемых условиях [15]:

$$Э_{тр} = С_{тр}^{сущ} - С_{тр}^{пр}, \quad (3.1)$$

где $Э_{тр}$ – экономия от снижения затрат времени транспорта на пересечении, рублей;

$C_{тр}^{сущ}$ – стоимость времени простоя в существующих условиях, рублей;

$C_{тр}^{пр}$ – стоимость времени простоя в проектируемых условиях, рублей.

Если результат получается отрицательным, это означает, что мероприятия вызывает не снижение, а повышение затрат времени транспорта, и в дальнейших расчетах этот результат учитывается со знаком «минус».

Определим стоимость времени, теряемого на каждом из этих пересечений в существующих и проектируемых условиях по формуле [15]:

$$С_{тр} = Т \cdot S_{а-ч}, \quad (3.2)$$

где Т – затраты времени, с;

$S_{а \cdot ч}$ – стоимость автомобиле - часа.

Стоимость 1 авт – часа по типам автомобилей принимаем: грузовой автомобиль – 320 рублей; легковой автомобиль – 200 рублей; автобус – 550 рублей.

Средняя стоимость 1 автомобиля – часа с учетом состава потока определится [15]:

$$S_{а-ч} = 320D_{гр} + 200D_{л} + 550D_{a}, \quad (3.3)$$

где $S_{а-ч}$ – средняя стоимость 1 автомобиля – часа с учетом состава потока, рублей;

$D_{гр}$– удельный вес грузовых автомобилей;

$D_{л}$ –удельный вес легковых автомобилей;

D_{a} – удельный вес автобусов.

На участке проектируемом пересечении :

$$S_{а-ч} = 320 \cdot 0{,}03 + 200 \cdot 0{,}95 + 550 \cdot 0{,}02 = 210{,}6 \text{ руб.}$$

Величина затрат времени за год (для регулируемого пересечения) определяется по формуле, авт·час:

$$T_{\text{тр}} = \frac{365}{3600} \cdot \frac{(N_{\text{гл}} + N_{\text{вт}}) \cdot t_{\text{ср}}}{\text{К}_{\text{н}}}, \quad (3.4)$$

где $N_{гл}$, $N_{вп}$ – интенсивность движения по главной и второстепенной дороге в час «пик» в приведенных единицах;

$К_н$ – коэффициент неравномерности в течение суток (0,1);

$t_{ср}$ - средняя задержка одного автомобиля на регулируемом перекрестке, сек.

Для участка УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов в существующих условиях:

$$T_{\text{тр}} = \frac{365}{3600} \cdot \frac{(6877) \cdot 38{,}91}{0{,}1} = 270260 \text{ авт} \cdot \text{час}.$$

Стоимость потерь времени при существующих условиях составит:

$$C_{тр}^{сущ} = 270260 \cdot 210{,}6 = 56916737{,}2 \text{ руб}.$$

Для участка УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов в проектируемых условиях:

$$T_{\text{пр.тр}} = \frac{365}{3600} \cdot \frac{(6877) \cdot 0{,}3}{0{,}1} = 2083{,}73 \text{ авт} \cdot \text{час}.$$

Стоимость потерь времени при проектируемых условиях составит:

$$C_{тр}^{пр} = 2083{,}73 \cdot 210{,}6 = 438833{,}75 \text{ руб}.$$

Экономия от снижения затрат времени транспорта составит (руб.):

$Э_{тр}$= 56916737,2 – 438833,75 = 56477903,4 руб.

Таким образом, разница затрат времени задержек транспорта составила 56477903,4 рубля. Данный результат получился положительным, это значит, что предложенные мероприятия эффективны, так как значительно снижают транспортные задержки.

3.3 Расчет срока окупаемости комплекса мероприятий по совершенствованию ОДД на участке УДС Советского района г. Красноярска

Срок окупаемости – минимальный временной период от начала осуществления инвестиционного проекта до момента, когда первоначальные инвестиционные вложения покрываются суммарными результатами от его

осуществления. Суммарный результат – это суммарная экономия от внедряемых мероприятий [16].

При расчете срока окупаемости используют коэффициент дисконтирования (норма дисконта), который определяется по формуле [15]

$$\alpha = \frac{1}{(1+К)^n}, \quad (3.5)$$

где n – период времени;

К – ставка Центробанка на текущий год (7,25 %).

