

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 И ПОВЫШЕНИЕ  
БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА УЧАСТКАХ ФЕДЕРАЛЬНОЙ  
ДОРОГИ Р257 (В ПРЕДЕЛАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ)»**

Руководитель

доцент, канд. техн. наук В.А. Ковалев

Выпускник

А. В. Долгий

Консультант

ст. преподаватель Н.В. Шадрин

Красноярск 2020

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме: «Совершенствование организации и повышение безопасности движения на участках федеральной дороги Р257 (в пределах Красноярского края)» содержит 86 страниц текстового документа, 12 используемых источников, 6 листов графического материала.

БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ (БДД), ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ (ДТП), АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА, НАДЕЖНОСТЬ, ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ (ОДД).

Целью данной выпускной работы квалификационной работы является разработка мероприятий по совершенствованию организации и повышению безопасности движения на федеральной автомобильной дороге Р-257 «Енисей», проходящей по территории Красноярского края.

На основании результатов проведенного анализа существующей дорожной обстановки на федеральной трассе Р-257, проходящей по территории Красноярского края, были предложены мероприятия по повышению безопасности на аварийно-опасных участках:

Улучшение организации и повышение безопасности движения на участке ФАД Р257 30 КМ.

Повышение безопасности на участке ФАД Р257 123 КМ.

Улучшение организации и повышение безопасности движения на участке ФАД Р257 166 КМ

Оценка эффективности предлагаемых мероприятия по снижению аварийности осуществляется с помощью необходимых расчетов и программы моделирования транспортных потоков PTV Vissim. Экономическая часть работы выполнена в соответствии с требованиями аудита автомобильных дорог.

Проведена экономическая оценка предлагаемых мер, рассчитана выгода и срок окупаемости.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
1 Технико-экономическое обоснование .....	6
1.1 Характеристика федеральной трассы Р-257 «Енисей» .....	6
1.2 Анализ аварийности на автомобильной дороге Р-257 «Енисей» 0-257 км.....	10
1.2.1 Определение аварийно-опасных участков федеральной трассы Р-257 «Енисей».....	13
1.3 Анализ причин возникновения ДТП на рассматриваемых участках ....	17
1.3.1 Участок ФАД Р-257 30 км.....	17
1.3.2 Участок ФАД Р-257 123 км.....	20
1.3.3 Участок ФАД Р-257 166 км.....	25
1.4 Система ВАДС.....	28
1.4.1 Анализ системы ВАДС по компоненту «Водитель» .....	29
1.4.2 Анализ системы ВАДС по компоненту «Автомобиль» .....	30
1.4.3 Анализ системы ВАДС по компоненту «Дорога» .....	31
1.4.4 Анализ системы ВАДС по компоненту «Среда» .....	35
1.5 Оценка надежности системы ВАДС на рассматриваемых участках ФАД Р-257.....	40
2 Организационно-техническая часть .....	45
2.1 Обзор методов совершенствования организации и повышения безопасности дорожного движения на загородных автомобильных дорогах.....	45
2.2 Рекомендации по повышению безопасности движения на участке федеральной трассы Р-257, 123 км.....	46
2.2.1 Расчет показателей устойчивости ТС.....	46
2.2.2 Разработка мероприятий по снижению тяжести последствий на участке трассы ФАД Р-257 123 км. ....	54
2.3 Проектирование транспортной развязки на участке федеральной трассы Р-257, 166 км .....	56
2.3.1 Расчет геометрических параметров транспортной развязки по типу «Труба» для участка федеральной трассы Р-257, 166 км .....	58

2.3.2 Организация дорожного движения на транспортной развязке участка федеральной трассы Р-257, 166 км .....	66
2.4 Проект организации дорожного движения на участке федеральной трассы Р-257 «Енисей, 30 км .....	70
2.5 Оценка эффективности предлагаемых мероприятий по совершенствованию организации и повышению безопасности движения на участке федеральной трассы Р-257 166км .....	73
3 Экономическая часть .....	78
3.1 Определение экономической эффективности мероприятий по повышению безопасности дорожного движения на федеральной трассе Р-257 .....	78
Заключение .....	84
Список использованных источников .....	85
Приложение А Листы графической части .....	86
Приложение Б Презентационный материал .....	93

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Большую роль в национальной экономике страны играет автомобильный транспорт, как вид экономической деятельности, относящийся к сфере услуг. Географическое расположение Красноярского края предполагает внешнюю торговлю с ближайшими развитыми странами такими как: Китай, Корея, Казахстан. Транспортировка грузов и пассажиров осуществляется по автомобильным дорогам, которые в свою очередь должны обеспечивать скорость доставки и безопасность.

Проблема обеспечения безопасности и организации дорожного движения на загородных трассах, в настоящее время стоит остро. Показатели аварийности и тяжести последствий высокие. Ежегодно несколько десятков тысяч людей погибают в автомобильных катастрофах.

В Красноярском крае с каждым годом увеличивается уровень автомобилизации, чтобы обеспечить эффективность дорожного движения, необходимо рассматривать проблему безопасности дорожного движения комплексно. В рамках приоритетного проекта Минтранса России «Безопасные и качественные дороги» одной из целей, является сокращение количества мест концентрации дорожно-транспортных происшествий на дорожной сети. Для этого необходимы обоснованные мероприятия по повышению безопасности дорожного движения.

Наиболее тяжкие последствия происходят на загородных автомобильных дорогах, где наблюдается увеличение скорости движения автомобилей. Данная проблема актуальна для дорог Красноярского края, в частности, для участка федеральной трассы Р-257 «Енисей», проходящей по территории Красноярского края.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка мероприятий по совершенствованию организации и повышению безопасности движения на федеральной автомобильной дороге Р-257 «Енисей».

Объектом исследования является участок 0-257 км. федеральной трассы Р-257 «Енисей», проходящей по территории Красноярского края.

## **1 Техничко-экономическое обоснование**

Проблема аварийности на автотранспорте приобрела высокую степень в последнее десятилетие, в связи с несоответствием существующей дорожно-транспортной инфраструктуры. Автомобиль – источник повышенной опасности, при несоответствующем использовании является причиной ДТП, приводящих к ранениям и гибели людей. Ежегодно на территории РФ в ДТП погибают несколько десятков тысяч человек.

Наиболее тяжкие последствия происходят на загородных автомобильных дорогах, где наблюдается увеличение скорости движения автомобилей. Данная проблема актуальна для дорог Красноярского края, в частности, для участка федеральной трассы Р-257 «Енисей», проходящей по территории Красноярского края.

### **1.1 Характеристика федеральной трассы Р-257 «Енисей»**

Общий вид федеральной автомобильной дороги Р-257 “Енисей” представлен на рисунке 1.1.

Федеральная автомобильная дорога Р257 «Енисей» (до 1 января 2018 года также мог применяться номер М54) – автомобильная дорога федерального значения Красноярск - Абакан - Кызыл - Чадан Хандагайты — государственная граница с Монголией.

Протяжённость автодороги – более 1110 километров. Вдоль автомобильной дороги общего пользования федерального значения Р-257 «Енисей», проходящей по территории Красноярского края расположены 4 населенных пункта [1].

В рамках ВКР будет рассмотрен участок трассы 0-257км. согласно заданию.

Сведения, о населенных пунктах, расположенных вдоль федеральной трассы Р-257 «Енисей» на территории Красноярского края представлены в таблице 1.1.

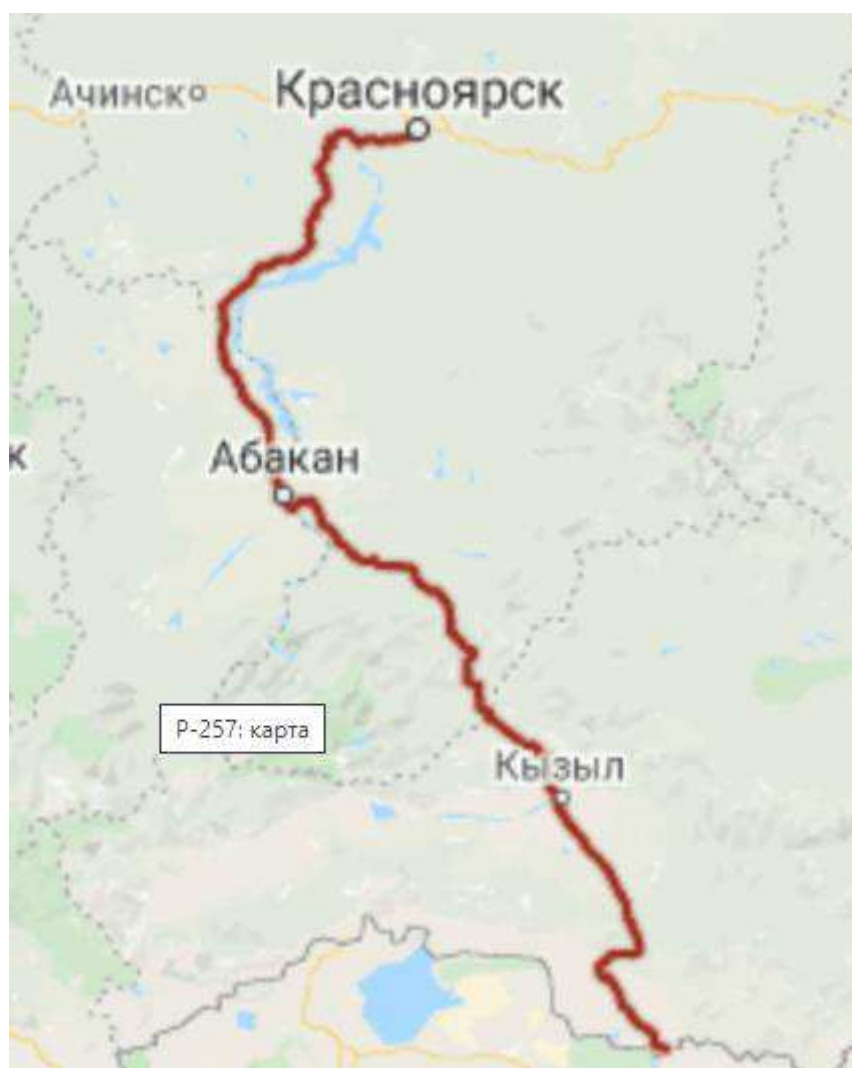


Рисунок 1.1 – Карта расположения ФАД Р-257 «Енисей»

Таблица 1.1 – Основные населённые пункты, расположенные вдоль федеральной трассы Р-257 «Енисей» на территории Красноярского края

Километр дороги	Населенный пункт
0	Красноярск
35	Дивногорск
162	Балахта
243	Новоселово

По данным владельца автомобильной дороги Р-257 «Енисей» – Федерального казенного учреждения «Управление автомобильных дорог «Енисей» Федерального дорожного агентства», в придорожной полосе и полосе отвода рассматриваемого участка автомобильной дороги находится 38 объектов дорожного и придорожного сервиса [2]. Информация об объектах дорожного и придорожного сервиса представлена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Информация об объектах дорожного и придорожного сервиса федеральной автомобильной дороги Р-257 «Енисей»

№ пп	Объект сервиса	км	м	сторона
1	АЗС	24	500	слева
2	АЗС	24	900	слева
3	АЗС	26	380	слева
4	шашлычная	27	800	слева
5	АЗС	30	480	справа
6	Пункт питания	30	550	справа
7	АЗС	30	580	слева
8	Пункт питания	30	519	справа
9	Предприятие торговли	35	420	справа
10	АЗС	36	0	слева
11	АЗС	37	580	слева
12	АЗС	37	750	справа
13	АЗС	38	700	справа
14	Шиномонтаж	40	700	справа
15	Шиномонтаж	40	950	слева
16	Предприятие торговли	40	980	слева
17	Шиномонтаж	41	300	справа
18	Шиномонтаж	41	650	справа
19	АЗС	43	500	справа
20	АЗС	44	960	слева
21	Пункт питания	45	750	справа
22	Пункт питания	46	150	справа
23	Пункт питания	86	270	справа
24	АЗС, СТО	86	270	справа
25	Пункт питания	136	700	слева
26	АЗС	168	100	слева
27	АЗС	172	950	слева
28	АЗС	173	000	справа
29	Пункт питания	173	050	слева
30	КДС	173	150	слева
31	Пункт питания	193	000	справа
32	Шиномонтаж	236	300	справа
33	Пункт питания	236	300	справа
34	АЗС	236	500	справа
35	АГЗС	236	500	слева
36	Пункт питания	245	15	слева
37	АЗС	245	800	слева



Согласно данным «РОСАВТОДОР» в Красноярском крае трасса Р-257 «Енисей» имеет характеристики, представленные в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Характеристика дороги Р-257 «Енисей»

Наименование	Ед. изм.	Значение
Протяженность, всего:	лин.км.	520,671
I категория		0
II категория		67,53
III категория		453,141
Протяженность, всего в эксплуатации с развязками:	км	520,983
I категория		0
II категория		67,53
III категория		453,192
Количество мостов	шт.	49
	п.м.	2832,29
Количество надземных пешеходных переходов	шт.	1
	п.м.	90,44
Количество труб	шт.	514
	п.м.	13355,71
Противолавинная галлеря (км 601+870)	п.м.	1340
Барьерное ограждение	км.	104,752
Линии электроосвещения	км.	17,142

Основными параметрами и характеристиками, определяющими транспортно-эксплуатационные показатели дороги, являются:

- геометрические параметры, к которым относятся, ширина проезжей части и краевых укрепленных полос, общая и укрепленная ширина обочин, продольные уклоны, радиусы кривых в плане и профиле, уклоны виражей и расстояние видимости;

- прочность и состояние дорожной одежды проезжей части и обочин;
- ровность и сцепление покрытий проезжей части и обочин;
- состояние земляного полотна;
- состояние и работоспособность водоотвода;
- габариты, грузоподъемность и состояние мостов, путепроводов и других

искусственных сооружений;

- состояние элементов инженерного оборудования и обустройства дороги [3].

Анализ транспортно-эксплуатационных показателей в рамках проведения аудита автомобильных дорог представлен в пункте 1.5.

Для оценки аварийности участка федеральной трассы Р-257, необходимо выявить основные причины возникновения ДТП.

### **1.2 Анализ аварийности на автомобильной дороге Р-257 «Енисей» 0-257 км.**

По данным ГИБДД за последние 4 года на ФАД Р-257 было совершено 1130 случаев ДТП, в которых участвовало 3302 ТС, 1794 человека ранены и 295 погибли. Из 1130 случаев ДТП 325 произошли в пределах городов и крупных населенных пунктов. [4]

В рамках выпускной квалификационной работы будет рассмотрен участок трассы Р-257, находящийся в пределах Красноярского края 0-257 километр.

Сводная таблица данных об аварийности на участке 0-257 км за период 2016-2019 года приведена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Сводные данные об аварийности 0-257 км

Год	Р-257 на территории Красноярского края (0-257 км)				
	Количество ДТП	Погибло	Ранено	Количество ТС	Количество участников
2016	77	8	117	117	196
2017	85	9	134	139	249
2018	60	19	92	119	176
2019	41	12	67	65	115

Распределение количества ДТП, погибших, раненых, количества ТС и участников за период 2016-2019 года показано на рисунке 1.2

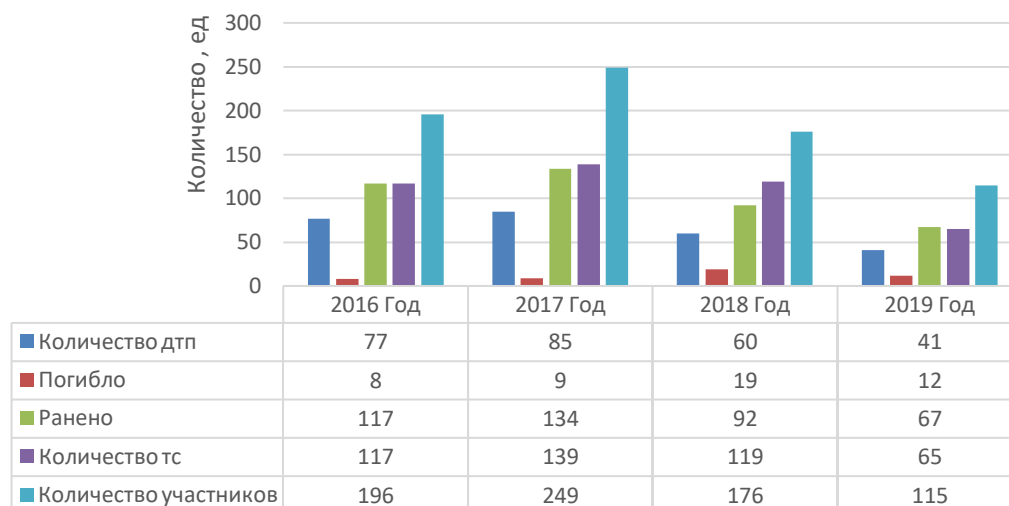


Рисунок 1.2 – Распределение количества ДТП за период 2016-2019 гг.

Из рисунка 1.2 можно сделать вывод о том, что в последние годы имеется тенденция к снижению количества ДТП, но количество погибших при ДТП остается на уровне тех же значений или даже выше. Для выяснения причин необходимо проанализировать данные о ДТП и выявить, что является причиной высокого числа погибших на дороге Р-257.

Распределение количества ДТП по видам представлено на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Распределение ДТП по видам на участке Р-257 0-257 км. за период 2016-2019 гг.

Преобладающим видом ДТП в Красноярском крае являются столкновения, которых приходится, стабильно, около половины от всех видов ДТП в год, также

часто встречаются опрокидывания и съезды с дороги 14 и 16 процентов, реже наезды на пешеходов и наезды на препятствия.

Так как столкновения наиболее распространенный вид ДТП, необходимо вычислить удельные показатели погибших на трассе, для полного видения ситуации. На рисунке 1.4 представлены удельные показатели распределения погибших по видам столкновений на 100 ДТП, на трассе Р-257.

Распределение количества погибших в зависимости от вида на 100 ДТП представлено на рисунке 1.4.

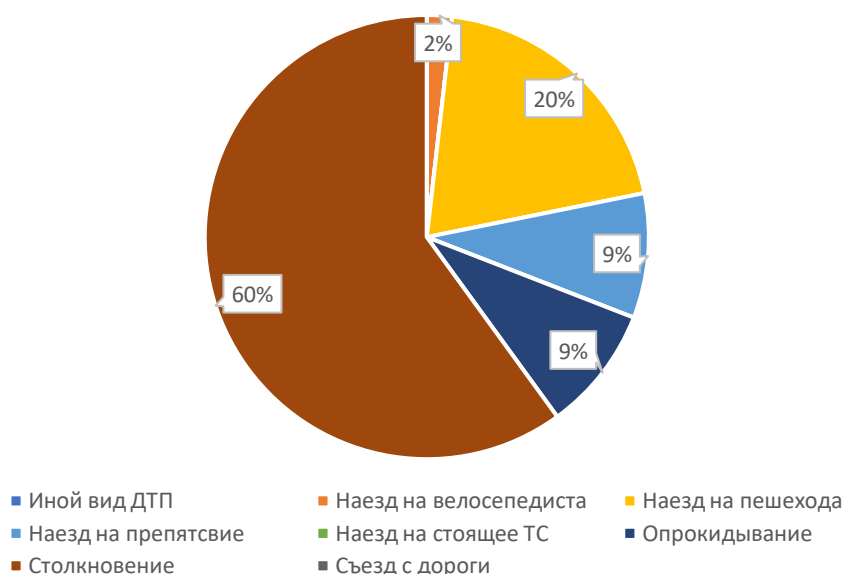


Рисунок 1.4 – Распределение погибших по видам столкновений на 100 ДТП на участке Р-257 0-257 км. за период 2016-2019 гг.

Из рисунка 1.4 видно, что наибольшее число погибших на 100 ДТП при столкновениях, наездах на пешеходов, и опрокидываниях. Необходимо для обеспечения снижения количества погибших на ФАД Р-257 выявление опасных участков с концентрацией столкновений, опрокидываний и наездов на пешеходов.

Для разработки мероприятий по повышению безопасности дорожного движения и снижения количества погибших на трассе Р-257 необходимо определить аварийные участки, проанализировать их и рассмотреть существующие на них проблемы. Данный анализ представлен в разделе 1.2.1.

### 1.2.1 Определение аварийно-опасных участков федеральной трассы Р-257 «Енисей»

Для реализации целевого сокращения аварийности в очагах ДТП разработана целостная технология выявления и устранения очагов, позволяющая использовать на практике дополнительные возможности сокращения аварийности в городах при устранении мест концентрации ДТП инженерными средствами организации дорожного движения. Реальность конечных результатов сокращения ДТП обеспечивается планомерным выявлением очагов аварийности, их последовательным и поэтапным устранением на основе выбора и реализации эффективных комплексов мероприятий.

Местом концентрации ДТП, очагом аварийности, топографическим очагом является однородный и ограниченный по длине участок улично-дорожной сети (УДС), представляющий повышенную опасность, обладающий статистически устойчивым и неслучайным уровнем совершения ДТП. По месту расположения, уровню аварийности и протяженности очаги ДТП делятся на городские и внегородские.

Очагами ДТП могут быть зоны слияния и пересечений автомобильных дорог в одном уровне, зоны пешеходных переходов, места остановок общественного транспорта, участки улиц и дорог, прилегающие к магазинам и культурно-бытовым центрам, места пересечений движения автомобильного и рельсового транспорта, зоны обратных разворотов, левоповоротного и кругового движения и т. д.

Очагом ДТП в городе является участок дороги, протяженность которого не превышает 400 м и на котором в течение года произошло три и более ДТП (суммарно с пострадавшим и материальным ущербом). Средняя длина участков составляет 100 - 150 м.

Очагом ДТП на внегородской дороге является участок, не превышающий 1000 м, на котором в течение года произошло два и более ДТП или три и более ДТП за последние два года.

Методы анализа сведений о ДТП можно подразделить на количественные, качественные и топографические.

Количественный анализ обеспечивает получение цифровых показателей состояния аварийности, их сравнение (сопоставление) по годам и за другие календарные сроки с целью выявления общих тенденций изменения. Простейшие показатели количественного анализа - это данные об общем числе ДТП, количестве погибших и раненых людей, тяжести последствий ДТП.

Целью качественного анализа материалов ДТП является выявление причинных факторов и установление степени влияния каждого из них на состояние аварийности.

Для выявления очагов ДТП необходимо проведение топографического анализа, который заключается в нанесении на карту или схему изучаемой территории мест совершения ДТП.

Наиболее распространены 3 вида топографического анализа ДТП: с помощью карты, линейного графика и масштабной схемы (ситуационного плана).

Карта ДТП – это карта местности, в соответствующих точках которой по мере регистрации наносят условные обозначения ДТП. Однако, карта не должна быть слишком громоздкой, т. е. крупномасштабной, поэтому при анализе значительной по размерам территории и большой концентрации происшествий на отдельных участках она не дает возможности точно наметить места ДТП.

Эту задачу позволяет решить линейный график, который составляется для отдельной магистрали или участка дороги и является развитием карты ДТП.

Масштабная схема применяется для топографического анализа в местах концентрации ДТП и является развитием схемы отдельного ДТП, предусмотренной карточкой учета ДТП.

Целевым показателем сокращения аварийности в местах концентрации ДТП является показатель, характеризующий гарантированное сокращение аварийности в случае внедрения планируемых мероприятий.

Рациональное планирование и эффективная реализация мер по устранению мест концентрации ДТП требуют оценки ожидаемого эффекта - сокращения числа ДТП путем прогнозирования результатов от внедрения мероприятий в соответствии с оперативными, годовыми и перспективными планами повышения БД [5].

Организация работы по выявлению и устранению мест концентрации ДТП (аварийно-опасные участки дорог) в рамках аудита БДД является существенным резервом повышения сокращения аварийности на дорогах и ее рекомендуется выполнять в соответствии с рекомендациями по проведению аудита автомобильных дорог.