Таблица 3.5 – Расчет срока окупаемости предлагаемых мероприятий по совершенствованию ОДД Центрального района г. Красноярска

Год	Инвестиции в проект	Экономия сокращения потерь общественно необходимых затрат, т.руб.	Коэффициент дисконтирования	Возвратные суммы на первоначально вложенный капитал, т.руб.
1	393037722	56477903,4	0,932	52524450,2
2			0,869	49079298,1
3			0,810	45747101,8
4			0,755	42640817,1
5			0,704	39760444
6			0,657	37105982,5
7			0,612	34564476,9
8			0,571	32248882,8
9			0,532	30046244,6
10			0,496	28013040,1
11			0,463	26149269,3
Сумма:				417880007,4
Срок окупаемости, лет				11

Инвестиции окупаются в приемлемые сроки (11 лет) для данного типа проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе были рассмотрены варианты совершенствования ОДД на участках УДС Советского района г. Красноярск (пересечение ул. 9 Мая – ул. Авиаторов и ул. 9 Мая – ул. Водопьянова – ул. Урванцева – пр. Комсомольский). Был проведен анализ существующей ОДД данных участков, состава транспортных потоков и аварийности.

На основании произведенного анализа были предложены следующие мероприятия по совершенствованию ОДД:

1 проектирование кольцевого пересечения, предназначенного для транспортных потоков, совершающих левоповоротное движение на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов;

2 проектирование канализированного движения на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов для непрерывного движения транспортных потоков, совершающих правый поворот с ул. Авиаторов;

3 проектирование автотранспортного тоннеля на пересечении ул. 9 Мая – ул. Авиаторов;

4 установка четырехполосной эстакады, проходящей по ул. Авиаторов, для пропуска ТС в прямом направлении;

5 устройство подземных пешеходных переходов на проектируемом участке УДС ул. 9 Мая – ул. Авиаторов, связанное с непрерывным движением транспортных потоков;

6 произведены расчеты длительности светофорных циклов на пересечениях ул. 9 Мая – ул. Водопьянова, ул. 9 Мая – ул. Урванцева, ул. 9 Мая – пр. Комсомольский;

7 проектирование схемы организации движения на участке УДС ул. 9 Мая – ул. Водопьянова – ул. Урванцева – пр. Комсомольский с координированным светофорным регулированием по типу «Зеленая волна».

Оценка эффективности предлагаемых мероприятий по совершенствованию организации движения на участке УДС Советского района г. Красноярска была выполнена с помощью программы моделирования транспортных потоков PTV Vision® VISSIM. Анализ результатов моделирования показал эффективность предложенных решений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Красноярск. Администрация города. [Электронный ресурс]: Советский район. – Режим доступа: http://www.admkrsk.ru.

2 Кременец, Ю. А. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М.: ИКЦ Академкнига, 2005. – 279 с.

3 Показатели состояния дорожного движения [Электронный ресурс]: Статистика – Режим доступа: http://stat.gibdd.ru/.

4 Красноярск. Администрация города. [Электронный ресурс]: Генеральный план территориального развития города Красноярск. – Режим доступа: http://www.admkrsk.ru.

5 Руководство по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах. – Москва: Министерство транспорта Российской Федерации, РОСАВТОДОР 2003. – 58 с.

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

7 Свод правил по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог и транспортных пересечений. – М.: Москва, 2013. – 212 с.

8 ГОСТ Р 33152 – 2014 Дороги автомобильные общего пользования. Классификация тоннелей. – Введ. 01.12.2015. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 23 с.

9 ГОСТ Р 52289 – 2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – Введ. 01.01.2006. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 127 с.

10 ГОСТ Р 51256-2018 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. – Введ. 01.06.2018. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 42 с.

11 Клинковштейн, Г. И., Афанасьев, М. Б. Организация дорожного движения: Учеб. Для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – 5–е изд., перераб. И доп. – М.: транспорт, 2001. – 247 с.

12 СНиП 2.05.02 – 85 Строительные нормы и правила. Конструктивные параметры дороги. Правила дорожного движения. – Москва: НИП, 1994. – 63 с.

13 ГОСТ Р 52399–2005 Геометрические элементы автомобильных дорог. – Введ. 30.04.2006. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 11 с.

14 ОДМ 218.2.020 – 2012 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. – Введ. 01.03.2012. – Москва: Росавтодор, 2012. – 49 с.

15 Ильина, Н.В. Расчет инвестиций в мероприятия по повышению безопасности дорожного движения: методические указания / Н.В. Ильина. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. – 40 с.

16 Ильина, Н.В. Экономическое обоснование мероприятий по повышению безопасности дорожного движения: методические указания / Н.В. Ильина. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. – 27 с.

17 СТО 4.2–07–2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной Деятельности. – Введ. 30.12.2013. – Красноярск: ИПК СФУ, 2013 – 60 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Листы графической части

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Презентационный материал

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Е.С. Воеводин
«___» _____ 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.01 – Технология транспортных процессов
«Совершенствование организации дорожного движения на участках УДС Советского района г. Красноярска (ул. 9 Мая)»

Руководитель _____ канд. техн. наук Е.С. Воеводин

Выпускник _____ В.А. Кадкина

Красноярск 2020