К аварийно-опасным участкам рекомендуется относить следующие участки дороги:

- участки, ДТП на которых, в случае возникновения, характеризуются высокой тяжестью последствий;
- участки, на которых совершается большое количество ДТП с материальным ущербом;

- участки, на которых неблагоприятное сочетание дорожных условий или складывающиеся под их влиянием режимы движения транспортных средств могут служить источником повышенного риска совершения ДТП .

В соответствии с рекомендациями по выявлению мест концентрации ДТП на автомобильных дорогах, были выявлены аварийно-опасные участки федеральной трассы Р-255 (Таблица 1.5)

Таблица 1.5 – Сводная таблица очагов аварийности

№ Участка	Километр	ДТП 2016	ДТП 2017	ДТП 2018	ДТП 2019	Всего	Преобладающий вид ДТП
1	23	0	0	1	3	4	Столкновение
2	27	1	3	1	1	6	Столкновение
3	30	2	4	2	2	10	Столкновение
4	31	1	0	3	0	4	Столкновение
5	35	1	0	3	1	5	Столкновение
6	75	3	0	0	0	3	Съезд с дороги
7	91	4	1	1	1	7	Столкновение
8	123	3	10	3	1	17	Опрокидывание
9	160	3	0	0	0	3	Столкновение
10	166	0	3	2	0	5	Столкновение
11	198	5	2	0	0	7	Столкновение
12	246	3	0	1	0	4	Столкновение

В итоге получено 12 мест концентрации ДТП, из которых для дальнейшего рассмотрения были выбраны 30 км 123, и 166 км так как они наиболее полно удовлетворяют условиям дальнейшего анализа. Далее приведём характеристику выбранных участков.

Данные об аварийности на выбранных участках представлены в таблице в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Наиболее опасные места концентрации ДТП трассы Р-257

Километр	Количество ДТП	Погибло	Ранено	Кол-во ТС	Кол-во участников
30	10	1	17	17	26
123	17	3	28	23	43
166	5	1	9	11	16

В соответствии с методикой оценки безопасности движения на автомобильных дорогах, разработанной «РОСАВТОДОР», одними из важнейших показателей являются: показатель относительной тяжести последствий ДТП на рассматриваемом участке дороги, рассчитывают по формуле 1.1 и показатель тяжести последствий ДТП рассчитывают по формуле 1.2 .

$$Z_{\Pi} = \frac{10^6 \cdot p}{365 \cdot N \cdot L \cdot T}, \quad (1.1)$$

где  $Z_{\Pi}$  – количество погибших на 1млн авт. – км;  
 $N$  – среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./сут.;  
 $T$  – расчетный период времени, лет;  
 $p$  – количество погибших в ДТП за расчетный времени  $T$ , чел.;  
 $L$  – протяженность участка дороги, км.

$$m_2 = \frac{n_{\Pi}}{n_{\Pi} + n_{\text{р}}} * 100, \quad (1.2)$$

где  $n_{\Pi}$  – количество погибших в  $n$  ДТП, чел.;  
 $n_{\text{р}}$  – количество раненых в  $n$  ДТП, чел..

Подставляя значения за период 2016-2019 года из таблицы 1.6 для федеральной трассы Р-257 в формулу 1.2, получим:

$$m_{30} = \frac{1}{1+17} * 100 = 5,5$$

$$m_{123} = \frac{3}{3+28} * 100 = 9,6$$

$$m_{166} = \frac{1}{1+9} * 100 = 10$$

Далее рассчитаем показатель тяжести последствий для г. Красноярск за 2019 год по формуле 1.2

$$m_{\text{красноярск}} = \frac{41}{41+1686} * 100 = 2,3$$



Сравнивая, значения показателей тяжести последствий ДТП, видно, что разница между значениями по г. Красноярску и федеральной трассе Р-257 более чем в два раза.

Для выявления причин ДТП необходимо перейти к рассмотрению существующих схем ОДД на выбранных участках.

### **1.3 Анализ причин возникновения ДТП на рассматриваемых участках**

#### **1.3.1 Участок ФАД Р-257 30 км**

Исследуемый участок расположен между г. Красноярск и г. Дивногорск, на участке расположены съезды на дачные зоны. Ландшафт преимущественно равнинный с густыми насаждениями вдоль проезжей части.

На рисунке 1.5 представлен общий вид участка ФАД Р-257 30 км

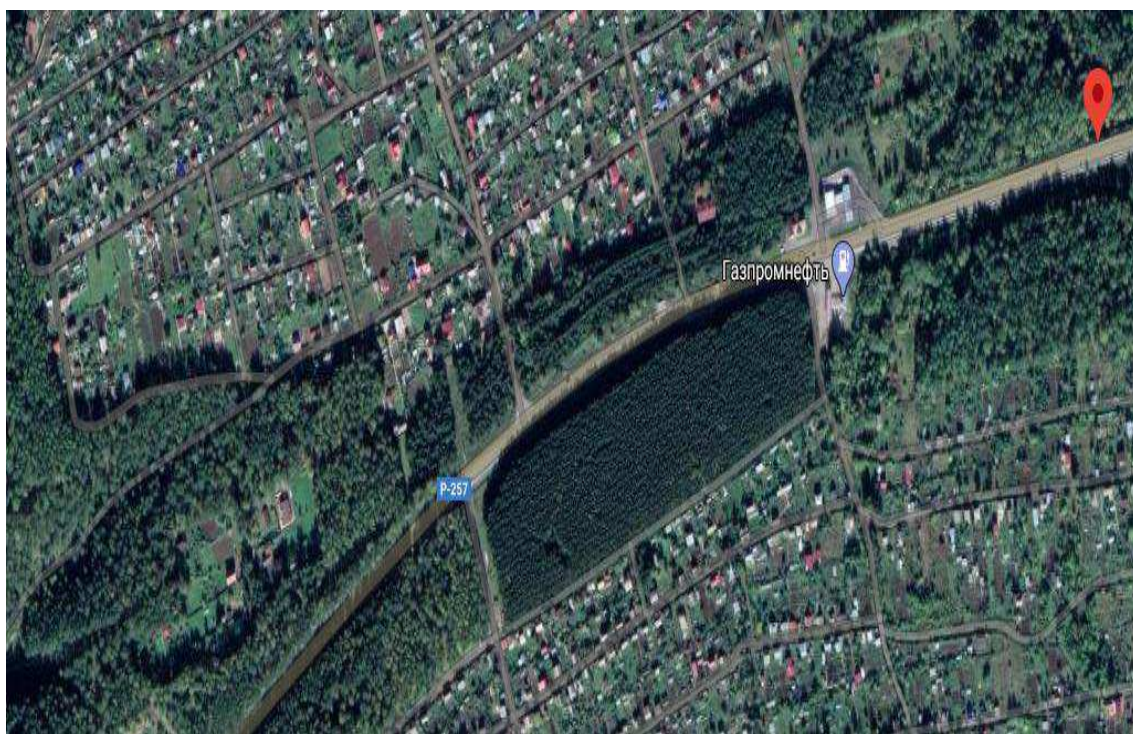


Рисунок 1.5 – Общий вид участка Р-257 30 км

Данный участок имеет 3 полосы для движения 2 из которых направлены в сторону Красноярска и 1 в сторону Дивногорска. В пределах придорожной зоны участка находится 2 АЗС “Газпромнефть” с левой стороны и “Регион 24” с правой стороны. Также на участке находятся 2 остановки, пешеходный переход

и 2 пересечения с второстепенными дорогами ведущими к дачным массивам. Освещение на участке отсутствует.

Для выявления причин ДТП на данном участке необходимо проанализировать существующую схему ОДД и выявить её несоответствия с требованиями.

На рисунке 1.6 представлена схема существующей ОДД на участке дороги Р-257 166 км.

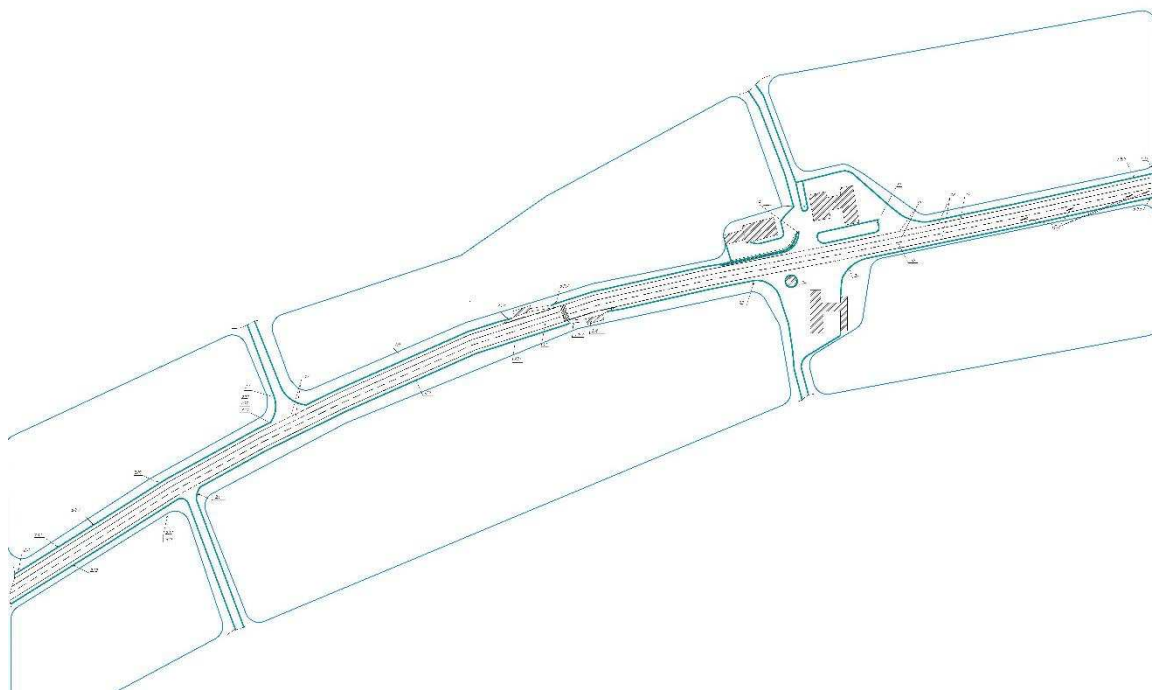


Рисунок 1.6 – Существующая схема ОДД на участке дороги Р-257 30 км

Исходя из схемы, представленной на рисунке 1.6 на участке трассы Р-257 30 км, находятся 3 регулируемых перекрестка. На данном участке не действует дополнительных ограничений скорости и максимальной является скорость 90 км/ч. Обгон на протяжении всего участка запрещен.

На выезде и въезде к прилегающим к ФАД АЗС не предусмотрено ПСП, а также освещения, что повышает опасность маневрирования, а также на АЗС не организовано одностороннее движение в надлежащей форме, что является недопустимым.

Для дальнейшей работы необходимо рассмотреть полные данные о ДТП, произошедших на данном участке и найти те или иные закономерности для создания мер по повышению БДД.

Основные сведения о ДТП, произошедших за последние 4 года на 30 километре ФАД Р-257 представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Характеристика мест ДТП

№ ДТП	Метр	Тип ДТП	Сезон	Состояние погоды	Состояние покрытия	Время суток	Недостатки содержания дороги
1	300	Столкновение попутное	Зима	Пасмурно	Сухое	Темное, освещение отсутствует	Не установлены
2	900	Столкновение	Весна	Пасмурно	Мокрое	Светлое	Не установлены
3	600	Наезд на стоящее ТС	Зима	Ясно	Сухое	Светлое	Не установлены
4	0	Столкновение Попутное	Осень	Ясно	Сухое	Светлое	Не установлены
5	343	Наезд на пешехода	Зима	Ясно	Сухое	Темное, освещение отсутствует	Не установлены
6	800	Столкновение Встречное	Зима	Пасмурно	Мокрое	Светлое	Не установлены
7	307	Наезд на пешехода	Зима	Ясно	Сухое	Темное, освещение отсутствует	Отсутствие, плохая различимость горизонтальной разметки проезжей части
8	0	Столкновение встречное	Зима	Пасмурно	Мокрое	Сумерки	Не установлены
9	577	Столкновение встречное	Зима	Ясно	Обработанное противогололедными материалами	Темное, освещение отсутствует	Не установлены

Из таблицы 1.7 видно, что среди видов ДТП преобладают на участке столкновения и наезды на пешехода, основная часть произошла зимой. Оба наезда на пешехода произошли в зимний период в отсутствие освещения, когда радиус обзора водителя меньше, а тормозной путь больше.

Для дальнейшего анализа причин ДТП на исследуемом участке простои карту ДТП.

Далее на рисунке 1.7 представлена карта ДТП на местности, при помощи которой можно сделать вывод о возможных причинах на данном участке.

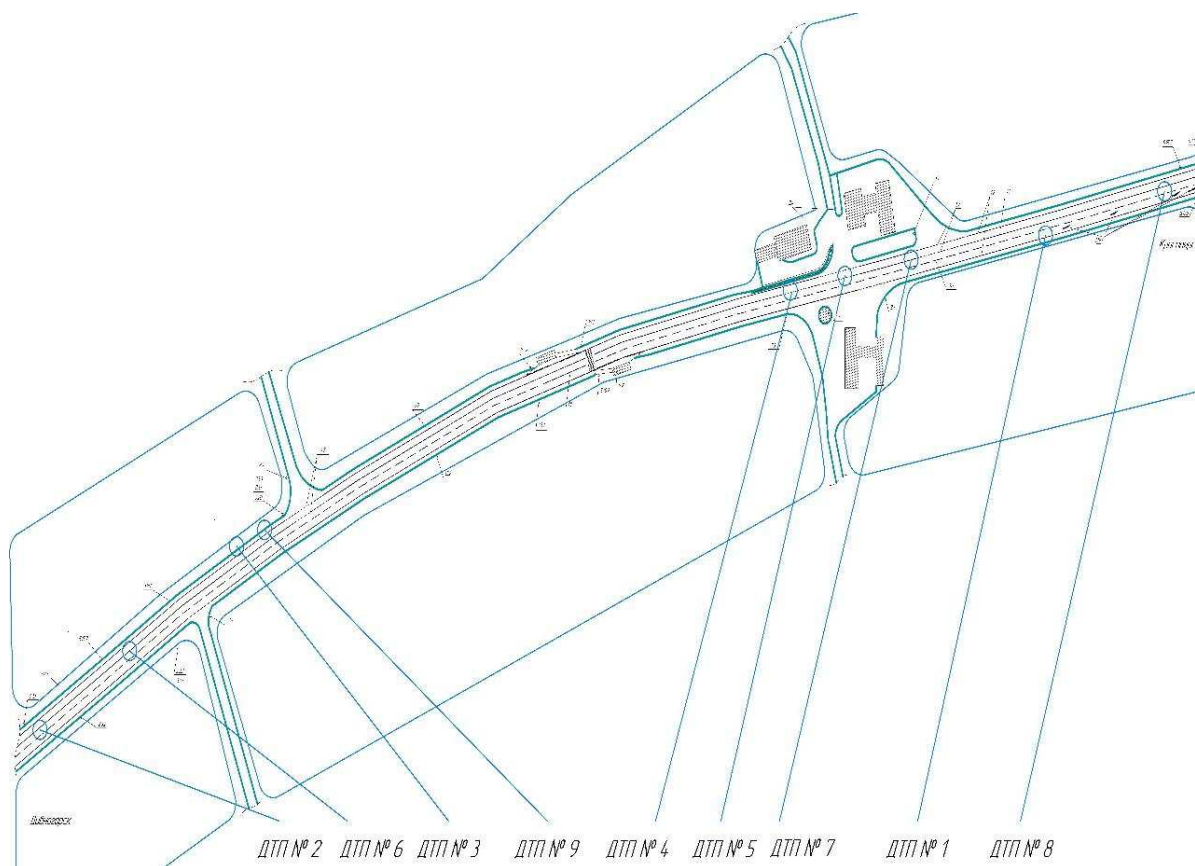


Рисунок 1.7 – Схема распределения ДТП на участке ФАД Р-257 30 км

Из рисунка 1.7 видно, что основная часть произошедших на участке ДТП распределена равномерно, но все наезды на пешехода находятся в одном месте – на перекрестке в районе придорожных АЗС, на участке нет пешеходного перехода и освещения в ночное время суток, ширина проезжей части составляет 11,25 метра. Также в районе этого перекрёстка произошло 2 попутных столкновения.

На участке есть опасные места для движения так как на участке не ограничена скорость видимость местами ограничена рельефом и на нем находятся 3 пересечения с другими дорогами которые не имеют полос разгона или торможения.

### 1.3.2 Участок ФАД Р-257 123 км

Исследуемый участок находится в горной местности с густыми лесными насаждениями, на своем протяжении имеет 2 крутых поворота с углом около 90°.

На рисунке 1.8 представлен общий вид участка ФАД Р-257 123 км



Рисунок 1.8 – Общий вид участка Р-257 123 км

Участок ФАД Р-267 123 км имеет 2 полосы движения с уширением до 3х на большую часть участка. Проезжая часть имеет вид серпантин для обхода горного ландшафта. Имеются изменения продольного уклона дороги до 8 градусов. Дорога окружена лесными насаждениями, не имеет пересечений с другими дорогами, а также находится в удалении от населенных пунктов или объектов придорожного сервиса

На рисунке 1.6 представлена схема существующей ОДД на участке дороги Р-257 166 км.

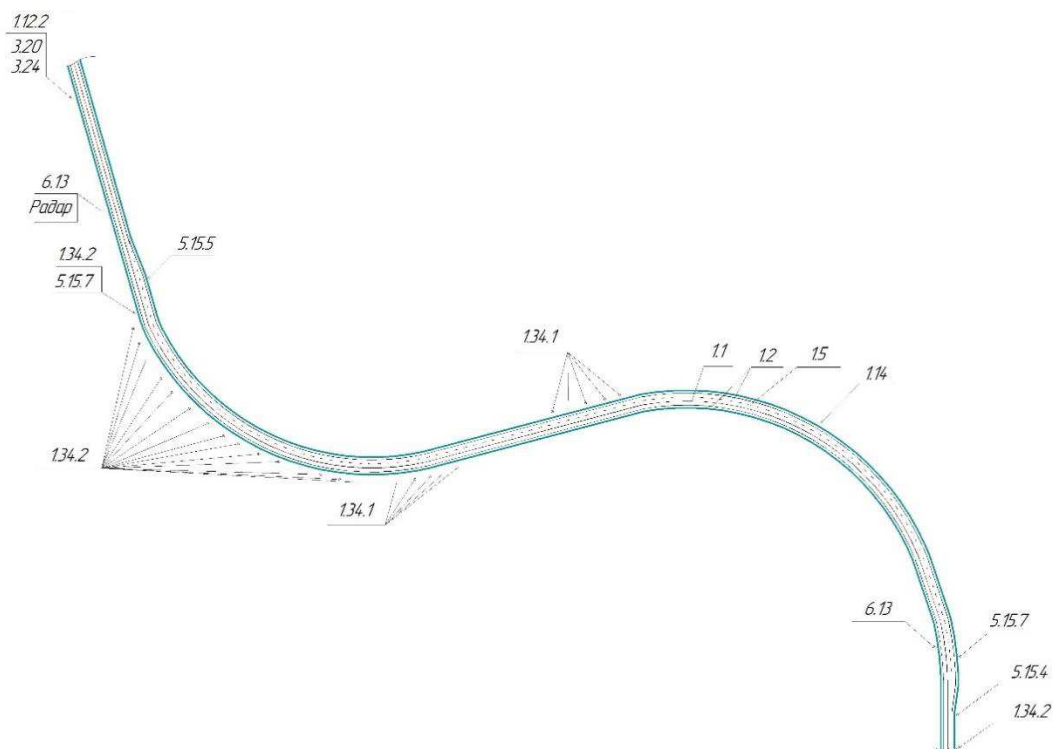


Рисунок 1.9 – Существующая схема ОДД участка дороги Р-257 123 км

Исходя из схемы, представленной на рисунке 1.9 на участке трассы Р-257 123 км это участок дороги, не имеющий пресечений с другими дорогами, скорость на участке регулируется знаком 3.24 и ограничена 70-ю км/ч. Обгон на протяжении всего участка запрещен разметкой 1.1.

Для дальнейшей работы необходимо рассмотреть полные данные о ДТП, произошедших на данном участке и найти закономерности для создания мер по повышению БДД.

Основные сведения о ДТП, произошедших за последние 4 года на 123 километре ФАД Р-257 представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Основные сведения о произошедших на участке ДТП

№ Участка	Метр	Тип ДТП	Сезон	Состояние погоды	Состояние покрытия	Время суток	Недостатки содержания дороги
1	250	Столкновение встречное	Лето	Дождь	Мокрое	Светлое	Нет
2	250	Опрокидывание	Зима	Пасмурно	Сухое	Темное	Нет
3	380	Съезд с дороги	Зима	Ясно	Со снежным накатом	Темное	Нет
4	10	Опрокидывание	Зима	Пасмурно	Сухое	Темное	Неуд. состояние обочины
5	897	Опрокидывание	Лето	Ясно	Сухое	Светлое	Нет

### Окончание таблицы 1.8

№ Участка	Метр	Тип ДТП	Сезон	Состояние погоды	Состояние покрытия	Время суток	Недостатки содержания дороги
6	750	Столкновение встречное	Осень	Пасмурно	Обработано противогололедными материалами	Светлое	Нет
7	328	Опрокидывание	Лето	Ясно	Сухое	Светлое	Нет
8	338	Опрокидывание	Лето	Пасмурно	Сухое	Темное	Нет
9	40	Столкновение	Весна	Ясно	Сухое	Светлое	Нет
10	321	Съезд с дороги	Осень	Пасмурно	Мокрое	Сумерки	Нет
11	320	Съезд с дороги	Лето	Ясно	Сухое	Светлое	Нет
12	300	Съезд с дороги	Зима	Пасмурно	Мокрое	Светлое	Нет
13	200	Опрокидывание	Лето	Ясно	Сухое	Светлое	Нет
14	900	Съезд с дороги	Зима	Ясно	Обработано противогололедными материалами	Светлое	Нет
15	283	Столкновение	Зима	Ясно	Обработано противогололедными материалами	Светлое	Нет
16	363	Опрокидывание	Лето	Ясно	Сухое	Светлое	Нет

Из таблицы 1.8 видно, что среди видов ДТП на участке преобладают опрокидывания и съезды с дороги, меньшие показатели имеют встречные столкновения. Преобладающая часть опрокидываний произошла в летний период что может быть связано с превышением скоростного режима. Съезды с дороги происходили в зимнее время года что может быть связано с недостатком коэффициента сцепления при маневрах поворота.

Причинами опрокидываний на дорогах может быть резкий поворот рулевого колеса, недостаточность коэффициента сцепления, снижение уровня концентрации водителя, превышение допустимой на участке скорости. В большинстве случаев опрокидыванию автомобиля предшествуют комплекс факторов, связанных с автомобилем, водителем или же окружающей средой, наиболее значимым при опрокидываниях является тип автомобиля так как большую роль играет показатель устойчивости автомобиля.

Съезд с дороги и последующее опрокидывание в большинстве случаев имеют высокую тяжесть последствий так как они связаны с возгоранием автомобиля, а также выносом на встречную полосу движения или за пределы проезжей части.

Для дальнейшего анализа причин ДТП на исследуемом участке построим карту ДТП.

На рисунке 1.10 представлена карта ДТП на местности.

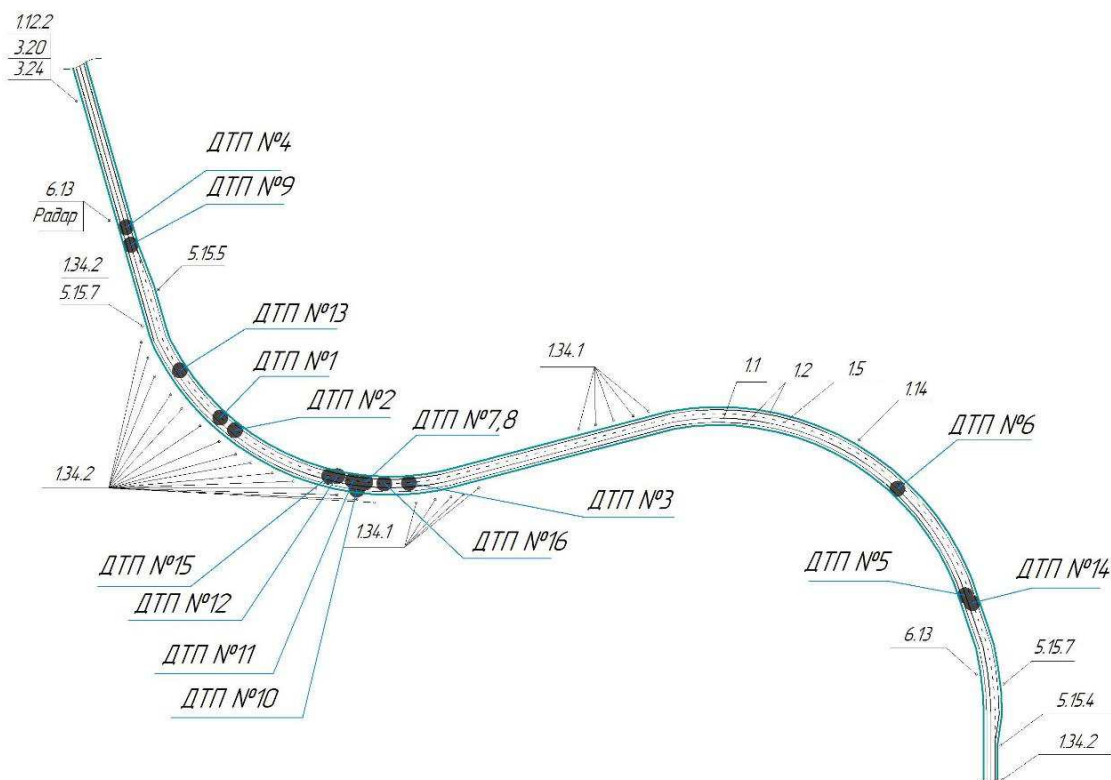


Рисунок 1.10 – Схема распределения ДТП на участке ФАД Р-275 123 км

Из рисунка 1.10 видно, что преобладающая часть ДТП произошедших на участке сконцентрирована в районе затяжного поворота на 250-350 метрах. Причинами ДТП могли являться – неудовлетворительное качество содержания дороги в зимнее время года, или превышение скоростного режима при несоблюдении водителями пункта 10.1 ПДД.

Дополнительно требуется провести анализ по компоненту автомобиль так как этот фактор оказывает существенное влияние на ДТП вида опрокидывания. Марки и модели автомобилей представлены в таблице 1.9

Таблица 1.9 – Характеристики автомобилей, участвовавших в ДТП на участке.

Модель ТС	Тип ТС	Привод
ВАЗ Жигули ВАЗ-2105	В-класс (малый) до 3,9 м	С задним приводом
NISSAN Bleubird	В-класс (малый) до 3,9 м	С передним приводом
SCANIA P	Бортовые	Полноприводный
TOYOTA Vista	В-класс (малый) до 3,9 м	С передним приводом
NISSAN Note	В-класс (малый) до 3,9 м	С передним приводом
TOYOTA Funcargo	С-класс (малый средний, компактный) до 4,3 м	С передним приводом
KIA Soul	В-класс (малый) до 3,9 м	С передним приводом



Окончание таблицы 1.9

Модель ТС	Тип ТС	Привод
TOYOTA Corolla	С-класс (малый средний, компактный) до 4,3 м	С передним приводом
CHEVROLET Cruze	С-класс (малый средний, компактный) до 4,3 м	С передним приводом
KIA Rio	В-класс (малый) до 3,9 м	С передним приводом
HYUNDAI Matrix	С-класс (малый средний, компактный) до 4,3 м	С передним приводом

Из таблицы 1.1 можно сделать вывод о том, что при опрокидываниях и съездах с дороги на данном участке преобладают ДТП с легковыми ТС В или С класса.

1.3.3 Участок ФАД Р-257 166 км

На рисунке 1.11 представлен общий вид выбранного участка

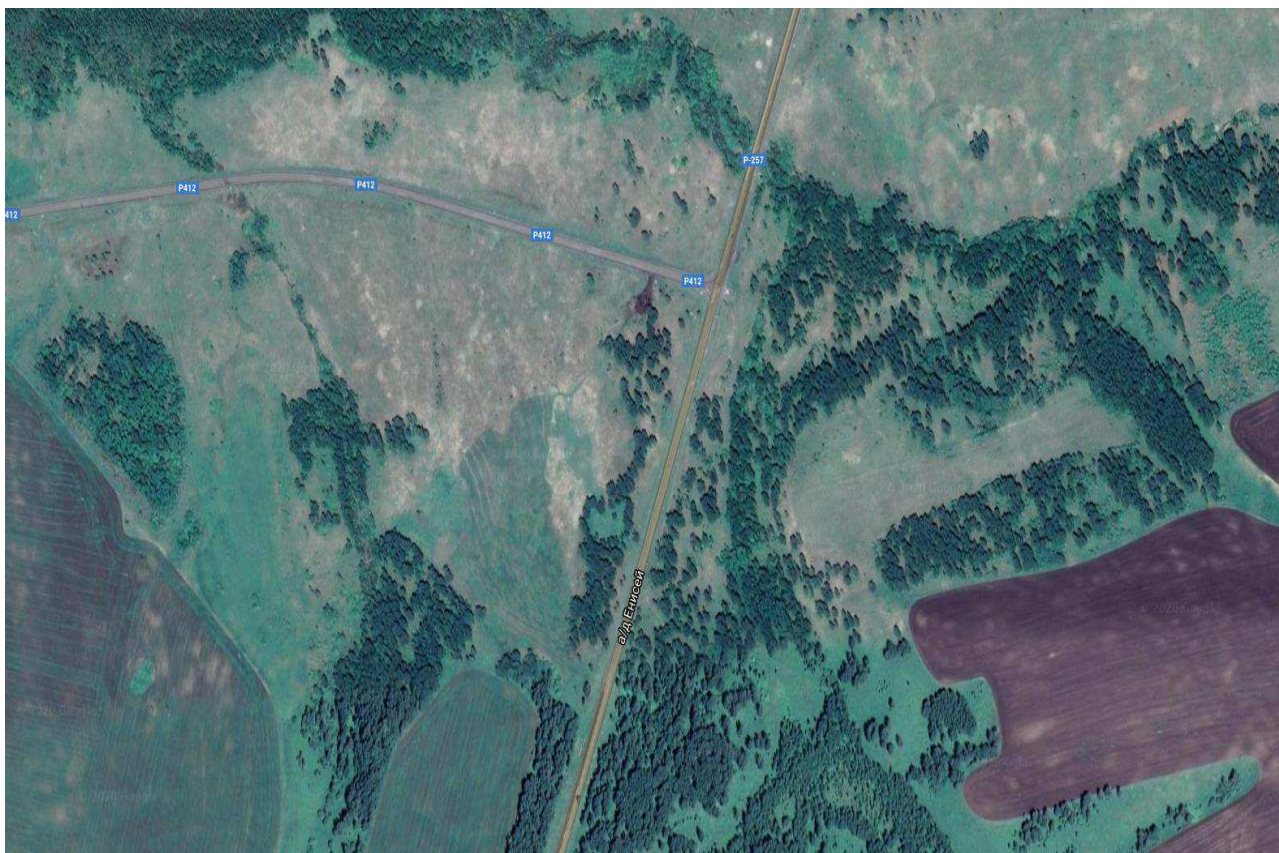


Рисунок 1.11 – Общий вид участка Р-257 166 км

Анализируемый участок представляет собой прямой участок дороги Р-257 пересекаемый автомобильной дорогой Р-412 “Шарыпово-Балахта” в одном уровне. Участок дороги имеет по одной полосе в каждом направлении движения, а также находится на равнинной местности и не имеет крутых спусков и подъёмов.

Для выявления причин ДТП на данном участке необходимо проанализировать схему существующей ОДД

На рисунке 1.12 представлена схема существующей ОДД на участке дороги Р-257 166 км.



Рисунок 1.12 – Существующая схема ОДД участка дороги Р-257 166 км

Участок трассы Р-257 является главным по отношению к примыкающему участку. Скоростной режим на участке ограничен ПДД РФ и максимальной является скорость 90 км/ч, дополнительные скоростные ограничения отсутствуют. Перекресток с дорогой Р-412 регулируется с помощью знаков 2.3.3 и 2.4. Пересечение является Т-образным, левые, правые повороты, а также развороты – разрешены.

На участке не имеется ПСП на въезде и выезде с Балахты, что является небезопасным для маневрирования в условиях данного скоростного режима.

Для дальнейшей работы необходимо рассмотреть полные данные о ДТП, произошедших на данном участке и найти те или иные закономерности для создания мер по повышению БДД.

Основные сведения о ДТП, произошедших за последние 4 года на 166 километре представлены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Основные сведения о произошедших на участке ДТП

№ ДТП	Метр	Тип столкновения	Сезон	Состояние погоды	Состояние покрытия	Время суток	Недостатки содержания дороги
1	610	Попутное	Зима	Ясно	Сухое	Темное, освещение отсутствует	Не установлены
2	154	Попутное	Лето	Ясно	Сухое	Светлое	Не установлены
3	180	Попутное	Зима	Ясно	Сухое	Светлое	Не установлены
4	154	Встречное	Зима	Ясно	Сухое	Светлое	Не установлены
5	800	Попутное	Зима	Ясно	Обработано противогололедными материалами	Темное, освещение отсутствует	Не установлены

Из таблицы 1.10 видно, что все ДТП, произошедшие на участке Р-257 166 км это попутные столкновения, также они произошли зимой в ясную погоду на сухой дороге.

Причинами попутных столкновений может стать несоблюдение безопасной дистанции между участниками движения, недостаточная освещенность участка или плохое содержание дороги в зимнее время года. Также причинами могут быть психофизиологический фактор водителя или же фактор автомобиля (такой как отказ тормозной системы), вероятность чего меньше.

Далее на рисунке 1.13 представлена карта ДТП на местности, при помощи которой можно сделать вывод о возможных причинах ДТП на данном участке.

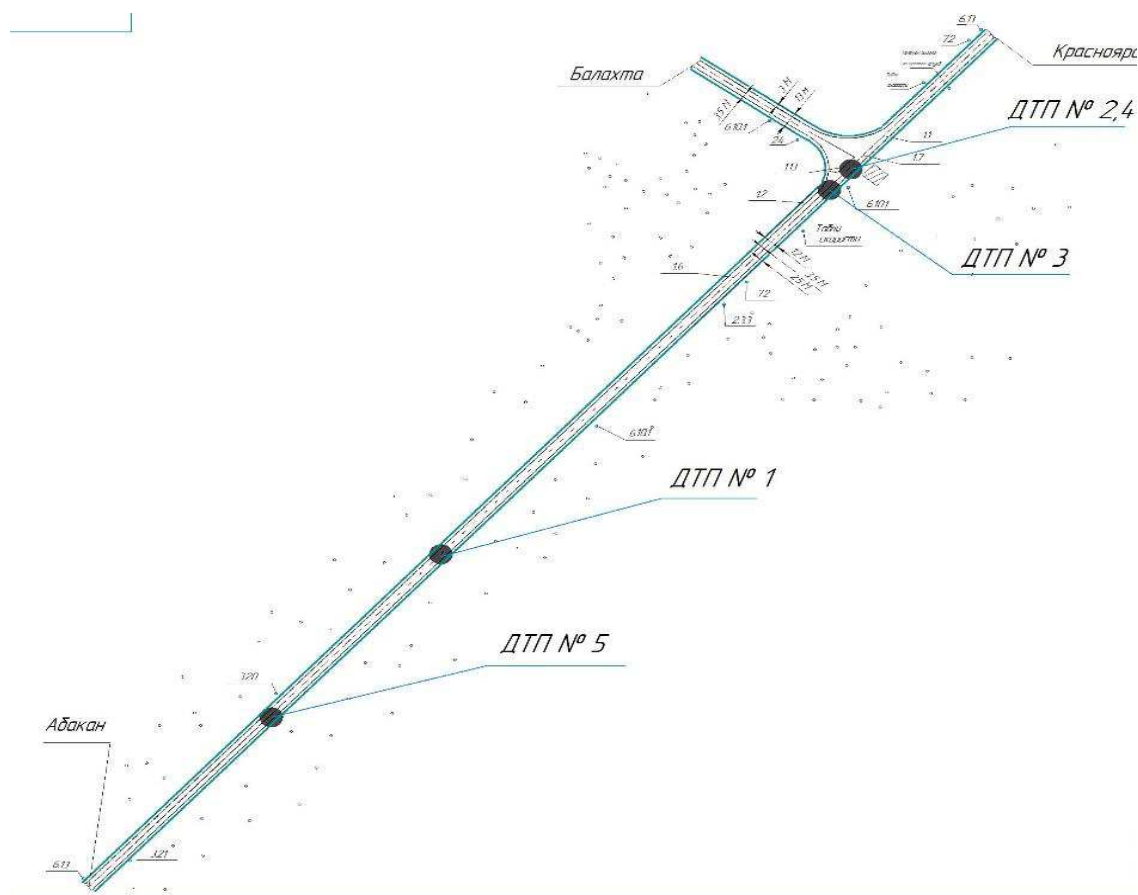


Рисунок 1.13 – Схема распределения ДТП на участке ФАД Р-275 166 км

Из рисунка 1.13 видно, что 3 ДТП произошли на перекрестке 2 из них в попутном направлении 1 во встречном. Изучив схемы соответствующих ДТП, становится понятно, что попутные ДТП произошли при попытке автомобилей, движущихся в направлении Красноярска совершить маневр левого поворота, что повлекло за собой столкновение с за ними идущими ТС. ДТП №1,5 произошли в зимнее время года и темное время суток.

#### 1.4 Система ВАДС

Всесторонний анализ всех видов ДТП невозможен без выявления факторов и причин, их вызывающих. Исходя из такого представления, ДТП необходимо рассматривать с системной точки зрения, а факторы, определяющие или сопутствующие происшествию, классифицировать в соответствии с комплексными свойствами системы «Водитель – автомобиль – дорога – окружающая среда» (ВАДС) [6].

Основной характеристикой системы ВАДС является ее надежность. Вообще надежность объекта – свойство выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных

пределах, соответствующих заданным режимам и условиям пользования, технологического обслуживания, ремонта. Надежность – сложное свойство, слагающееся из более простых (безотказности, ремонтпригодности, долговечности, сохраняемости). Смысловое значение каждого из упомянутых терминов оговорено соответствующими нормативными документами. В зависимости от вида объекта, надежность его может определяться всеми или частью перечисленных свойств. Для объекта «ВАДС» надежность зависит, прежде всего, от безотказности. Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени. Далее свойства элементов системы ВАДС рассмотрены более подробно.

В настоящее время оценка безопасности движения по дороге производится согласно указаниям по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах, внесённым дорожно-исследовательской лабораторией при МАДИ и утверждённым Министерством автомобильных дорог РСФСР 29 января 1986 года. Согласно указаниям для получения сопоставимых данных при анализе дорожных условий, пользуются следующей системой показателей:

- коэффициент относительной аварийности или коэффициент происшествий;
- коэффициентами безопасности;
- коэффициент аварийности.

Для определения мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения и ликвидации мест концентрации ДТП, необходимо проанализировать работу системы ВАДС на выбранных участках УДС покомпонентно.

#### 1.4.1 Анализ системы ВАДС по компоненту «Водитель»

При анализе компонента «водитель» в системе ВАДС оценивают психофизиологические качества человека, влияющие на его надежность. В соответствии методикой оценки надежности системы ВАДС принято выделять следующие характеристики:

- способность человека к водительской деятельности;
- профессиональная подготовка и опыт водителя;
- возраст водителя как фактор, влияющий на надежность;
- психофизиологические характеристики водителя.

Из приведенных характеристик можно сделать вывод, что так или иначе все они связаны с вниманием водителя, оценкой ситуации, принятием решения, и временем его реакции до принятия мер. Восприятие появляющихся перед водителем объектов начинается с их беглого осмотра, что дает примерно 15–20%

информации, затем он сосредотачивается на каждом из них с детальным распознаванием, и это дает еще 70–80% информации. На основании полученной информации водитель создает в своем сознании динамическую информационную модель окружающего пространства, оценивает ее, прогнозирует развитие и производит действия, которые представляются ему адекватными развитию динамической модели.

Деятельность водителя как оператора жестко лимитирована по времени. Он должен замечать информацию об окружающей обстановке, выделять из общего потока информации нужную и важную, опираясь на оперативную память запоминать текущие события, связывать их в единую цепочку и подготавливать их связь с предполагаемыми событиями, которые он может предвидеть. На каждом из этапов обработки, поступающей водителю информации возможны специфические ошибки, приводящие к ДТП.

Водитель является наиболее не надежным компонентом из всей системы. Непосредственно на надежность влияет множество факторов, например, прием лекарств, влияющих на время реакции и внимание, простудные и ОР заболевания, также человек нередко садится за руль в алкогольном или наркотическом опьянении, что так же влияет на его качества как водителя. В силу обширности факторов, влияющих на надежность данного компонента, учесть все в рамках бакалаврской работы не представляется возможным. Поэтому в данной работе не будет учитываться влияние компонента «Водитель» в системе ВАДС.

#### 1.4.2 Анализ системы ВАДС по компоненту «Автомобиль»

В таблице 1.11 представлены средние приведенные значения возрастного состава ТС на рассматриваемых пересечениях.

Таблица 1.11 – Возрастной состав парка автомобилей в России

Вид ТС	до 5 лет, %	до 10 лет, %	более 20 лет, %
Легковой	31	49	20
Автобус	7	37	56
Грузовой	3	16	81

Подводя итоги по компоненту автомобиль заметим, что около 50% легковых ТС, возрастом до 10 лет. Современные автомобили оснащаются системами активной, пассивной и послеаварийной безопасности, это говорит о том, что влияние компонента автомобиль в системе ВАДС, в частности легковых

ТС является не определяющим. Возрастной состав грузовых автомобилей и автобусов на порядок выше, чем легковых, однако из показателей интенсивности видно, что их доля в потоке не велика.

#### 1.4.3 Анализ системы ВАДС по компоненту «Дорога»

По компоненту дорога проведем анализ интенсивности и состав транспортного потока на участках ФАД Р-257 30 и 166 км., а также проведем обзор данных участков.

На рассматриваемых участках был произведен анализ интенсивности движения транспортных потоков. Для проведения анализа была выбрана методика натурного исследования. Замеры производились в будние дни с 8:30 до 9:30 и с 17:00 до 18:00. Данные анализа представлены в таблице 1.12. При описании характеристик транспортного потока размерность ТС указана в приведенных единицах:

- легковые автомобили – 1;
- мотоциклы одиночные – 0,5;
- грузовые автомобили – 1,5-3;
- автобусы – 2,5;
- микроавтобусы – 1,5;
- автопоезда – 3,5-6.

Таблица 1.12 – Распределение интенсивности транспортных потоков по направлениям на участке ФАД Р-257 30 км.

Участок	Направление	Легковые	Автобусы	Грузовые	Интенсивность движения, ед.ч.
ФАД Р-257 30 км.	1-2	462	2	32	496
	1-3	41	0	1	42
	1-4	70	0	0	70
	2-4	37	0	0	37
	2-3	18	0	0	18
	2-1	726	3	13	742
	3-1	15	0	0	15
	3-2	18	0	0	18
	4-1	73	0	1	74
Итого					1512

Исходя из данных анализа интенсивности видно, что наибольшая интенсивность наблюдается в направлении 2-1, картограмма распределения

транспортных потоков представлена на рисунке 1.14. Для дальнейших расчетов необходимо знать среднюю суточную интенсивность движение ТС. При расчете среднесуточной интенсивности движения ( $N_{сут}$ ) значение интенсивности одночасового замера ( $N_{ч}$ ) необходимо разделить на переводной коэффициент по следующей формуле (1.1):

$$N_{сут} = \sum_i^n \frac{N_{чи}}{K_{ч}}, \quad (1.7)$$

где:  $N_{чи}$  – одночасовая интенсивности движения каждой категории ( $i$ ) ТС;

$K_{ч}$  – переводной коэффициент от часовой к суточной интенсивности движения, так как замеры проводились с 17:00-18:00,  $K_{ч}=0,0631$ .

$$N_{сут} = N_{сут} = 1512/0,0631 = 23961 \text{ авт/сут.}$$

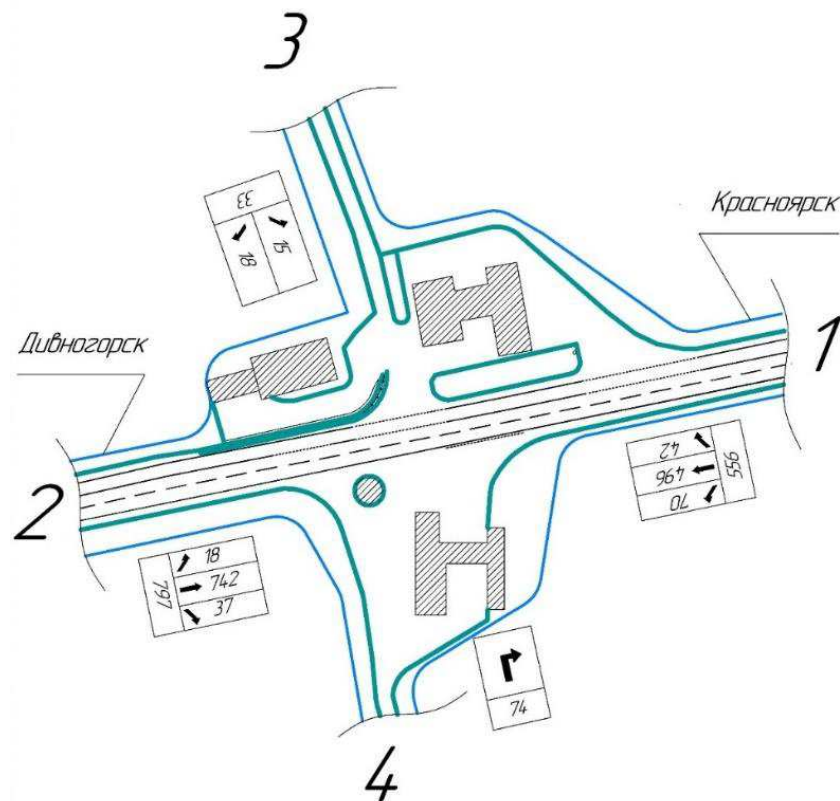


Рисунок 1.14 – Картограмма распределения транспортных потоков по направлениям на участке ФАД Р-257 30 км.

Для участка АД Р-257 123 км. Показатели интенсивности приведены в таблице 1.13.



Таблица 1.13 – Распределение интенсивности транспортных потоков по направлениям на участке ФАД Р-257 123 км.

Участок	Направление	Легковые	Автобусы	Грузовые	Интенсивность движения, ед.ч.
ФАД Р-257 123 км.	1-2	332	3	18	401
	2-1	270	1	16	333
Итого					734

Исходя из данных анализа интенсивности видно, что наибольшая интенсивность наблюдается в направлении 1-2, картограмма распределения транспортных потоков представлена на рисунке 1.15

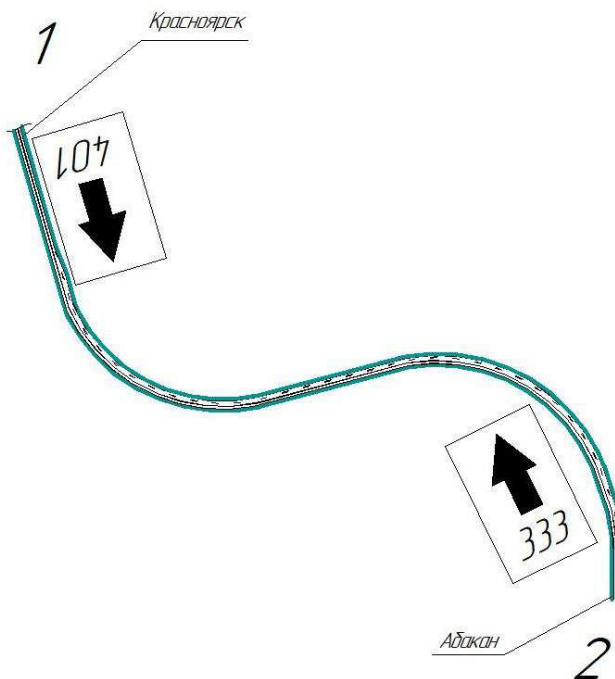


Рисунок 1.15 – Картограмма распределения транспортных потоков по направлениям на участке ФАД Р-257 123 км.

$$N_{\text{сут}} = 734 / 0,0631 = 11584 \text{ авт/сут.}$$

Участок трассы Р-257 123 км представляет из себя часть междугородней трассы с 2 крутыми поворотами и 3 полосами движения, не имеет пересечений с другими дорогами. На участке находятся уклоны как продольного, так и

поперечного профиля. При движении по прямой, ровной, мало загруженной транспортом дороге внимание водителя рассредоточивается, притупляется, возникает некоторая «сонливость». При неожиданном изменении дорожно-транспортной обстановки водителю требуется определенное время, чтобы преодолеть так называемую психологическую инерцию. Свободный транспортный поток на участке характеризуется минимальными взаимными помехами автомобилей. Типичные ошибки водителей: превышение скорости движения, потеря управления. Наиболее характерные ДТП — опрокидывание автомобиля, съезд с дороги.

Для участка АД Р-257 166 км. показатели интенсивности приведены в таблице 1.14.

Таблица 1.14 – Распределение интенсивности транспортных потоков по направлениям на участке ФАД Р-257 166 км.

Участок	Направление	Легковые	Автобусы	Грузовые	Интенсивность движения, ед.ч.
ФАД Р-257 166 км.	1-2	242	5	62	309
	1-3	18	0	0	18
	2-1	325	3	51	379
	2-3	10	0	1	11
	3-1	22	0	2	24
	3-2	44	0	2	46
Итого					787

Исходя из данных анализа интенсивности видно, что наибольшая интенсивность наблюдается в направлении 2-1, картограмма распределения транспортных потоков представлена на рисунке 1.16

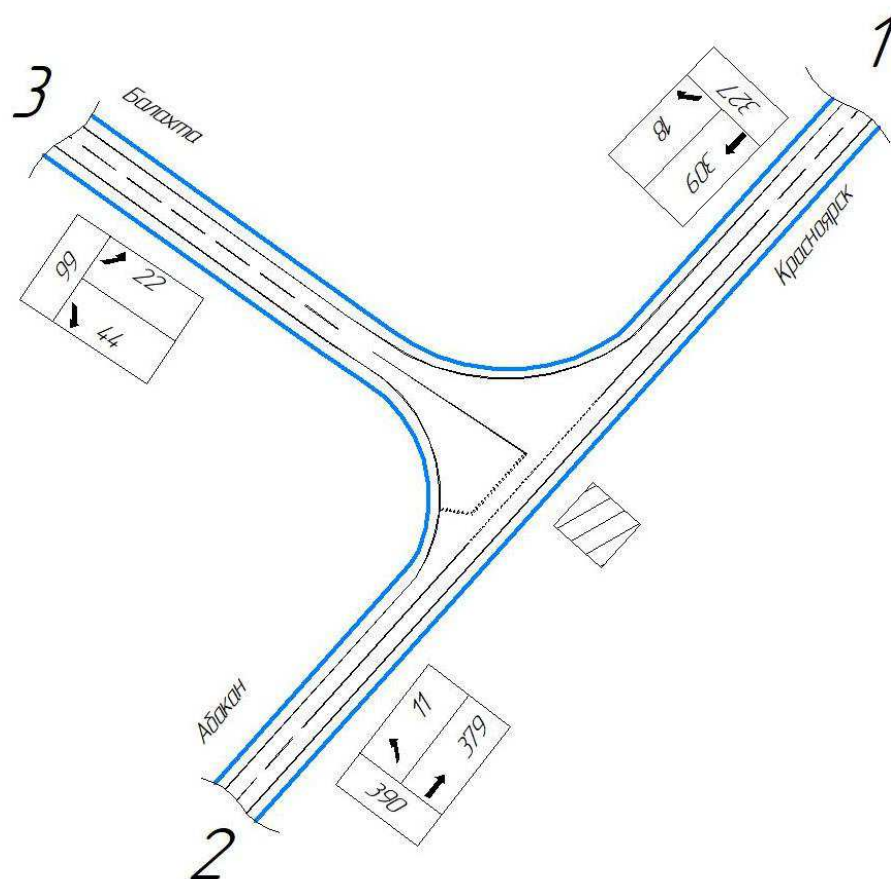


Рисунок 1.16 – Картограмма распределения транспортных потоков по направлениям на участке ФАД Р-257 123 км.

$$N_{\text{сут}} = 734 / 0,0631 = 12472 \text{ авт/сут.}$$

#### 1.4.4 Анализ системы ВАДС по компоненту «Среда»

Компонент среда влияет на все остальные компоненты системы ВАДС и включает в себя время суток, погодные, сезонные, а также климатические условия. Далее рассмотрим влияние времени года и времени суток на аварийность на рассматриваемых участках. Распределение ДТП от времени года на участках ФАД-Р257 показано на рисунках 1.17 -1.19.

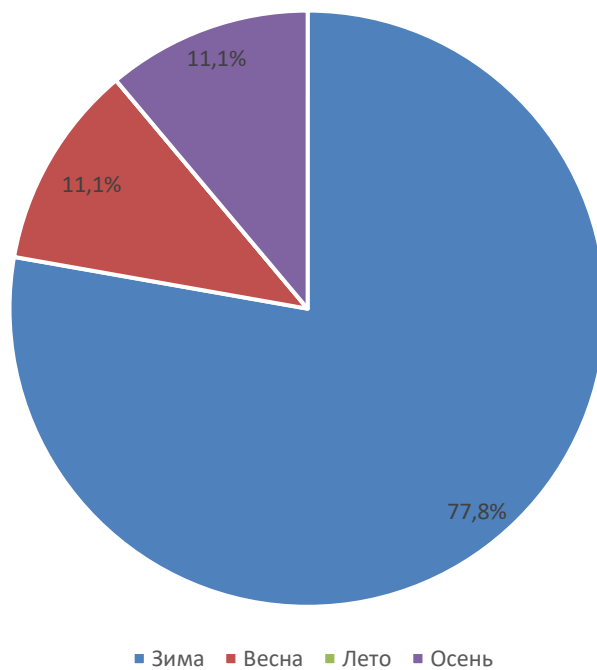


Рисунок 1.17 – Распределение ДТП от времени года на участке ФАД Р-257 30 км.

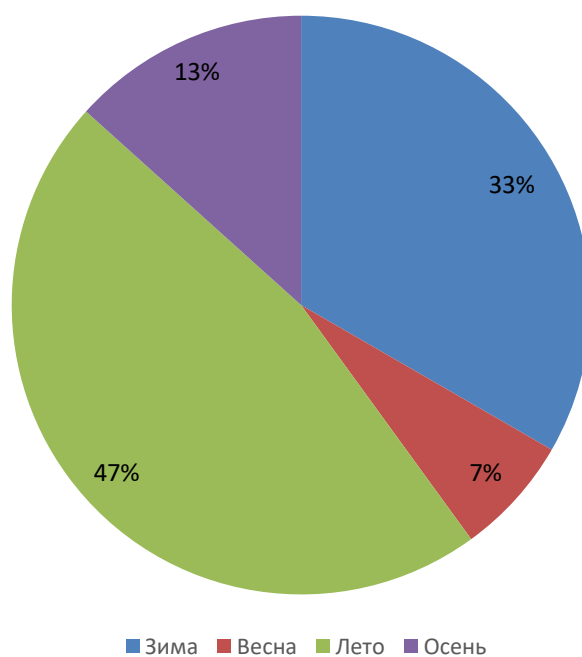


Рисунок 1.18 – Распределение ДТП от времени года на участке ФАД Р-257 123 км.

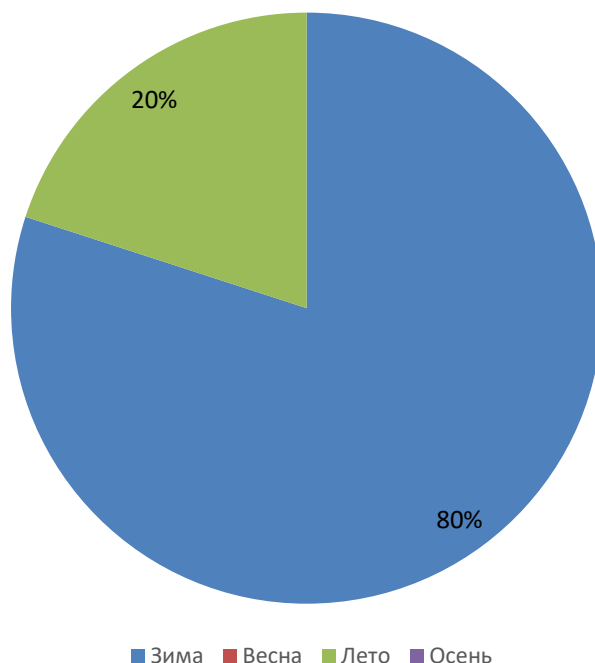


Рисунок 1.19 – Распределение ДТП от времени года на участке ФАД Р-257 166 км.

Для участка 30 км. Р-257 характерными являются столкновения и наезды на пешеходов исходя из рисунка 1.17 они могут быть связаны с уменьшением коэффициента сцепления в зимнее время года.

На участке 123 км. Р-257 преобладают съезды с дороги и опрокидывания, исходя из рисунка 1.18 распределение ДТП по сезонам равномерно, что говорит о слабой зависимости от сезонного фактора на данном участке.

Исходя из рисунка 1.19 можно сделать вывод о том, что фактор времени года оказывает большое влияние на аварийность участка 166 км Р-257, так как преобладающим видом ДТП являются попутные столкновения и в зимнее время года остановочный путь автомобиля может быть увеличен.

Распределение ДТП от времени суток представлено на рисунках 1.20-1.22.

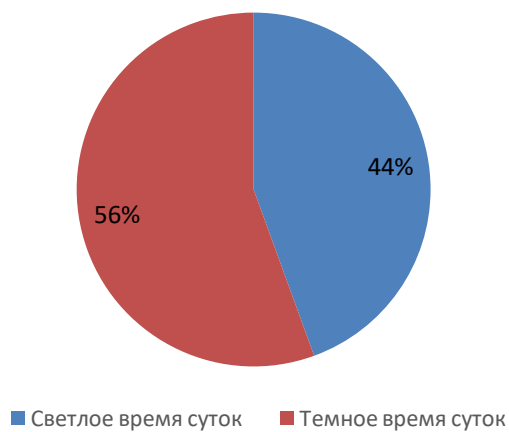


Рисунок 1.20 – Распределение ДТП от времени суток на участке ФАД Р-257 30 км.

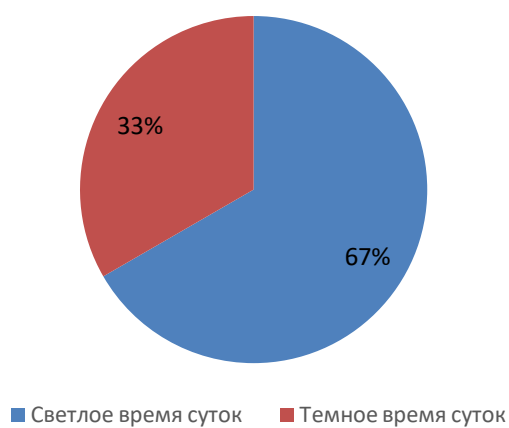


Рисунок 1.21 – Распределение ДТП от времени суток на участке ФАД Р-257 123 км.

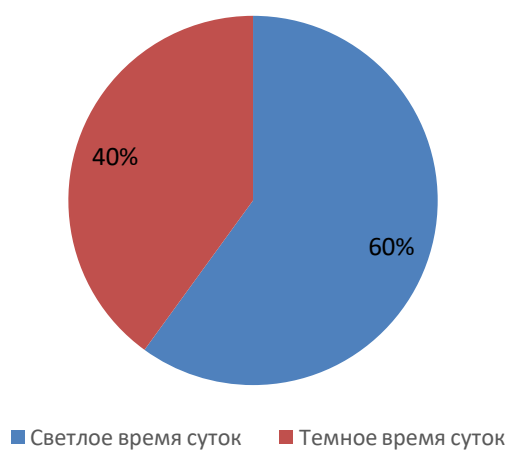


Рисунок 1.22 – Распределение ДТП от времени суток на участке ФАД Р-257 166 км.

На основании рисунков 1.20-1.22 можно сделать вывод, что участки 123 и 166 километра ФАД Р-257 не имеют явных зависимостей с временем суток. Участок 30 километра, при учете того, что для него характерны наезды на пешеходов имеет высокие показатели столкновений в ночное время суток что может указывать на нарушение скоростного режима и в следствии увеличение времени обнаружения препятствия при недостаточной видимости.

Распределение ДТП от состояния покрытия показано на рисунках 1.23-1.25.

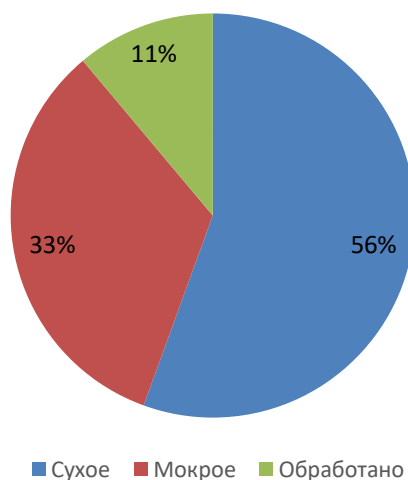


Рисунок 1.23 – Распределение ДТП от состояния покрытия на участке ФАД Р-257 30 км

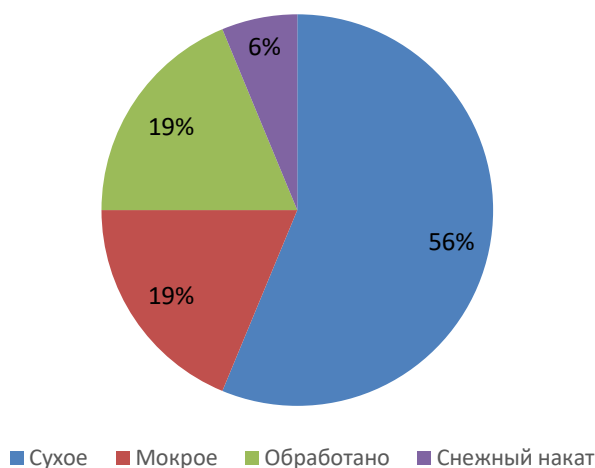


Рисунок 1.23 – Распределение ДТП от состояния покрытия на участке ФАД Р-257 123 км.

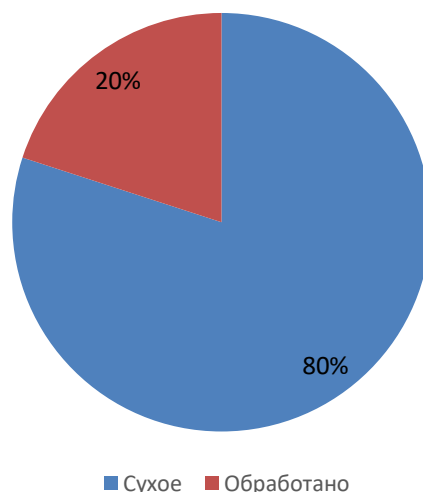


Рисунок 1.23 – Распределение ДТП от состояния покрытия на участке ФАД Р-257 166 км.

На участках Р-257 30 и 123 км. прослеживается зависимость ДТП от состояния покрытия, почти половина от всех случаев – это ДТП, произошедшие в условиях мокрого или обработанного покрытия что может повысить риски потери управления над автомобилем на высоких скоростях.

Подводя итоги по компоненту «Среда»: факторы среды оказывают существенное влияние на произошедшие ДТП на участках Р-257 30, 123, 166 км. Наиболее явные связанные с средой проблемы связаны с недостаточной видимостью или уменьшением коэффициента сцепления с дорогой. Так же факторы сезона, времени суток и состояния покрытия могут оказать влияние на остальные компоненты системы ВАДС

### **1.5 Оценка надежности системы ВАДС на рассматриваемых участках ФАД Р-257**

Для оценки фактического уровня безопасности дорожного движения на участках концентрации ДТП рекомендуется использовать данные таблицы 1.15.



Таблица 1.15 – Коэффициенты безопасности автомобильных дорог

Тип автомобильных дорог	Показатели риска ДТП, соответствующие отдельным уровням безопасности дорожного движения, число ДТП на 1 млн. авт.-км			
	Высокий	Допустимый	Предельный	Низкий
Многополосные с разделительной полосой	Менее 0,13	0,13-0,17	0,17-0,24	Более 0,24
Многополосные без разделительной полосы	Менее 0,18	0,18-0,26	0,26-0,40	Более 0,40
Двухполосные	Менее 0,16	0,16-0,23	0,23-0,30	Более 0,30

Показатель риска ДТП вычисляют по формуле[X]:

$$Z = \frac{n \cdot 10^6}{N \cdot L \cdot T \cdot 365}, \quad (1.3)$$

где Z – количество ДТП на 1 млн. авт.-км;

n – количество ДТП на участке концентрации ДТП за расчетный период;

N – среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./сут;

L – протяженность участка концентрации ДТП, км;

T – число лет в расчетном периоде.

Определим уровень безопасности дорог для выбранных участков с использованием формулы 1.3:

$$Z_{30} = \frac{10 \cdot 10^6}{23961 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 365} = 0,285$$

$$Z_{123} = \frac{17 \cdot 10^6}{11584 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 365} = 1$$

$$Z_{166} = \frac{5 \cdot 10^6}{12472 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 365} = 0,31$$

Из получившихся значений можно сделать вывод о том, что все участки опасны для движения и требуют работ по реконструкции дороги в сочетании с

общим улучшением дорожных условий в целях обеспечения однородности движения.

Далее проведем анализ уровня безопасности для участков, имеющих пересечения с другими дорогами для оценки влияния конфликтах точек на общий уровень БДД.

В соответствии с методикой разработанной Московским автомобильно-дорожным государственным техническим университетом (МАДИ), ФГУП "РосдорНИИ" с участием ИТС ВолгГАСА на пересечениях автомобильных дорог в одном уровне безопасность движения зависит от направления и интенсивности пересекающихся потоков, числа точек пересечения, разветвлений и слияния потоков движения - конфликтных точек, а также от расстояния между этими точками. Чем больше автомобилей проходит через конфликтную точку, тем больше вероятность возникновения в ней дорожно-транспортного происшествия.

Для оценки надежности системы ВАДС на рассматриваемых участках ФАД Р-257 30 км. и 166 км. рассчитаем опасность конфликтной точки по формуле 1.4:

$$q_i = K_i M_i N_i \frac{25}{K_r} 10^{-7}, \quad (1.4)$$

где:  $K_i$  – относительная аварийность конфликтной точки;

$N_i, M_i$  – среднегодовая интенсивность движения пересекающихся в данной конфликтной точке потоков, авт./сут;

$K_r$  – коэффициент годовой неравномерности движения.

Определим конфликтные точки из рисунков 1.14, 1.16. Интенсивность для конфликтующих потоков, а также коэффициент  $K_i$ , представлены в таблицах 1.16, 1.17.

Таблица 1.16 – Интенсивность конфликтующих потоков и значение коэффициента  $K_i$  на пересечении находящемся на участке ФАД Р-257 30 км.

Номер конфликтной точки	1	2	3	4
Интенсивность N	7861	11759	7861	7861
Интенсивность M	285	1173	238	238
$K_i$	0,008	0,008	0,0025	0,0025
$K_r$	0,085	0,085	0,085	0,085

Таблица 1.17 – Интенсивность конфликтующих потоков и значение коэффициента  $K_i$  на пересечении находящемся на участке ФАД Р-257 166 км.

Номер конфликтной точки	1	2	3	4
Интенсивность N	4897	6006	4897	6006
Интенсивность M	174	380	729	4897
$K_r$	0,075	0,085	0,075	0,085
$K_i$	0,075	0,085	0,075	0,085

Далее произведем расчёт для каждой конфликтной точки используя формулу 1.4:

$$q_i = 0,008 \cdot 7861 \cdot 285 \frac{25}{0,0085} 10^{-7} = 0,53 \text{ и т.д.}$$

В таблице 2.3, 2.4 представлены значения  $q_i$  для каждой конфликтной точки

Таблица 2.3 – Значение  $q_i$  для пересечения находящемся на участке ФАД Р-257 166 км.

$q_i$	0,53	3,24	0,21	0,14
-------	------	------	------	------

Таблица 2.4 – Значение  $q_i$  для пересечения находящемся на участке ФАД Р-257 166 км.

$q_i$	0,07	2,69	0,95	0,25
-------	------	------	------	------

Степень опасности пересечения оценивается показателем безопасности движения  $K_a$ , характеризующим количество ДТП на 10 млн автомобилей, прошедших через пересечение, формула 1.5.

$$K_a = \frac{G \cdot 10^7 K_r}{(M+N)25}, \quad (1.5)$$

где:  $G$  - теоретически вероятное количество ДТП на пересечении за 1 год;

$M$  - интенсивность на главной дороге, авт./сут;

$N$  - то же, для второстепенной дороги;

$K_r$  - коэффициент годовой неравномерности движения.

$$G = \sum_n^{i=n} q_i, \quad (1.6)$$

где:  $n$  - число конфликтных точек на пересечении;

$$G_{30} = 0,53 + 0,24 + 0,21 + 0,14 = 4,12 \text{ ед.}$$

$$G_{166} = 0,07 + 2,69 + 0,95 + 0,25 = 3,96 \text{ ед.}$$

Далее рассчитаем  $K_a$  для пересечений на 30 и 166 километрах:

$$K_{30} = \frac{4,12 \cdot 10^7 \cdot 0,085}{23961 \cdot 25} = 5,8 \text{ ДТП/10млн.авт.}$$

$$K_{166} = \frac{3,96 \cdot 10^7 \cdot 0,085}{12472 \cdot 25} = 9,5 \text{ ДТП/10млн.авт.}$$

Показатель  $K_a$  характеризует степень обеспечения безопасности движения на пересечении – таблица 1.18

Таблица 1.18 – Зависимость опасности пересечения от значения коэффициента  $K_a$

$K_a$	меньше 3	3,1 – 8,0	8,1-12	больше 12
Опасность пересечения	неопасное	малоопасное	опасное	очень опасное

По данным расчетов можно сделать вывод о том, что все перегоны на выбранных участках ФАД Р-257 являются не безопасными и требуют действий по реконструкции и общему повышению БДД, также было выявлено что пересечение на 166 километре Р-257 является не оптимальным и требует мер по усовершенствованию БДД.

Проанализировав участки ФАД Р-257 “Енисей” можно сделать выводы об опасности данных участков для движения и несоответствии норм ОДД принципам БДД. Для решений данных проблем в организационно технической части на основе выявленных несоответствий и нарушений по части БДД будут даны рекомендации по устранению мест концентрации ДТП, а также будут представлены меры по общему увеличению показателей БДД и снижению тяжести последствий на рассматриваемых участках.

## **2 Организационно-техническая часть**

### **2.1 Обзор методов совершенствования организации и повышения безопасности дорожного движения на загородных автомобильных дорогах**

В настоящее время в системе организации дорожного движения Российской Федерации используются четыре группы мероприятий по повышению безопасности движения.

К первой группе относятся мероприятия по улучшению транспортно-эксплуатационных качеств дорожных сооружений, предусматривающие, как правило, либо увеличение их пропускной способности в местах концентрации аварийности (расширение проезжей части, увеличение числа полос движения, строительство транспортных и пешеходных развязок в разных уровнях), либо повышение устойчивости автомобилей, зависящей от дорожных условий (устройство шероховатой поверхностной обработки, ямочный ремонт покрытия, устранение колеиности).

Во вторую группу входят мероприятия по совершенствованию организации дорожного движения, которые можно разбить на две подгруппы: мероприятия по улучшению обстановки пути (установка знаков, нанесение разметки, устройство ограждений и направляющих устройств, устройство освещения, устройство внеуличных пешеходных переходов, канализирование движения, устройство разделительной полосы) и мероприятия по совершенствованию управления дорожным движением (устройство светофорного регулирования, устройство информационных табло, создание автоматизированных систем управления движением).

Планирование и реализация мероприятий второй группы осуществляются по представлению органов ГИБДД либо предприятиями дорожного хозяйства (первая подгруппа мероприятий), либо специализированными организациями, занимающимися разработкой технических средств регулирования дорожного движения (вторая подгруппа мероприятий).

К третьей группе относятся мероприятия по повышению конструктивной безопасности транспортных средств, которые направлены на предупреждение дорожно-транспортных происшествий и снижение тяжести их последствий, обусловленных недостаточной активной, пассивной и послеаварийной безопасностью различных элементов и узлов автомобилей. Планирование и реализация мероприятий этой группы осуществляется заводами автомобильной промышленности в соответствии с периодически пересматриваемыми нормативными документами по конструктивной безопасности транспортных средств.

В четвертую группу входят мероприятия, направленные на повышение безопасности движения транспортных средств, связанных в первую очередь с учетом психофизиологических качеств водителей. Планирование и реализация мероприятий четвертой группы осуществляется под эгидой органов ГИБДД рядом специализированных организаций (медицинских, по подготовке водителей транспортных средств), а также рядом общественных организаций.

Таким образом, первые две группы мероприятий (дорожные мероприятия) имеют прямое отношение к дороге, третья группа – к средствам передвижения по ней и четвертая группа – к водителям, управляющими этим средствами. [х]

## 2.2 Рекомендации по повышению безопасности движения на участке федеральной трассы Р-257, 123 км

Для ДТП совершенных на данном участке характерны опрокидывания и съезды с дороги, основными причинами таких ДТП являются водитель и дорога, для определения механизма ДТП на данном участке требуется провести расчет критических скоростей опрокидывания и скольжения на данном участке, при этом нужно взять в расчет как габаритные характеристики как дороги так и автомобиля. После проведения расчета необходимо выявить фактор, оказывающий наиболее сильное воздействие на опасность участка и разработать ряд мер для устранения выявленных факторов ДТП.

Для определения фактора влияния далее проведем расчет скоростей, при которых факто дороги будет наиболее значим.

### 2.2.1 Расчет показателей устойчивости ТС

Для определения механизма ДТП в качестве примера для расчетов был взят автомобиль Toyota Funcargo.

Для анализа устойчивости ТС необходимо привести его габаритные характеристики (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Габаритные характеристики Toyota Funcargo

Наименование параметра	Ед. изм.	Значение
База, L	мм	2500
Колея, B	мм	1440
Длина L <sub>0</sub>	мм	3860
Ширина, C	мм	1690

### Окончание таблицы 2.1

Наименование параметра	Ед. изм.	Значение
Высота, H	мм	1680
Передний свес, L1	мм	725
Угол переднего свеса	град	13
Угол заднего свеса	град	25
Дорожный просвет, h	мм	150
Радиус поворота, R	м	5
Собственная масса G <sub>0</sub>	кг	1050
В т.ч. на переднюю ось G <sub>1</sub>	кг	670
Полная масса G <sub>a</sub>	кг	1325
В т.ч. на переднюю ось G <sub>a1</sub>	кг	730
Максимальная скорость, V <sub>a</sub>	км/час	175

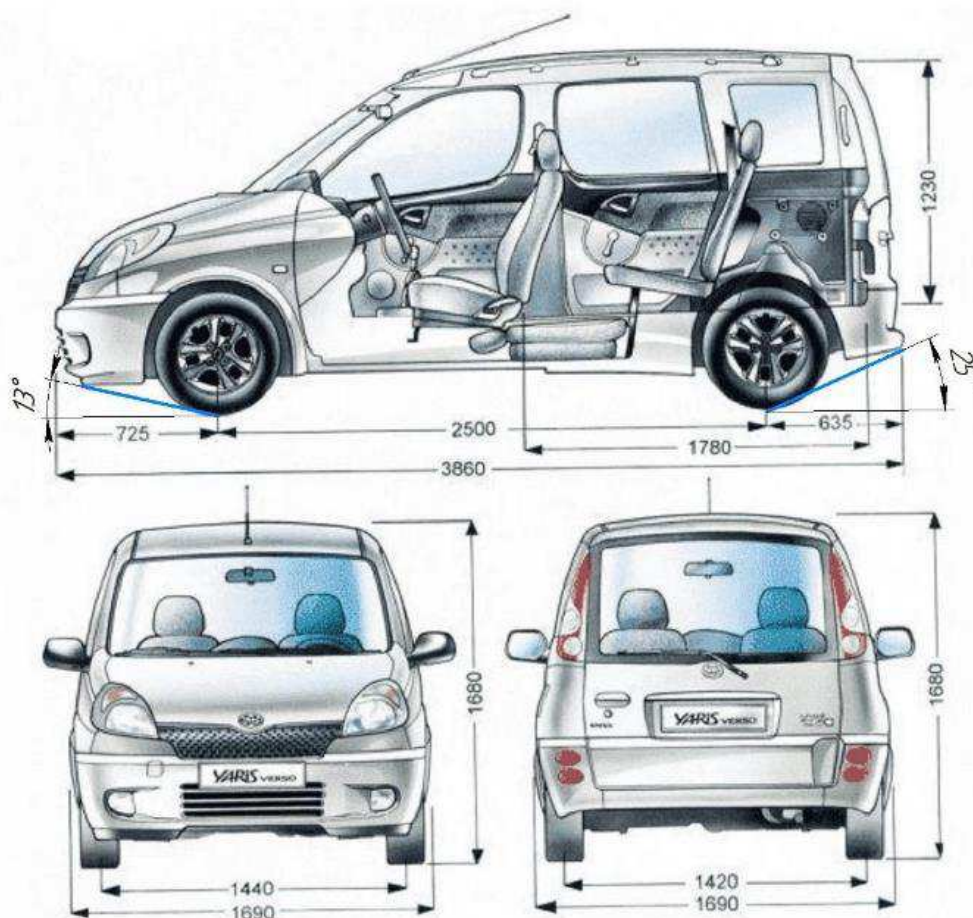


Рисунок 2.1 – Схема габаритов Toyota Funcargo

Для расчетов показателей устойчивости необходимо определить координаты центра тяжести для порожнего и груженого автомобиля.

Для порожнего автомобиля:

Нагрузка на заднюю ось

$$G_2 = G_0 - G \quad (2.1)$$

$$G_2 = 1050 - 670 = 380$$

Координаты центра тяжести

$$a = L * \frac{G_2}{G_0} \quad (2.2)$$

$$a = 2500 * \frac{380}{1050} = 905$$

$$b = L * a \quad (2.3)$$

$$b = 2500 - 905 = 1595$$

Высоту центра тяжести принимаем на основании визуального анализа габаритной схемы автомобиля:

$$h = 0,4 * H \quad (2.4)$$

$$h = 0,4 * H = 672$$

Проведем аналогичные расчеты для груженого автомобиля:

$$G_2 = 1325 - 730 = 595$$

Координаты центра тяжести

$$a = 2500 * \frac{595}{1325} = 1123$$

$$b = 2500 - 1123 = 1377$$



Высоту центра тяжести принимаем на основании визуального анализа габаритной схемы автомобиля с учетом размещения пассажиров в салоне и груза в багажнике:

$$h = 0,5 * H \quad (2.5)$$

$$h = 0,5 * H = 840$$

Наименьшая нагрузка на шину  $380/2 = 190$  кг соответствует заднему колесу порожнего автомобиля.

Наибольшая нагрузка на шину  $665/2 = 297,5$  кг соответствует переднему колесу груженого автомобиля.

В груженом состоянии центр тяжести автомобиля расположен в середине его базы, в порожнем состоянии центр тяжести смещен от центра базы вперед, что объясняется передним расположением силового агрегата и трансмиссии.

Расчёт критической скорости по условию опрокидывания автомобиля определяется по формуле:

$$V_{кр. о} = \sqrt{\frac{g * B * R}{2 * h}}, \quad (2.6)$$

где:

B - ширина колеи автомобиля, м

R - радиус поворота, м

h - высота центра тяжести, м.

Для автомобиля в порожнем состоянии при радиусе поворота 100 м.:

$$V_{кр. о} = \sqrt{\frac{9,8 * 1,44 * 100}{2 * 0,672}} = 32,4 \text{ м/с}$$

Аналогично проводим расчёт для значений R = 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 м для автомобиля в порожнем и груженом состоянии и результаты расчётов сводим в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Сводная таблица критических скоростей ТС

Радиус кривой поворота	Критическая скорость по условию опрокидывания, км/ч	
	Порожний	Груженный
100	117	104
200	165	148
300	202	181
400	233	209
500	261	233
600	286	256
700	309	276
800	330	295
900	350	313
1000	369	330

На основании таблицы 2.2 строится график зависимости критической скорости по условию опрокидывания от радиуса поворота  $V_{кр.о.} = f(R)$  рисунок 2.2.

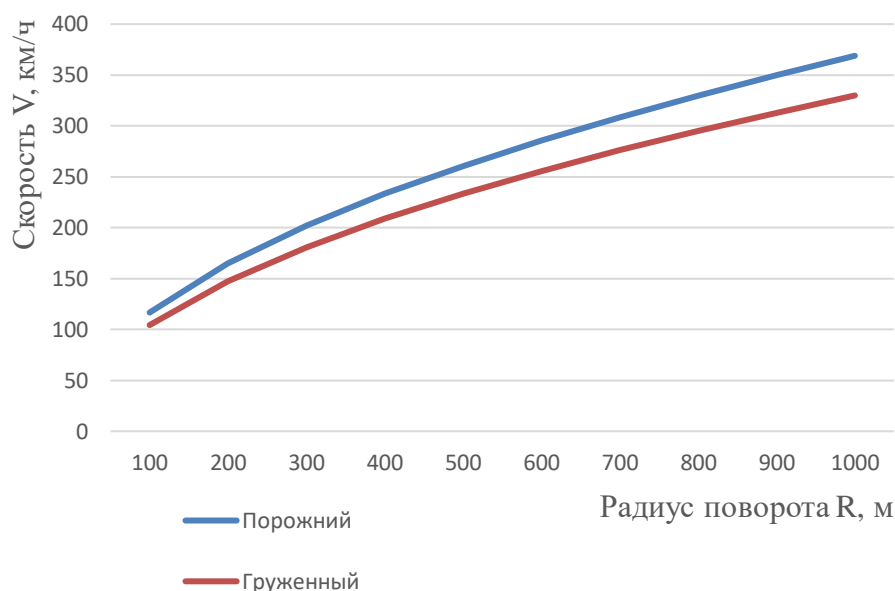


Рисунок 2.2 – График зависимости критической скорости по условию опрокидывания от радиуса поворота

При увеличении радиуса поворота критическая скорость по условию опрокидывания также увеличивается. Для порожнего автомобиля критическая скорость по условию опрокидывания больше, чем для автомобиля в груженом состоянии.

Расчёт критической скорости по условию скольжения автомобиля при разных радиусах поворота на дорогах с разным покрытием находится по формуле:

$$V_{кр.с} = \sqrt{g * R * \varphi} , \quad (2.7)$$

где:

$\varphi_1 = 0,7$  – сухой асфальт;

$\varphi_2 = 0,5$  – мокрый асфальт;

$\varphi_3 = 0,2$  – сухой лед;

При радиусе поворота 100 м для обледенелого сухого покрытия:

$$V_{кр.с} = \sqrt{9,8 * 100 * \varphi_3} = 50$$

Аналогично проводим расчёт для значений  $R = 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000$  м для всех типов покрытий, и результаты расчётов сводим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Сводная таблица критических скоростей ТС (скольжение)

Радиус поворота	Критическая скорость по условию скольжения, км/ч		
	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$
100	94	80	50
200	133	113	71
300	163	138	87
400	189	159	101
500	211	178	113
600	231	195	123
700	249	211	133
800	267	225	143
900	283	239	151
1000	298	252	159

На основании таблицы 2.3 строится график зависимости критической скорости по условию скольжения от радиуса поворота  $V_{кр.с.} = f(R)$  рисунок 2.3.

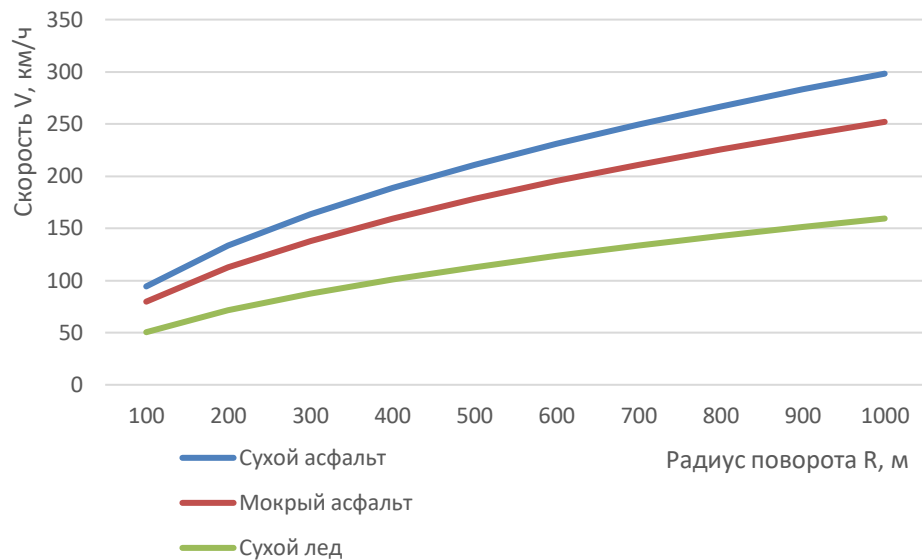


Рисунок 2.3 – График зависимости критической скорости по условию скольжения от радиуса поворота

При увеличении радиуса поворота критическая скорость по условию скольжения также увеличивается. Тип покрытия также влияет на критическую скорость по условию скольжения: на обледенелом сухом асфальте критическая скорость больше, чем на обледенелом покрытии.

Критический угол по условию опрокидывания определяется по формуле:

$$\beta_{\text{кр. о.}} = \arctg\left(\frac{B}{2h}\right) \quad (2.8)$$

где  $B/h$  – коэффициент поперечной устойчивости.

Для порожнего автомобиля:

$$\beta_{\text{кр. о.}} = \arctg\left(\frac{1.44}{2 \cdot 0.672}\right) = 47^\circ$$

Для груженого автомобиля:

$$\beta_{\text{кр. о.}} = \arctg\left(\frac{1.44}{2 \cdot 0.84}\right) = 41^\circ$$

Критический угол по условию скольжения рассчитывается по формуле:

$$\beta_{\text{кр. с.}} = \arctg(\varphi) \quad (2.9)$$

Для обледенелого сухого покрытия: кр.с.:

$$\beta_{кр.с.} = \arctg(0,2) = 11^\circ$$

Аналогично проводим расчёт для сухого асфальта и мокрого асфальта, и результаты расчётов сводим в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Критический угол (скольжение) в зависимости от покрытия

Критическая скорость по условию опрокидывания, км/ч		
$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$
35	27	11

При изменении коэффициента сцепления шин с дорогой критический угол по условию скольжения также изменяется. Для обледенелого сухого покрытия критический угол по условию скольжения минимальный, а при сухом асфальте.

На участке ФАД р-257 “Енисей” находится аварийный затяжной поворот с радиусом кривой  $R = 150$  м (Рисунок 2.4), проведем расчеты по условию опрокидывания для данного радиуса.

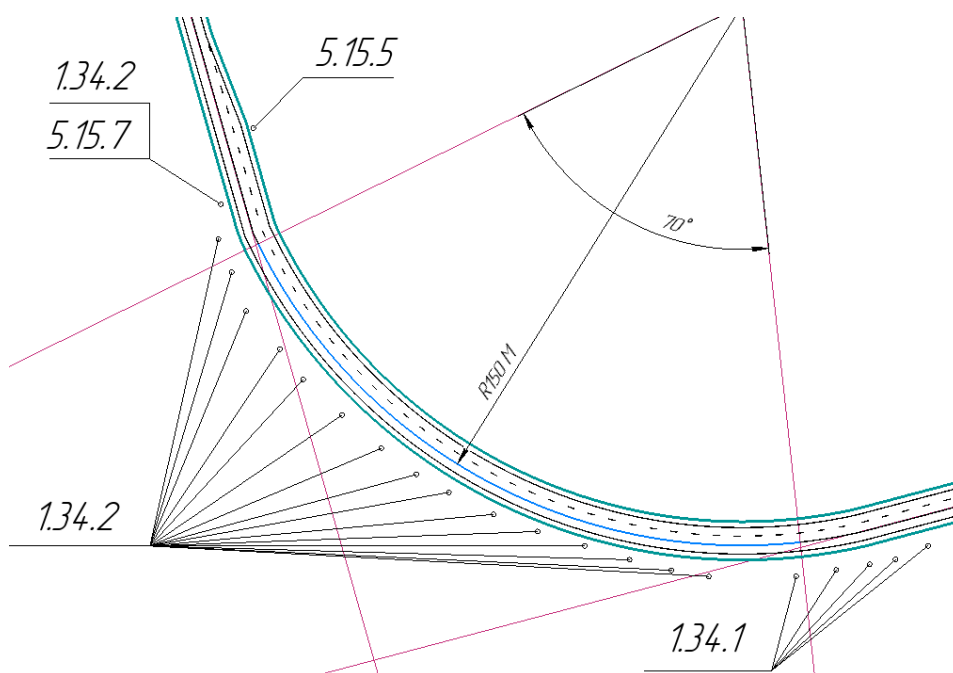


Рисунок 2.4 – Радиус существующей кривой на аварийно-опасном участке

Проведем расчет критических скоростей опрокидывания и скольжения по формулам 2.6, 2.7 а также значения которые будут являться безопасными для данного участка и занесем получившиеся данные в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Критические значения опрокидывания и скольжения.

R	V <sub>кр.о.</sub> , км/ч	V <sub>кр.с.</sub> , км/ч	$\beta_{кр. о.}$	$\beta_{кр. с.}$
150	144/127	115/97/61	47°/41°	35°/27°/11°
200	165/148	133/117/71		

Из полученных значений можно сделать вывод о том, что на фактор опрокидывания или скольжения автомобиля влияет преимущественно фактор водителя, так как при скоростях, полученных при расчете опрокидывание автомобиля при высоких коэффициентах сцепления невозможно, что говорит о превышении скорости участниками дорожного движения, а именно водителями на данном участке, за исключением зимнего время года, когда коэффициент сцепления достигает критически малых значений. Исходя из этого необходимо разработать ряд мер, которые будут направлены на устранение влияние фактора водителя и конструктивного несоответствия дороги для зимнего времени года, данные меры будут предложены в пункте 2.2.2.

2.2.2 Разработка мероприятий по снижению тяжести последствий на участке трассы ФАД Р-257 123 км.

Так как выявленными причинами ДТП на данном участке является превышение скоростного режима водителем и недостаточный радиус кривой для прохождения, данного участка в зимнее время года при условии обледенения дороги, следует предпринять ряд мер по устранению данных факторов.

Касательно фактора превышения скорости водителем в следствии чего совершаются ДТП, необходимо повлиять на психологический аспект человека и создать условия, при которых водитель будет чувствовать дискомфорт на высоких скоростях, а также желание снизить скорость до допустимых пределов. Инструментами данных мер могут является камеры фиксации нарушения ПДД или же их муляжи, а также схожими свойствами обладают радары с экранами, показывающими скорость движения водителю. На существующей схеме ОДД расположен радар скорости, но исходя из статистики можно сделать вывод о его неэффективности, что может быть связано с тем что водитель не имеет чувства ответственности за нарушение ПДД даже если оно отображено на экране радара.

Для повышения БДД на данном участке рекомендуется, сфокусировать внимание водителя на соблюдении скоростного режима при помощи камер фиксации ПДД или же их муляжа. Данные меры могут существенно повлиять на сокращение количества ДТП, связанных с превышением скорости.

В РФ имеется опыт установки автономных систем автоматической фиксации нарушений, работающих на солнечных батареях или ветрогенераторах, одной из таких систем является система “Призма” (Рисунок 2.5), которая удовлетворяет условиям повышения БДД по фактору превышения скорости на данном участке.



Рисунок 2.5 – Автономная система фиксации нарушения ПДД “Призма”

Данный комплекс использует метод, при котором скорость ТС измеряется путем вычисления времени прохождения ТС от точки А до точки Б при известных расстояниях, что является оптимальным т.к. водитель не сможет снижать скорость в зоне видимости камеры, а даст возможность контролировать водителя на всем опасном участке дороги.

Расположения системы фиксации представлено на рисунке 2.х

Следующим шагом по повышению БДД на данном участке является увеличение радиуса кривой аварийно опасного поворота. Радиус существующего поворота, а также критические скорости представлены в таблице 2.5, из которой можно сделать вывод о том достаточным условием будет увеличение радиуса кривой поворота до 200м, что исключит возможность опрокидывания или скольжения ТС при заданном скоростном режиме. Схема проектируемой ОДД представлена на рисунке 2.7.

Таже мерой по повышению БДД рекомендуется выбрать установку ограждений на крутых поворотах, что позволит сократить количество ДТП с высокой тяжестью последствий, а также ограждения позволят снизить риск съезда ТС с дороги в темное время суток и отсутствии освещения при наличии на ограждении светоотражающей индикации.

Ограждением, подходящим под условия повышения безопасности, является направляющее барьерное ограждение которые позволят поглотить часть энергии при столкновении с ним и предотвратить выезд ТС за пределы дороги. Пример подобного ограждения представлен на рисунке 2.6.

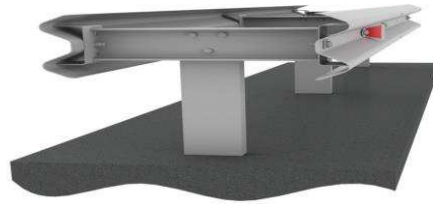


Рисунок 2.6 – Пример направляющего барьерного ограждения

Дислокация установки данного ограждения указана на рисунке 2.7.

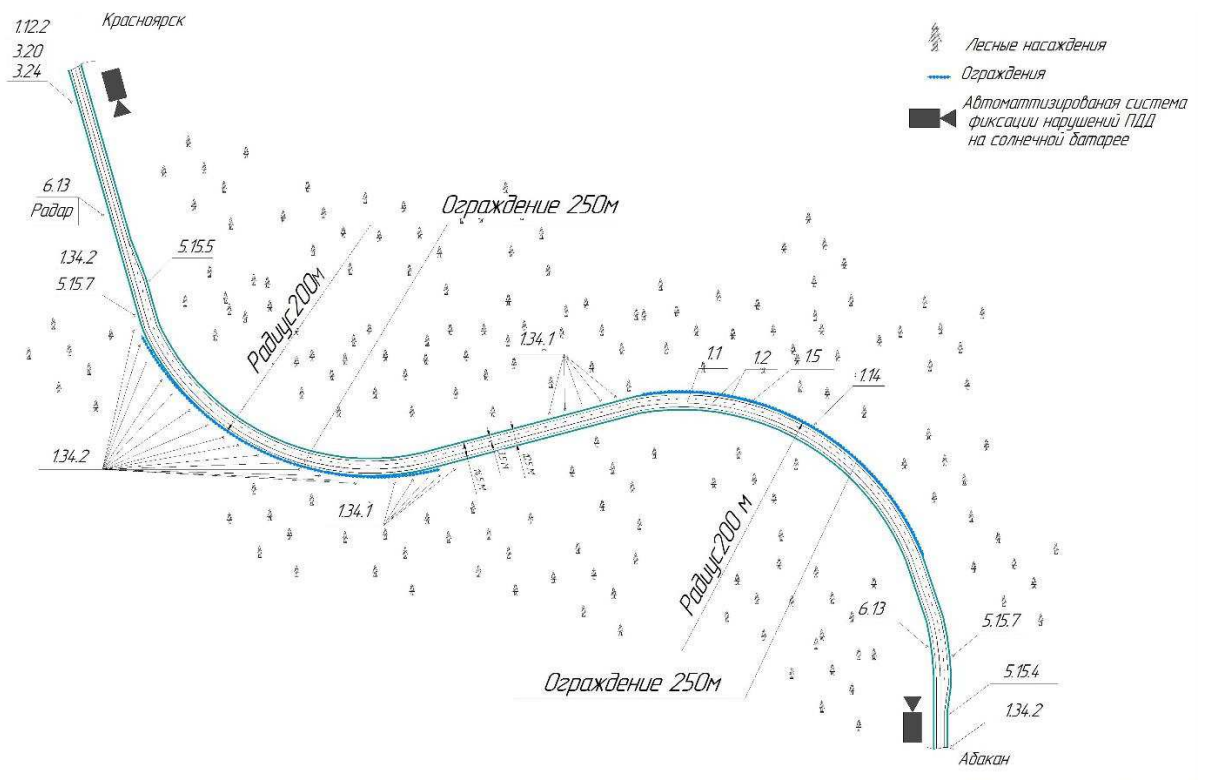


Рисунок 2.7 – Схема проектируемой ОДД на участке трассы Р-257 123км

Применение вышеперечисленных предлагаемых мер по повышению БДД позволит уменьшить вероятность возникновения ДТП на данном участке, а также снизить тяжесть их последствий.

### 2.3 Проектирование транспортной развязки на участке федеральной трассы Р-257, 166 км

Для повышения БДД на данном участке и устранения всех небезопасных конфликтных точек рядом мер будет являться разделение транспортных потоков



по уровням путем построения развязки и организация ОДД на ней.

Согласно СП 34.13330.2012 пересечения и примыкания в разных уровнях (транспортные развязки) надлежит принимать в следующих случаях:

- на дорогах IА и IБ категорий – с автомобильными дорогами всех категорий;
- IВ категории – с дорогами, расчетная интенсивность движения на которых превышает 1000 авт./сут;
- IВ категории с числом полос движения шесть и более – с автомобильными дорогами всех категорий;
- II и III категорий – между собой при суммарной расчетной интенсивности движения более 12000 авт./сут.

Пересечения и примыкания дорог в плане располагают на прямых участках или на кривых с радиусами не менее 2000 м на дорогах IА, IБ, IВ и II категорий и с радиусами не менее 800 м – на дорогах III и IV категорий.

Пересечения и примыкания на дорогах IА категории вне пределов населенных пунктов предусматривают не чаще чем через 10 км, на дорогах IБ и II категорий – 5 км, а на дорогах III категории – 2 км с учетом конкретных условий (застройка, начертание существующей сети дорог и т.д.).

Транспортные развязки на автомобильных дорогах в разных уровнях классифицируются по начертанию в плане и способам организации движения на них [х].

По начертанию в плане транспортные развязки можно разделить на следующие группы:

- клеверообразные;
- кольцевые;
- крестообразные;
- сложные пересечения с полупрямыми и прямыми левоповоротными съездами;
- примыкания.

По способу организации левого поворота:

- не прямые;
- по кольцу;
- полупрямые;
- прямые.

Для пересечения на ФАД Р-257 166 км наиболее подходящей будет развязка в двух уровнях по типу труба так как при наименьшем объеме работ позволит убрать все конфликтные точки для встречных потоков, а также позволит минимизировать риск попутных столкновений, что крайне актуально для данного участка.

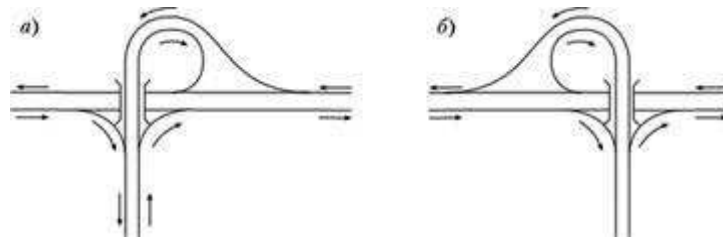


Рисунок 2.8 – Примыкание в двух уровнях по типу трубы: а – с расположением левоповоротного съезда справа от путепровода; б – слева от путепровода

Этот тип примыкания получен на основе использования элементов клеверного листа. Каждый поворачивающий поток имеет собственный съезд, но поскольку у левоповоротных потоков на большом протяжении общее земляное полотно с правоповоротными потоками, съезд на этом участке двухпутный с движением транспорта в противоположных направлениях.

Условия движения левоповоротных потоков на этой развязке различаются для потоков, идущих налево с основной дороги, и потоков с примыкающей дороги.

В зависимости от размеров левоповоротного движения на основной дороге и примыкающей дороге левоповоротные съезды могут располагаться справа (Рисунок 2.8, а) или слева от путепровода (Рисунок 2.8, б).

Если интенсивность левоповоротного движения с основной дороги на примыкающую больше, чем левоповоротного движения, идущего на основную дорогу, то следует принимать схему, показанную на рисунке 2.7, б.

Примыкание по типу трубы обеспечивает развязку движения во всех направлениях при отчуждении сравнительно небольшой площади земель и невысокой строительной стоимости.

Далее необходимо произвести расчет габаритных характеристик развязки типа «труба» и составить проект данного участка.

### 2.3.1 Расчет геометрических параметров транспортной развязки по типу «Труба» для участка федеральной трассы Р-257, 166 км

Для расчета транспортной развязки по типу «труба» воспользуемся СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги» и методическим указанием «Пути сообщения и технологические сооружения» проект транспортной развязки (по типу «полный клеверный лист»). В связи с идентичным петлевым

левоповоротном соединении (ЛПО) расчеты для ЛПО на транспортной развязке «полный клеверный лист» и «труба» существенно не различаются.

Исходные данные для проекта на участке ФАД Р257 166 км представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Исходные данные

Угол пересечения осей 1 и 2 дорог $\alpha$ , °	Расчетная скорость $V$ , км/ч (на входе ЛПО)	Ширина проезжей части ЛПО вл, м	Ширина полосы движения, сопрягаемой с ЛПО во, м	Уклон виража на ЛПО $i_v$ , ‰	Число полос для движения по основной дороге	Ширина укрепленной полосы с, м (для основной дороги)
98	50	5	3,5	0,045	3	0,5

В связи с расчётной скоростью 50 км/ч примем радиус  $R$  равным 90 метрам.

По заданному радиусу  $R$  круговой кривой рассчитываем скорость движения автомобиля по левоповоротному соединительному ответвлению (ЛПО):

$$V = \sqrt{127 \cdot R (\mu + i_v)}, \quad (2.10)$$

$$V = \sqrt{127 \cdot 90 (0,15 + 0,045)} = 47,2 \frac{\text{км}}{\text{ч}},$$

где:  $\mu$  – коэффициент поперечной силы, определяемый по формуле 2.11 подбором, принимая в начале  $\mu=0,15$ :

$$\mu = 0,2 - 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot V, \quad (2.11)$$

где:  $i_v$  – уклон виража, принимаемый равным 0,045

Радиус круговой кривой из формул (2.10) и (2.11) рассчитывается:

$$R = \frac{V^2}{127 \cdot (0,2 - 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot V + i_v)}, \quad (2.12)$$

$$R = \frac{(47,2)^2}{127 \cdot (0,2 - 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot 47,2 + 0,045)} = 83,73 \text{ м.}$$

Длина переходной кривой рассчитывается по формуле (2.13)

$$L = \frac{V^3}{47 \cdot I \cdot R}, \quad (2.13)$$

где:  $V$  – скорость движения автомобиля, км/ч;

$I$  – скорость нарастания центробежного ускорения, принимается равной 0,4 м/с<sup>3</sup>.

$$L = \frac{(47,2)^3}{47 \cdot 0,4 \cdot 83,73} = 66,84 \text{ м.}$$

Полученную по формуле (2.13) длину переходной кривой  $L$  сопоставляем с нормами, приведенными в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Нормы радиуса круговой кривой и длины переходной кривой

Радиус круговой кривой, м	300	250	200	150	100	60	50	30
Длина переходной кривой, м	130	100	90	80	70	60	50	40

В данном случае принимаем  $L = 70$  м,  $R = 100$  м.

Отгон виража начинается в поперечном сечении проезжей части, проходящей через точку  $K$  на оси ЛПО. В этом сечении кромки покрытия главной проезжей части и ЛПО расходятся. После разделения этих кромок (после точки  $K$ ) поперечный профиль изменяется от  $i_{нк}$  до  $i_{в}$  в точке  $B$ . Примем уклон  $i_{нк} = i_{п}$ .

В этом случае минимальная длина отгона поперечного уклона определяется по формуле 2.14:

$$l_{отг} = \frac{0,5 b_{л} \cdot (i_{в} - i_{п})}{i_{доп}}, \quad (2.14)$$

где:  $b_{л}$  – ширина проезжей части ЛПО, равная 5 м;

$i_{в}$  – уклон виража на ЛПО, равный 0,05 %;

$i_{п}$  – поперечный уклон проезжей части ЛПО в данной работе будет равен, 0,02;

$i_{\text{доп}}$  – дополнительный уклон внешней кромки проезжей части ЛПО, принимается равным 0,01 при расчетной скорости 60 км/ч и менее.

$$l_{\text{отг}} = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot (0,045 - 0,02)}{0,01} = 6,25 \text{ м.}$$

Для размещения отгона поперечного профиля на части соединительного ответвления от точки К до точки В должно выполняться условие:

$$l_1 \geq l_{\text{отг}}, \quad (2.15)$$

Расстояние  $l_1$  определяем методом последовательного приближения исходя из выполнения условия (2.15).

Вначале определяем требуемую длину участка переходной кривой от точки А до точки К:

$$l_{01} = L - l_{\text{отг}}, \quad (2.16)$$

$$l_{01} = 70 - 6,25 = 63,75 \text{ м.}$$

Вычисляем радиус кривизны и угол касательной к переходной кривой в точке К:

$$\rho_K = \frac{RL}{l_{01}}, \quad (2.17)$$

$$\rho_K = \frac{100 \cdot 70}{63,75} = 109,8 \text{ м.}$$

$$\beta_K = \frac{0,5 \cdot l_{01}}{\rho_K}, \quad (2.18)$$

$$\beta_K = \frac{0,5 \cdot 63,75}{109,8} = 0,29 \text{ рад.}$$

Находим значение координаты точки К:

$$\gamma_{K\beta} = 0,5 \cdot b_0 + c + (0,5 \cdot b_L + c_L) \cdot \cos \beta_K, \quad (2.19)$$

где:  $b_0$  – ширина полосы движения, сопрягаемой ЛПО;

$b_{\text{л}}$  – ширина однополосной проезжей части ЛПО;

$c$  – ширина укрепленной полосы;

$c_{\text{л}}$  – ширина укрепленной полосы ЛПО, принимается равной 0,25 м.

$$\gamma_{\text{к}\beta} = 0,5 \cdot 3,5 + 1,5 + (0,5 \cdot 5 + 0,25) \cdot \cos 0,38 = 5,88 \text{ м.}$$

Определяем требуемое значение длины участка переходной кривой до точки К по значению  $\gamma_{\text{к}\beta}$ , полученному по (2.19):

$$l_{02} = \sqrt[3]{6RL\gamma_{\text{к}\beta}}, \quad (2.20)$$

$$l_{02} = \sqrt[3]{6 \cdot 100 \cdot 70 \cdot 5,88} = 62,75 \text{ м}$$

Вычисляем значение  $l_{1n}$ :

$$l_{1n} = L - l_{02}, \quad (2.21)$$

$$l_{1n} = 70 - 62,75 = 7,24 \text{ м.}$$

Проверяют условие 2.15. Условие выполняется, так как  $7,24 > 6,25$  то принимают  $l_1 = l_{1n} = 7,24$  м.;  $l_0 = l_{02} = 62,75$  м., вычисляют координаты точек К, В и  $n$ :

$$x_{\text{к}} = l_0 - \frac{l_0^5}{40(RL)^2}, \quad (2.22)$$

$$\gamma_{\text{к}} = \frac{l_0^3}{6RL} - \frac{l_0^7}{336(RL)^3}, \quad (2.23)$$

$$x_{\text{к}} = 62,75 - (62,75^5/40(100 \cdot 70)^2) = 62,2 \text{ м.}$$

$$\gamma_{\text{к}} = \frac{62,75^3}{6 \cdot 100 \cdot 70} - \frac{62,75^7}{336(100 \cdot 70)^3} = 5,85 \text{ м.}$$

$$x_{\text{в}} = L - \frac{L^3}{40R^2}, \quad (2.24)$$

$$\gamma_{\text{в}} = \frac{L^2}{6R} - \frac{L^4}{336R^3}, \quad (2.25)$$

$$x_B = 70 - \frac{70^3}{40 \cdot 100^2} = 69,14 \text{ м.}$$

$$y_B = \frac{70^2}{6 \cdot 100} - \frac{70^4}{336 \cdot 100^3} = 8,1 \text{ м.}$$

$$x_n = x_K + (0,5b_L + c_L) \sin \beta_K, \quad (2.26)$$

где:  $b_L$  – ширина проезжей части однополосного ЛПО;  
 $\beta_K$  – по формуле (2.18).

$$x_n = 62,2 + (0,5 \cdot 5 + 0,25) \cdot \sin 0,29 = 63 \text{ м.}$$

План трассы ЛПО состоит из переходной кривой АВ, круговой кривой ВВ' и переходной кривой А'В'.

Далее Требуется рассчитать пикетное положение точек А, К на дороге №2, точек А' и К' на дороге №1. Кроме того, необходимо вычислить пикетное положение точек К, В, СО (середина ЛПО), В', К' и А' на ЛПО.

Обозначение пикетного положения включает номер дороги (или номер ЛПО) и наименование точек К и К' будет РК2(к) и РК1(К'), а точки В на ЛПО1 – РКЛПО1(В).

Пикетное положение точек А и n на дороге №2:

$$РК2(А) = РК2(О) \pm C_2 \pm РА, \quad (2.27)$$

$$РК2(n) = РК2(А) \pm x_n, \quad (2.28)$$

где: РК2(О) – пикетное положение на дороге №2 точки пересечения оси дороги №2 с осью дороги №1 (по заданию);

$C_2$  – смещение точки пересечения полос движения, сопрягаемых ЛПО, относительно точки О;

РА – расстояние от точки Р до начала ЛПО;

$x_n$  – вычисляется по формуле (2.26).

В формулах (2.27) и (2.28) знаки «+» или «-» применяют в зависимости от направления пикетажа на пересекающихся дорогах.

Величину смещения точки Р от точки О вычисляют по формулам:

При угле  $\alpha > 90^\circ$ :

$$C_1 = b_2 / \sin(180-\alpha) - b_1 \operatorname{ctg}(180 - \alpha), \quad (2.29)$$

$$C_2 = b_1 / \sin(180-\alpha) - b_2 \operatorname{ctg}(180 - \alpha), \quad (2.30)$$

$$b_1 = b_{\text{л}}/2, \quad (2.31)$$

где:  $b_1$  – расстояние между осью 1 дороги №1 и осью полосы 4, на которой заканчивается ЛПО;

$b_2$  – расстояние между осью 2 дороги №2 и осью полосы 3, с которой начинается ЛПО;

$\alpha$  – острый угол пересечения осей 1 и 2 дорог (по заданию).

Значение  $b_1$  и  $b_2$  равны, следовательно  $C_1$  и  $C_2$  тоже равны.

$$b_1 = 5/2 = 2,5 \text{ м.}$$

$$C_1 = 2,5 / \sin(180-98,17) - 2,5 \operatorname{ctg}(180-98,17) = 2,16 \text{ м.}$$

$$C_2 = C_1 = 2,16 \text{ м.}$$

Расстояние РА до начала ЛПО определяем по формуле

$$PA = (y_B + R \cos \beta) \operatorname{ctg}(\alpha/2) + R \sin \beta - x_B, \quad (2.32)$$

где:  $x_B, y_B$  – координаты конца переходной кривой;

$\beta$  – угол переходной кривой:

$$\beta = 0,5L / R \text{ рад.} \quad (2.33)$$

$$\beta = \frac{0,5L \cdot 180}{\pi \cdot R} \text{ градусы} \quad (2.34)$$

$$\beta = 0,5 \cdot 70 / 100 = 0,35 \text{ рад.}$$

$$\beta = \frac{0,5 \cdot 70 \cdot 180}{3,14 \cdot 100} = 20 \text{ градусов}$$

$$PA = (8 + 100 \cdot \cos 0,35) \cdot \operatorname{ctg}(98,2/2) + 100 \cdot \sin 0,35 - 69,14 = 34,75 \text{ м.}$$

$$PK2(A) = 0 + 2,16 + 34,75 = 36,92 \text{ м.}$$

$$PK2(n) = 36,92 + 63 = 99,97 \text{ м.}$$



Пикетаж на левоповоротном соединительном ответвлении начинается с точки А. Поэтому  $RКЛПО(А) = 0 + 00$ .

Пикетное положение точек К, В, СО, В', К' и А' вычисляются по формулам:

$$\begin{cases} RКЛПО(К) = l_0, \\ RКЛПО(В) = L \\ RКЛПО(СО) = L + 0,5 \cdot K_0, \\ RКЛПО(В') = L + K_0, \\ RКЛПО(К') = L + K_0 + (L - l_0), \\ RКЛПО(А') = L + K_0 + L, \end{cases} \quad (2.35)$$

где:  $K_0$  – длина круговой кривой ВСОВ', вычисляется по формуле:

$$K_0 = \pi \cdot R(180 + \alpha - 2\beta)/180, \quad (2.36)$$

где:  $\beta$  – угол переходной кривой в градусах.

$$K_0 = 3,14 \cdot 100(180 + 98,17 - 2 \cdot 20)/180 = 415,49 \text{ м.}$$

$$RКЛПО(К) = l_0 = 62,75 \text{ м.}$$

$$RКЛПО(В) = 70 \text{ м.}$$

$$RКЛПО(СО) = 70 + 0,5 \cdot 415,49 = 277,74 \text{ м.}$$

$$RКЛПО(В') = 70 + 415,49 = 485,4 \text{ м.}$$

$$RКЛПО(К') = 70 + 415,49 + (70 - 62,75) = 492,7 \text{ м.}$$

$$RКЛПО(А') = 70 + 415,49 + 70 = 555,49 \text{ м.}$$

С помощью данных расчетов, появляется возможность построить проектируемую развязку.

Схема проектируемой развязки по типу труба на участке УДС ул. Свердловская, ул. Матросова представлена на рисунке 2.9.

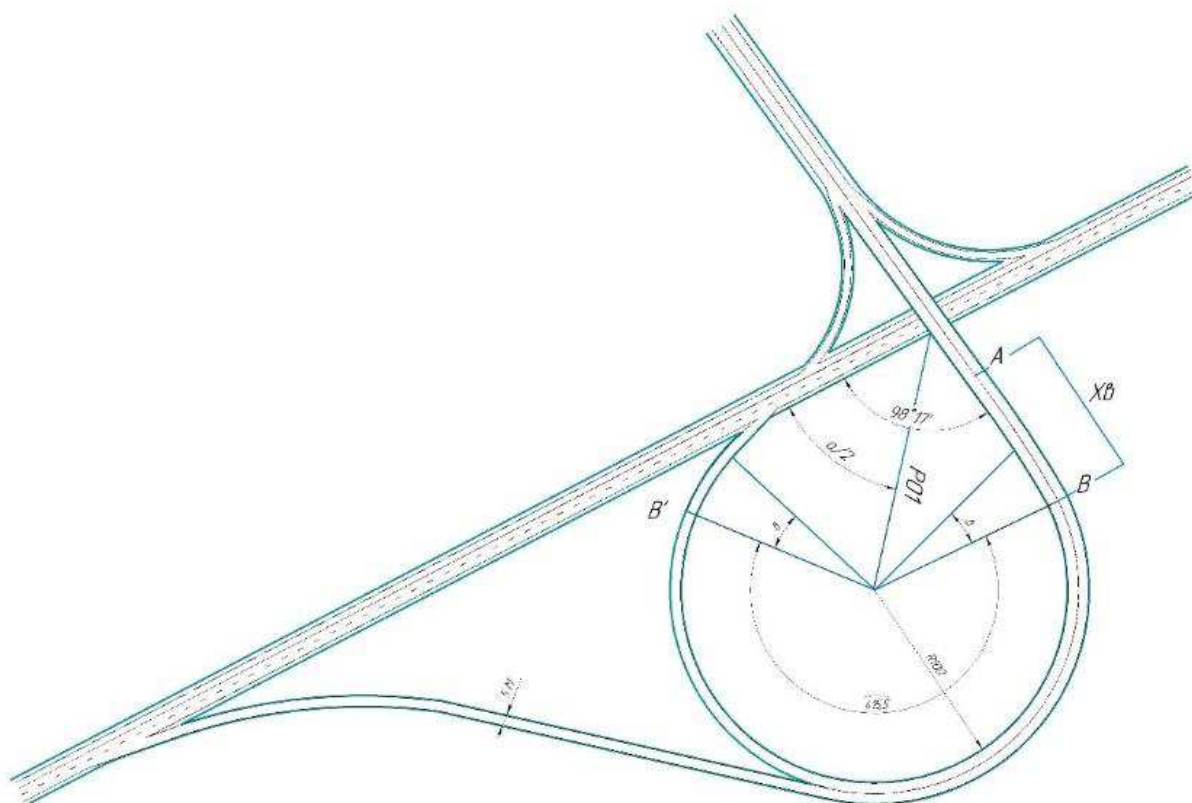


Рисунок 2.9 – Схема развязки по типу “Труба” на участке ФАД Р-257 166 км.

Организацию движения на данной транспортной развязке необходимо произвести с помощью технических средств ОДД.

### 2.3.2 Организация дорожного движения на транспортной развязке участка федеральной трассы Р-257, 166 км

На участке ФАД Р-257 166 км. основным видом ДТП являются попутные столкновения. Стратегией по повышению безопасности дорожного движения и снижения времени задержек ТС будет уменьшение конфликтных точек на участке путем построения развязки типа “Труба” и уширения проезжей части в направлении г. Красноярска.

На рисунке 2.10 представлена схема организации дорожного движения на участке ФАД Р-257 166 км. На данном участке построена развязка по типу “Труба”, а также уширена проезжая часть в направлении города Красноярска, запрещен обгон во всех направлениях.

В таблице 2.8, 2.9 представлена дислокация дорожных знаков и разметки которые были использованы на участке Р-257 166 км.

Дорожные знаки устанавливались в соответствии с ГОСТ Р 52290 – 2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования» [х].

Дорожная разметка наносится в соответствии с ГОСТ Р 51256 – 99 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования» [х].

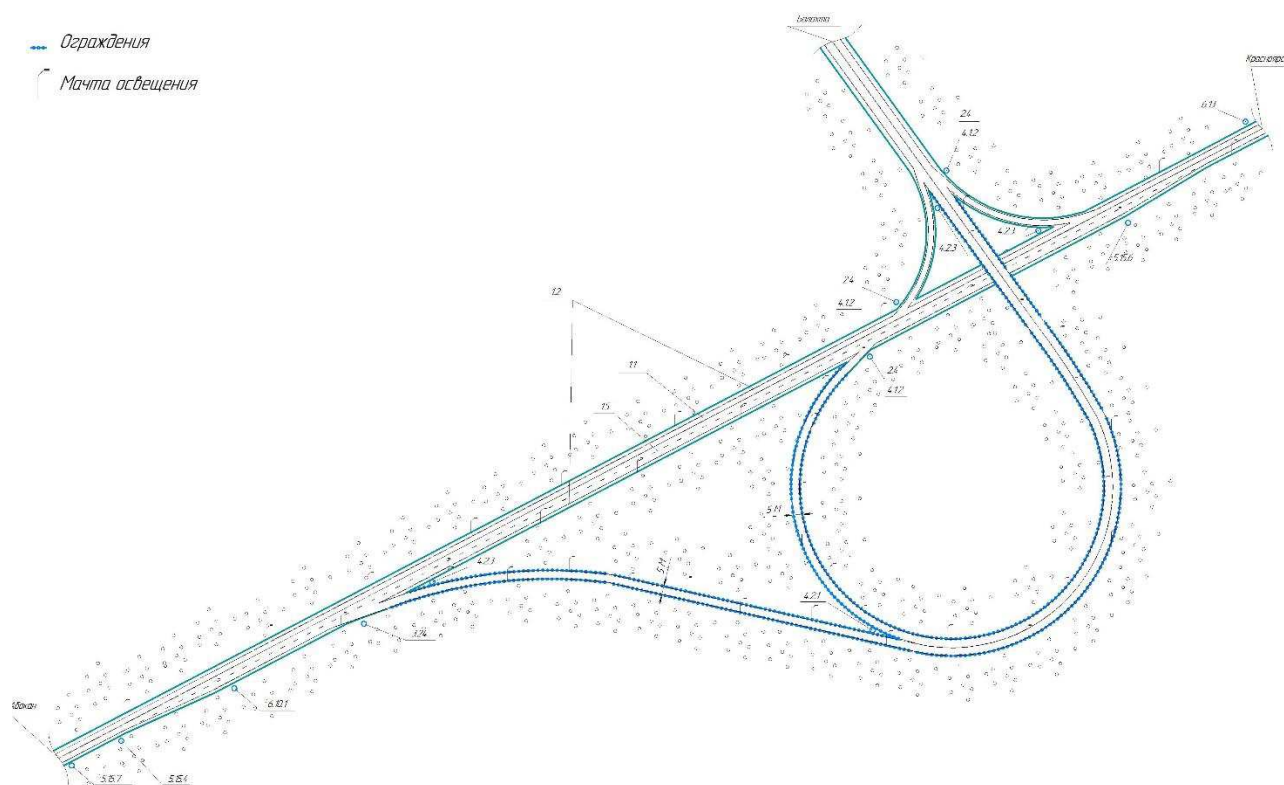


Рисунок 2.10 – Схема проектируемой организации дорожного движения на участке ФАД Р-257, 166 км.

Таблица 2.8 – Дислокация дорожных знаков на участке ФАД Р-257, 166 км.

Номер, обозначение и название знака	Место установки	Количество	Способ установки
 5.15.7	Перед уширением в направлении г. Красноярск	1	На стойке
 5.15.6	Перед полосой отгона по направлению движения в г. Красноярск	1 шт.	На стойке
 5.15.3	Перед уширением в направлении г. Красноярск	1 шт	На стойке
 4.2.3	На въезде на ППО, на правом повороте в сторону Балахты, на съезде с Балахты в сторону Абакана.	3 шт	На стойке
 3.24	На въездах на развязку	2 шт	На стойке
 6.10.1	В конце участка перегона уширения в направлении г. Красноярск	1 шт	На стойке

Окончание таблицы 2.8







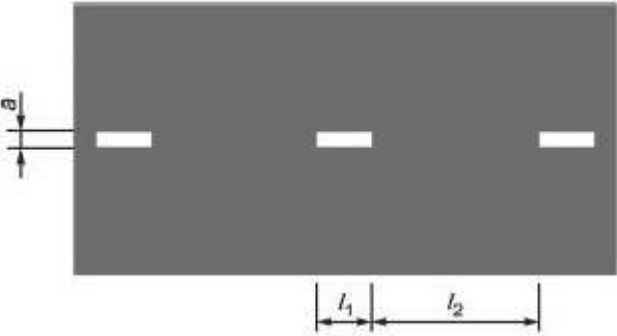
Номер, обозначение и название знака	Место установки	Количество	Способ установки
 6.13	На въезде на участок	1 шт	Стойка
 4.1.2	На съездах с развязки	3 шт	На стойке
 2.4	На съездах с развязки	3 шт	На стойке
 4.2.1	На стыке ЛПО и ППО	1 шт	На стойке

Таблица 2.9 – Дислокация дорожной разметки на участке ФАД Р-257, 166 км.

Номер, обозначение и название знака	Назначение разметки	Место нанесения
 1.1	Разделение транспортных потоков противоположных направлений. Обозначение полос движения.	Разделяет потоки на всей проезжей части.

## Окончание таблицы 2.9

Номер, обозначение и название знака	Назначение разметки	Место нанесения
 <p style="text-align: center;">1.2</p>	<p>Сплошная одионочная линия, расположенная вдоль края проезжей части.</p>	<p>Вдоль края всей проезжей части.</p>
 <p style="text-align: center;">1.5</p>	<p>Прерывистая одионочная линия с соотношением длины штриха к длине разрыва 1:3</p>	<p>Разделяет попутные потоки на участке уширения в направлении г,Красноярска.</p>

Также для повышения уровня БДД данную развязку необходимо оборудовать мачтами освещения для повышения БДД в ночное время суток. Дислокация мачт освещения представлена на рисунке 2.10 и листе 6 графической части.

### 2.4 Проект организации дорожного движения на участке федеральной трассы Р-257 «Енисей, 30 км

Большая часть ДТП произошедших на данном участке имеет случайный характер, но анализ показал, что на участке имеется значительное количество недопустимых нарушений согласно правилам организации движения на объектах придорожного сервиса. Согласно ГОСТ 33062-2014 “Дороги автомобильные общего пользования. Требования к размещению объектов дорожного и придорожного сервиса” допущены следующие нарушения, влияющие на БДД данного участка:

- отсутствуют переходно-скоростные полосы на въездах и выездах с АЗС;

- отсутствует организация одностороннего движения с отдельными въездами и выездами;
- отсутствуют знаки, заранее предупреждающие о наличии объектов сервиса;
- отсутствует освещение, что является необходимым требованием в ночное время суток.

Также могут представлять опасность разрешенные маневры поворота на пересечении через 2 попутных полосы (Рисунок 1.7).

В следствии проведенного анализа существующей дорожно-транспортной обстановки рекомендуется исправить нарушения, имеющиеся на участке. Схема проектируемой ОДД представлена на рисунке 2.10, дислокация дорожных знаков и разметки представлена в таблицах 2.10 и 2.11.

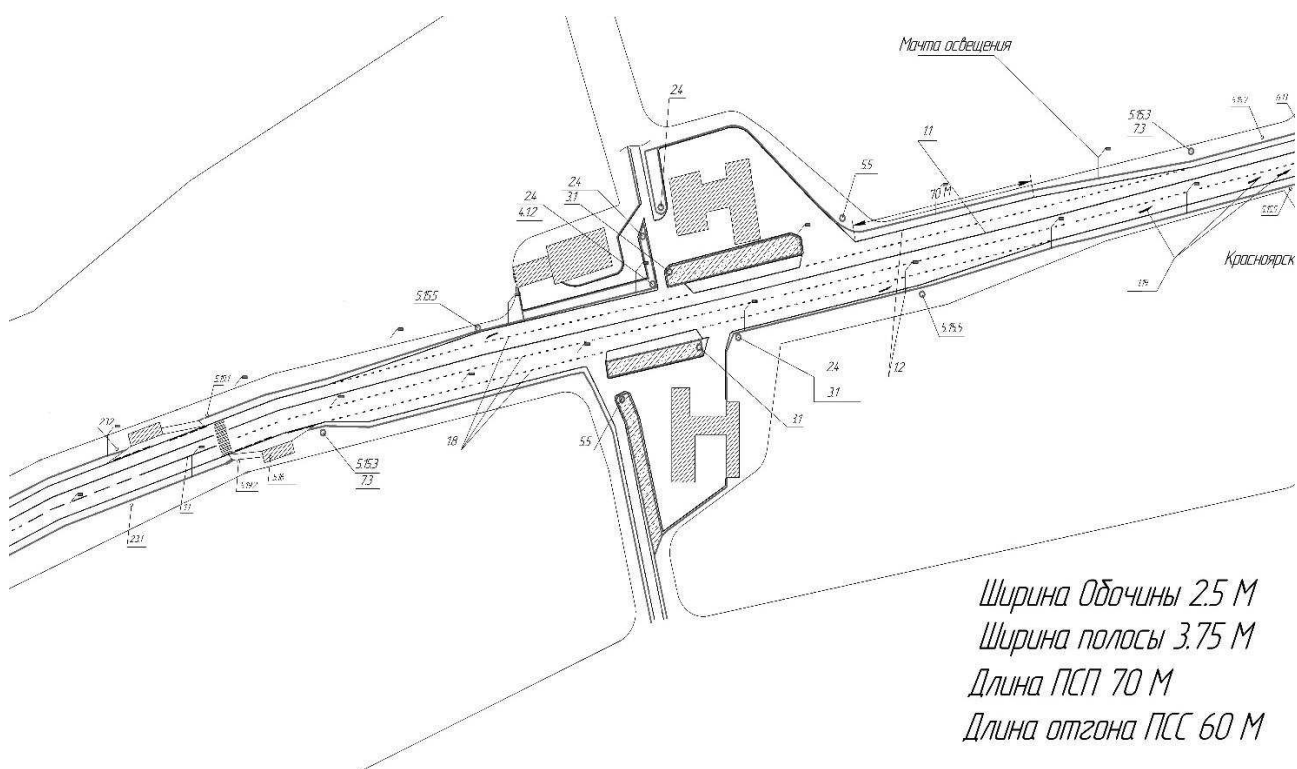




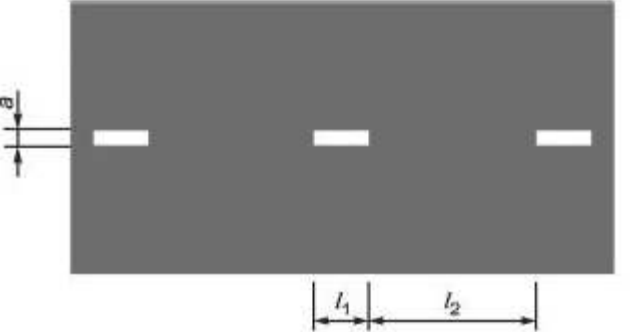
Рисунок 2.10 – Схема проектируемой ОДД на участке ФАД Р-257 30 км

Таблица 2.10 – Дислокация дорожных знаков на участке ФАД Р-257 30 км

Номер, обозначение и название знака	Место установки	Количество	Способ установки
 <p>3.1</p>	На АЗС	2	На стойке
 <p>5.15.6</p>	Перед полосой отгона по направлению движения в г. Красноярск/Дивногорск	2 шт.	На стойке
 <p>5.15.3</p>	Перед уширением в направлении г. Красноярска/Дивногорска	2 шт	На стойке
 <p>2.4</p>	На выездах с объектов сервиса	4 шт	На стойке
 <p>5.5</p>	На въездах на АЗС	2 шт	На стойке
 <p>4.1.2</p>	На выездах на ФАД	2 шт	На стойке



Таблица 2.11 – Дислокация дорожной разметки на участке ФАД Р-257, 166 км.

Номер, обозначение и название знака	Назначение разметки	Место нанесения
 <p style="text-align: center;">1.1</p>	<p>Разделение транспортных потоков противоположных направлений. Обозначение полос движения.</p>	<p>Разделяет встречные транспортные потоки на всей проезжей части.</p>
 <p style="text-align: center;">1.2</p>	<p>Сплошная одиночная линия, расположенная вдоль края проезжей части.</p>	<p>Вдоль края всей проезжей части.</p>
 <p style="text-align: center;">1.5</p>	<p>Прерывистая одиночная линия с соотношением длины штриха к длине разрыва 1:3</p>	<p>Разделяет попутные транспортные потоки</p>

Для повышения БДД необходимо произвести освещение аварийно опасного участка, в связи с этим устанавливается 17 мачт освещения с интервалом 50 м начиная с автобусной остановки по направлению в г. Красноярск.

## 2.5 Оценка эффективности предлагаемых мероприятий по совершенствованию организации и повышению безопасности движения на участке федеральной трассы Р-257 166км

Для оценки эффективности предлагаемых мер на участке трассы Р-257 166 км будет использована программа PTV Vissim, с помощью которой можно

определить изменения средней скорости на участке и времени задержек на пересечении.

Для проведения сравнения и были построены модели существующей схемы ОДД и проектируемой (Рисунок 2.11 и 2.12)

Входными данными модели являются скорость ТС на участке, интенсивность транспортных потоков по направлениям, геометрические параметры участка и ОДД участка.



Рисунок 2.11 – Общий вид модели существующей ОДД



Рисунок 2.12– Общий вид модели проектируемой ОДД

Далее, с помощью стандартных функций программы был выполнен анализ участка по параметрам средней скорости движения и относительным транспортным задержкам, их цветовая индикация представлена на рисунке 2.13.

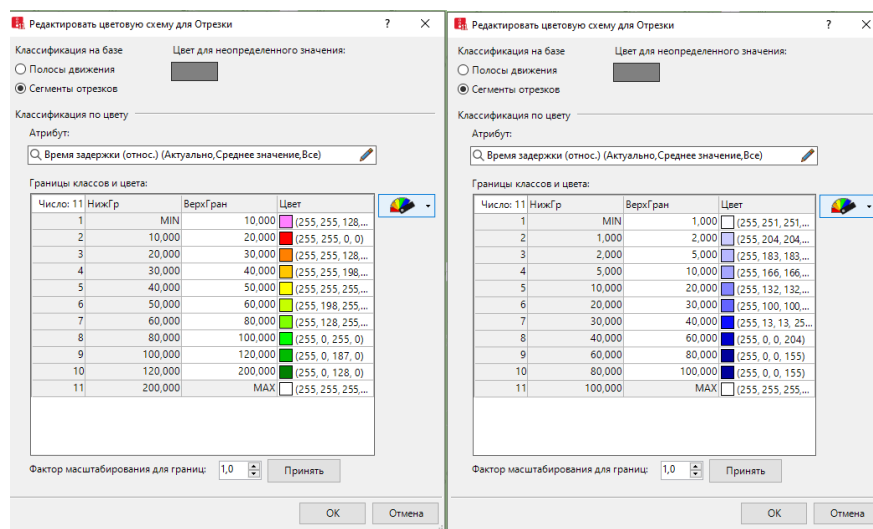


Рисунок 2.13 – Цветовая индикация анализируемых параметров

Далее для существующего и проектируемых участков были построены цветовые схемы с помощью которых можно визуальнo сравнить эффективность принятых мер.

На рисунках 2.14 и 2.15 представлены цветовые схемы для существующей ОДД.

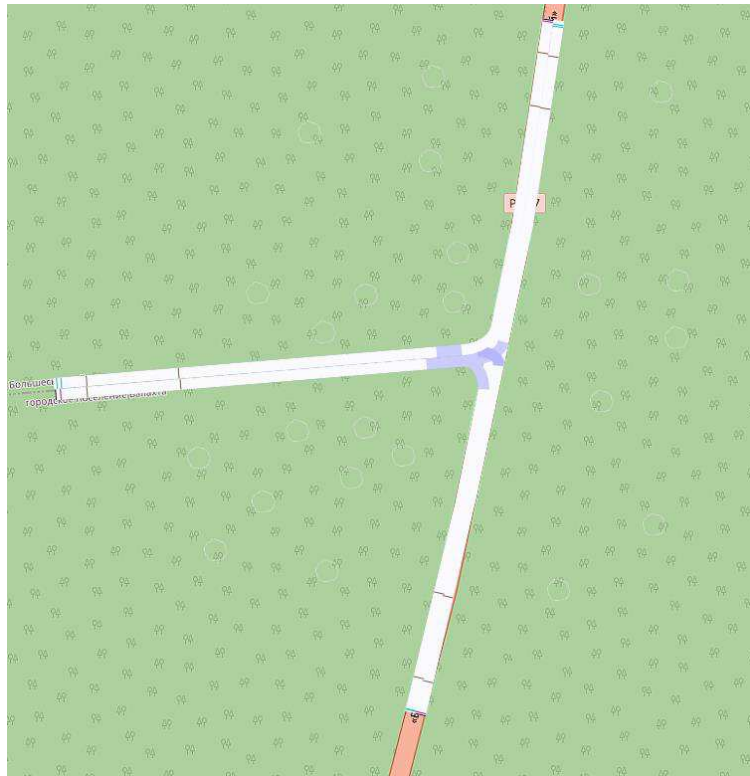


Рисунок 2.14 – Цветовая индикация транспортных задержек существующий ОДД

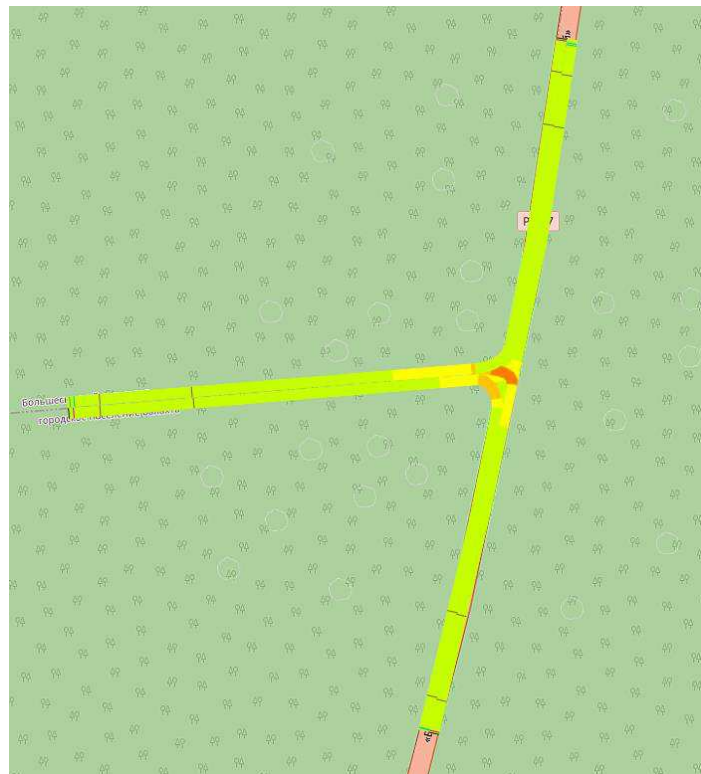


Рисунок 2.15 – Цветовая индикация средней скорости существующий ОДД

На рисунках 2.16 и 2.17 представлены цветовые схемы для проектируемой ОДД.

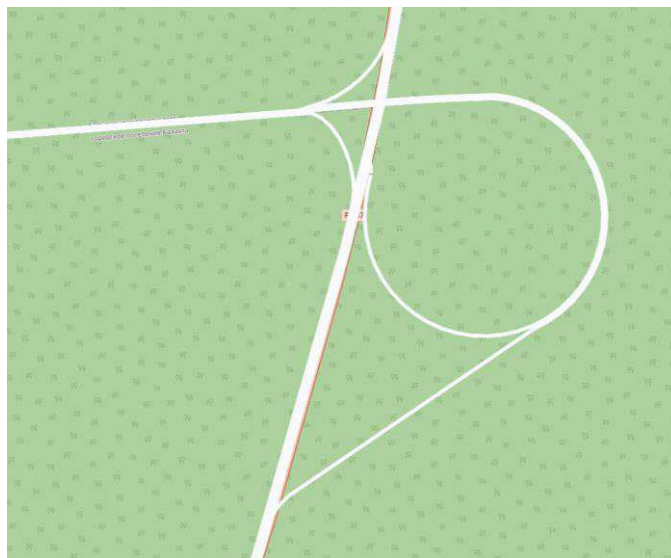


Рисунок 2.16 – Цветовая индикация транспортных задержек проектируемой ОДД

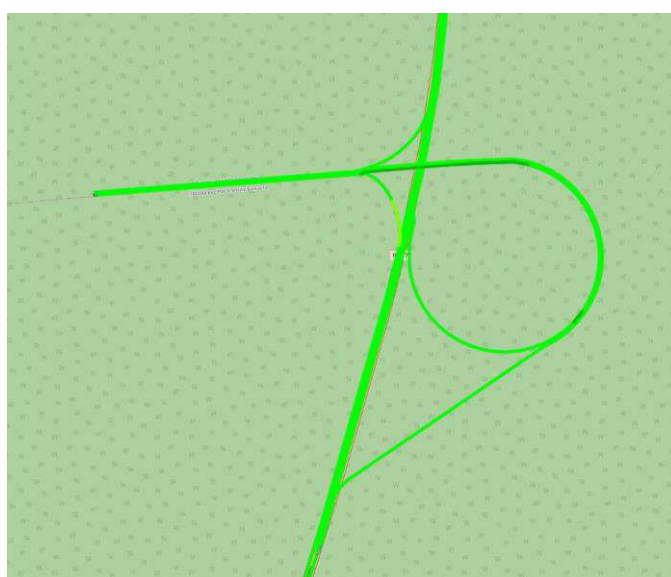


Рисунок 2.17 – Цветовая индикация средней скорости проектируемой ОДД

Сравнивая рисунки 2.14, 2.15 и 2.16, 2.17 можно сделать вывод, что на проектируемой развязке полностью исчезли транспортные задержки, а также средняя скорость на протяжении всего участка дороги приблизительно равна 90 км/ч. Такой эффект повысит БДД на участке а также делает его более комфортным для передвижения.

### 3 Экономическая часть

#### 3.1 Определение экономической эффективности мероприятий по повышению безопасности дорожного движения на федеральной трассе Р-257

Показатели экономической эффективности мероприятий характеризуют целесообразность затрат, направленных на снижение аварийности. Эффективность определяется сопоставлением ожидаемого эффекта по повышению безопасности движения на перспективу ближайших лет, и затрат на реализацию предложенных мероприятий. В соответствии с методикой оценки «РОСАВТОДОРА» основной эффект в стоимостном выражении, ожидаемый на рассматриваемом участке концентрации ДТП от снижения в год  $t$  числа ДТП с пострадавшими после реализации мероприятий по повышению безопасности движения, рассчитывают по формуле:[8]

$$\Delta \mathcal{E}_t = (C_{\text{ДТП}}^{\text{постр}} \cdot \Delta n_{mt}) a_t, \quad (3.1)$$

где  $a_t$  – коэффициент дисконтирования приведения разновременных затрат (рассчитывается по формуле 3.2);

$$a_t = \frac{1}{(1+E_H)^{tp-t}}, \quad (3.2)$$

где  $tp$  – номер года, к которому приводятся все затраты и выгоды (год пуска объекта в эксплуатацию);

$t$  – номер текущего года;

$E_H$  – реальная ставка рефинансирования;

$C_{\text{ДТП}}^{\text{постр}}$  – потери от одного ДТП с пострадавшими, млн руб.

$$a_t = \frac{1}{(1+0,075)^{21-20}} = 0,93$$

$\Delta n_{mt}$  – снижение количества ДТП в год, прогнозируемое на рассматриваемом участке концентрации ДТП, вычисляют по формуле 3.3:

$$\Delta n_{mt} = \gamma_t^{\text{до}} \cdot P_m, \quad (3.3)$$

где  $\gamma_t^{до}$  – прогнозируемое число ДТП на участке автомобильной дороги километровой длины в год в случае отсутствия мероприятий по повышению БДД

$P_m$  – ожидаемая средняя вероятность снижения количества ДТП в течении срока службы данного мероприятия. Коэффициенты  $P_m$  для каждого предложенного мероприятия представлены в таблице 3.1 мероприятия.

Таблица 3.1 – Коэффициент снижения доли ДТП от предлагаемых мероприятий

Мероприятия по повышению БДД	Коэффициент снижения доли ДТП $P_m$ , в долях единицы	
	Общее число ДТП	ДТП с пострадавшими
Строительство пересечения в разных уровнях для левого поворота	0,96	0,4
Уширение проезжей части (увеличение полос движения) на пересечениях автомобильной дороги	0,2	0,15
Устройство обочин в зоне пересечения	0,13	0,1
Устройство краевой разметки	0,2	0,27
Установка дорожных знаков	0,26	0,41
Установка ограждений барьерного типа	0,17	0,22

Для достоверности оценки эффективности планируемых мероприятий необходимо спрогнозировать изменение показателей аварийности в сложившихся дорожных условиях при невыполнение предложенных мероприятий. В соответствии с методикой оценки необходимо рассчитать интенсивность с долгосрочной перспективой. Уравнение сложных процентов, как правило, применяют при прогнозировании интенсивности движения за период 10 лет.

$$N_t = N_0 \left(1 + \frac{P}{100}\right)^{t-1}, \quad (3.3)$$

где  $N_0$  – годовая среднесуточная интенсивность движения;

$P$  – средние темпы роста интенсивности в год, 3%;

$t$  – порядковый номер года, на который прогнозируется  $N_t$ .

$$N_{t(30км)} = 23961 \left(1 + \frac{3}{100}\right)^{29-1} = 56465 \text{ авт/сут.}$$

$$N_{t(123\text{км})} = 11584 \left(1 + \frac{3}{100}\right)^{29-1} = 27298 \text{ авт/сут.}$$

$$N_{t(166\text{км})} = 12473 \left(1 + \frac{3}{100}\right)^{29-1} = 29393 \text{ авт/сут.}$$

Согласно результатам исследований ФГУП «РОСДОРНИИ», расчет ожидаемого числа ДТП на участке километровой длины в год  $t$  при отсутствии мер по повышению Безопасности дорожного движения, можно осуществить на основе оценки величины прогнозируемой интенсивности движения.

Вне населенных пунктах, многополосные автомобильные дороги имеют степенную функцию распределения, зависимости плотности ДТП от интенсивности движения.

$$\gamma_t = 0,0003 N_t^{0,8801}, \quad (3.4)$$

где:  $\gamma_t$  – прогнозируемое в год  $t$  на километровом участке дороге среднее значение плотности ДТП, шт. на 1км/год.

$$\gamma_{t(30\text{км})} = 0,0003 \cdot 56465^{0,8801} = 4,56 \text{ ДТП, шт. на 1км/год}$$

$$\gamma_{t(123\text{км})} = 0,0003 \cdot 27298^{0,8801} = 2,4 \text{ ДТП, шт. на 1км/год}$$

$$\gamma_{t(166\text{км})} = 0,0003 \cdot 29393^{0,8801} = 2,5 \text{ ДТП, шт. на 1км/год}$$

Полученные данные подставим в формулу 3.3.

$$\Delta n_{mt(30\text{км})} = 4,56 \cdot 0,15 \cdot 0,1 \cdot 0,41 = 0,028 \text{ ДТП, шт. на 1км/год}$$

$$\Delta n_{mt(123\text{км})} = 2,4 \cdot 0,1 \cdot 0,41 \cdot 0,22 = 0,021 \text{ ДТП, шт. на 1км/год.}$$

$$\Delta n_{mt(166\text{км})} = 2,56 \cdot 0,4 \cdot 0,15 \cdot 0,41 \cdot 0,22 = 0,013 \text{ ДТП, шт. на 1км/год.}$$

Для приближенных расчетов допускается в соответствии с методикой использовать усредненные оценки величины ущерба от одного ДТП. Для ДТП с пострадавшими, совершенное на дорогах вне городов и населенных пунктах, ущерб на состояние 2018 года равен 8,19 млн рублей [8].

Ущерб от ДТП если внедрить предлагаемые мероприятия:



$$\Delta \mathcal{E}_{t(30\text{км})} = (8190000 \cdot 0,028)0,93 = 213702 \text{ р./год.}$$

$$\Delta \mathcal{E}_{t(123\text{км})} = (8190000 \cdot 0,021)0,93 = 165325 \text{ р./год.}$$

$$\Delta \mathcal{E}_{t(166\text{км})} = (8190000 \cdot 0,013)0,93 = 105865 \text{ р./год.}$$

Ущерб от ДТП при невыполнении предложенных мероприятий:

$$\Delta \mathcal{E}_{t(30\text{км})} = (8190000 \cdot 4,56)0,93 = 34748303 \text{ р./год.}$$

$$\Delta \mathcal{E}_{t(123\text{км})} = (8190000 \cdot 2,4)0,93 = 18328766 \text{ р./год.}$$

$$\Delta \mathcal{E}_{t(166\text{км})} = (8190000 \cdot 2,56)0,93 = 19561192 \text{ р./год.}$$

Для срока окупаемости мероприятий выбран срок 10 лет за это время  $\Delta \mathcal{E}_t$  при выполнении мероприятий равен 4848927 р. А при невыполнении, необходимо произвести расчет перспективной интенсивности меняя показатель функции с 20 до 30 (номер года),  $\Delta \mathcal{E}_t = 726382609$  рублей. Разница в ущербе ДТП равна 721533682 рублей.

Данные результаты говорят о существенном влиянии мер, принятых по повышению БДД.

Далее составляем смету на предлагаемые мероприятия.

Для расчетов стоимости инженерного и технического оборудования представим расценки на необходимые дорожные знаки, разметку и другое инженерное оборудование в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Расценки на необходимое инженерное и техническое оборудования

Вид технического средства	Наименование	Цена, руб.	Количество	Стоимость, руб.
Дорожные знаки	Дорожный знак	1396 шт.	30	13960
	Информационный щит	5820 шт.	1	5820
	Стойка	499 шт.	31	15469
	Крепление	132 шт.	31	4092
	Установка дорожного знака на стойке с бетонированием	13455	31	417105
Дорожная разметка	Нанесение разметки (одна полоса)	154 (за 1 м)	1,8 км	277200

Барьерное ограждение	Металлическое ограждение барьерного типа	3272 (за 1 м)	500 м	1636000
	Установка барьерного ограждения	120000 (L < 200 м)	-	120000
Камера автоматической фиксации нарушений ПДД	Призма	1200000 шт.	1	1200000

По данным расчетов произведенных Минтрансом России, средняя стоимость строительства 1 км 1 полосы движения составляет 18,8 млн. рублей, реконструкции 29,6 млн. рублей. Предлагаемое уширение дороги на одну полосу длиной 1260 м., в таком случае стоимость равна 23,68 млн. рублей [17].

В презентационном материале о мероприятиях проводимых «РОСАВТОДОРОМ» по оптимизации расходов для объектов капитального строительства, производился расчет усредненной стоимости транспортных развязок по типу «неполный клеверный лист», соотносительная стоимость предлагаемых работ в ВКР по строительству ЛПО на федеральной трассе Р-257 равна 200 млн. рублей.

Рассчитаем общие расходы на предлагаемые мероприятия по формуле:

$$P_{\text{общ}} = (P_{\text{дз}} + P_{\text{др}} + P_{\text{бо}} + P_{\text{кам}} + P_{\text{лпо}} + P_{\text{уд}})K_{\text{пр}}, \quad (3.4)$$

где  $P_{\text{дз}}$  – расходы на дорожные знаки и их установку;

$P_{\text{др}}$  – расходы на дорожную разметку и ее нанесение;

$P_{\text{бо}}$  – расходы на барьерное ограждение с установкой;

$P_{\text{кам}}$  – стоимость камеры автоматической фиксации нарушений ПДД;

$P_{\text{лпо}}$  – расходы на строительство ЛПО;

$P_{\text{уд}}$  – расходы на реконструкцию проезжей части на участках федеральной трассы Р-257 1260 м;

$K_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий прочие расходы, связанные с организацией движения, принимается 1,1.

$$P_{\text{общ}} = (478546 + 277200 + 1756000 + 1200000 + 200000000 + 23688000) \cdot 1,1 = 227399746 \text{ руб.}$$

Экономический эффект определяется с учетом затрат на предлагаемые мероприятия и возможного ущерба от ДТП в сложившихся условиях при невыполнении мероприятий по повышению БДД.

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = 721533682 - 227399746 = 494133936 \text{ руб.}$$

Полученные результаты говорят о целесообразности вложений в проект, так как ущерб от ДТП превышает стоимость мероприятий по повышению БДД на 494133936.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе в соответствии с заданием, были разработаны мероприятия по повышению безопасности движения на федеральной автомобильной дороге Р-257 “Енисей”

Актуальность выбранной темы подтверждается высоким количеством ДТП и тяжестью последствий на участках ФАД Р-257. По результатам проведенного анализа аварийности были выявлены, основные виды ДТП и их количество, а также что коэффициент тяжести последствий на междугородных трассах выше, чем в городе.

Для повышения БДД на ФАД Р-257 был выбран метод устранения мест концентрации ДТП, при помощи методики были выявлены наиболее опасные для движения участки трассы (30,123 и 166 км) и проанализированы причины возникновения ДТП на них. Каждый из выбранных участков был проанализирован по каждому из компонентов системы ВАДС, что дало представление о влиянии каждого из факторов на механизм ДТП.

В следствии разработан ряд мер для повышения БДД на выбранных участках.

Для участка Р-257 30 км были даны рекомендации по реорганизации дорожного движения на объектах придорожного сервиса, а также реконструкция проезжей части путем ее уширения для построения переходно скоростных полос.

Для участка Р-257 123 км согласно анализу, существующей дорожно-транспортной обстановки выявленными причинами ДТП и высокой тяжести последствий являются превышение скорости водителем, а также недопустимый размер радиуса кривой на повороте. В следствии мерами по повышению БДД были выбраны установка автоматизированной системы видеофиксации ДТП, увеличение радиуса кривой, а также установка ограждений для снижения тяжести последствий.

На участке Р-257 166 км предложен проект двухуровневой развязки, что позволило ликвидировать конфликтные точки на данном участке, а также обеспечить безопасное движение без задержек. Оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению безопасности движения на транспортной развязке произведена с помощью программы PTV Vissim.

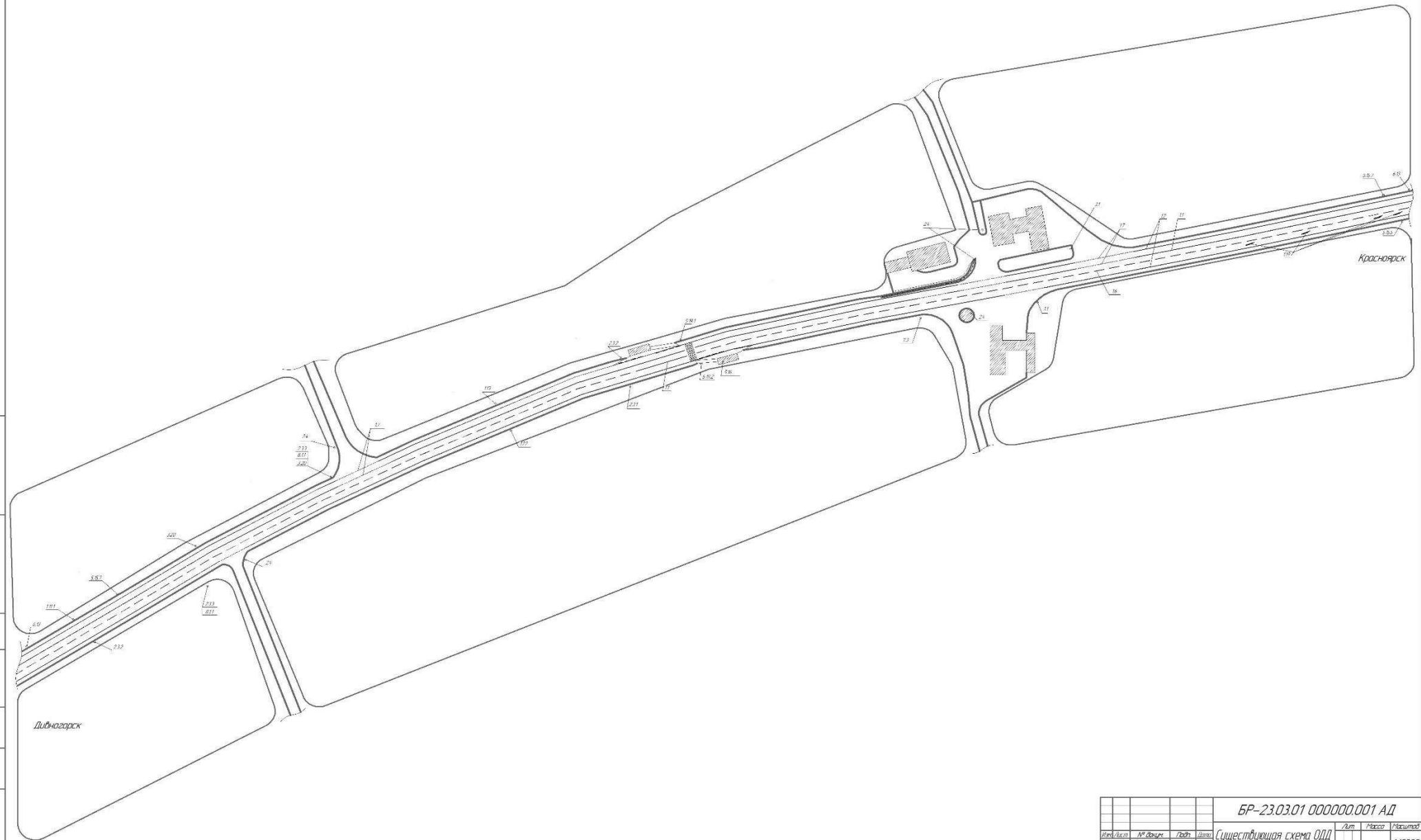
Экономический эффект, полученный от предложенных мероприятий по повышению безопасности дорожного движения подтвержден расчетами и составил 494133936 рублей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 [Электронный ресурс]: Wikipedia. Енисей (Автодорога) – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Енисей\\_\(автодорога\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Енисей_(автодорога));
- 2 [Электронный ресурс]: Росавтодор. ФКУ УПРДО – Режим доступа: <http://www.fuad-baikal.ru/index.php/dorozhnyj-servis-i-reklama/informatsiya-ob-ob-ektakh-dorozhnogo-servisa/m-54>;
- 3 [Электронный ресурс]: Zakonbase. Законодательная база Российской Федерации – Режим доступа: <https://zakonbase.ru/content/part/411083>;
- 4 ГИБДД [Электронный ресурс]: Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru>;
- 5 Методы анализа аварийности в местах концентрации ДТП [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/4313874/page:5/>;
- 6 Влияние элементов системы водитель – автомобиль – дорога – среда и безопасность дорожного движения / И.С.Степанов, Ю.Ю.Покровский, В.В.Ломакин, Ю.Г. Москалева. - М.: 2011. - 171 стр.
- 7 Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Пути сообщения и технологические сооружения» проект транспортной развязки (по типу «полный клеверный лист») Красноярск, СФУ - 102 с.;
- 8 СТО 4.2–07–2014. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Введ. 30.12.2013. – Красноярск: ИПК СФУ, 2013. – 60 с.
- 9 ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств.
- 10 ГОСТ Р 51256–99 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования. Введ. 30.03.1999. – Москва: Госстандарт, 1979. – 22с.
- 11 ГОСТ Р 52290 – 2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования». Введ. 30.03.1999. – Москва: Госстандарт, 1979. – 24 с.
- 12 ГОСТ 26804-2012 «Ограждения дорожные металлические барьерного типа. Технические условия» – Москва: Госстандарт, 2013. – 31 с.

**Приложение А**  
**Листы графической части**

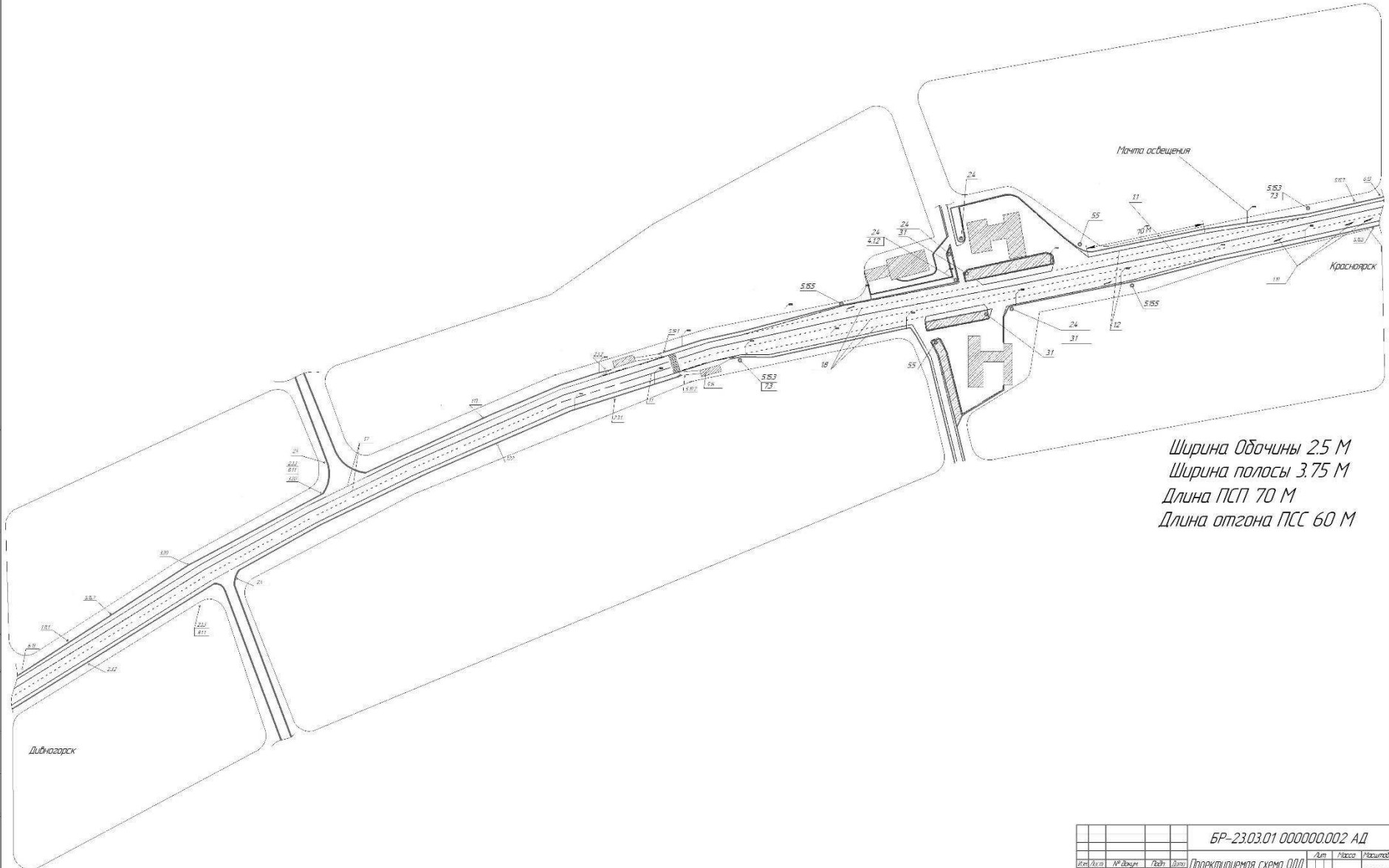
БР-23.03.01 000000.001 АД



Лист № 001  
 Лист № 002  
 Лист № 003  
 Лист № 004  
 Лист № 005  
 Лист № 006  
 Лист № 007  
 Лист № 008  
 Лист № 009  
 Лист № 010  
 Лист № 011  
 Лист № 012  
 Лист № 013  
 Лист № 014  
 Лист № 015  
 Лист № 016  
 Лист № 017  
 Лист № 018  
 Лист № 019  
 Лист № 020  
 Лист № 021  
 Лист № 022  
 Лист № 023  
 Лист № 024  
 Лист № 025  
 Лист № 026  
 Лист № 027  
 Лист № 028  
 Лист № 029  
 Лист № 030  
 Лист № 031  
 Лист № 032  
 Лист № 033  
 Лист № 034  
 Лист № 035  
 Лист № 036  
 Лист № 037  
 Лист № 038  
 Лист № 039  
 Лист № 040  
 Лист № 041  
 Лист № 042  
 Лист № 043  
 Лист № 044  
 Лист № 045  
 Лист № 046  
 Лист № 047  
 Лист № 048  
 Лист № 049  
 Лист № 050  
 Лист № 051  
 Лист № 052  
 Лист № 053  
 Лист № 054  
 Лист № 055  
 Лист № 056  
 Лист № 057  
 Лист № 058  
 Лист № 059  
 Лист № 060  
 Лист № 061  
 Лист № 062  
 Лист № 063  
 Лист № 064  
 Лист № 065  
 Лист № 066  
 Лист № 067  
 Лист № 068  
 Лист № 069  
 Лист № 070  
 Лист № 071  
 Лист № 072  
 Лист № 073  
 Лист № 074  
 Лист № 075  
 Лист № 076  
 Лист № 077  
 Лист № 078  
 Лист № 079  
 Лист № 080  
 Лист № 081  
 Лист № 082  
 Лист № 083  
 Лист № 084  
 Лист № 085  
 Лист № 086  
 Лист № 087  
 Лист № 088  
 Лист № 089  
 Лист № 090  
 Лист № 091  
 Лист № 092  
 Лист № 093  
 Лист № 094  
 Лист № 095  
 Лист № 096  
 Лист № 097  
 Лист № 098  
 Лист № 099  
 Лист № 100

				БР-23.03.01 000000.001 АД		Лист	Масштаб	Масштаб
Исполн	М. Долгушин	Лист	Итого	Существующая схема ОДД		Лист	Масштаб	Масштаб
Разработ	Долгушин А.В.			на участке ФАД Р-257.30 км		Лист	Масштаб	Масштаб
Проект	Колесников Е.А.					Лист	Масштаб	Масштаб
Главинженер						Лист	Масштаб	Масштаб
Начальник	Колесников Е.А.					Транспорт		
Инженер	Евдокимов Е.С.					Инженер		АТ

БР-23.03.01.000000.002 АД



Ширина Обочины 2.5 М  
 Ширина полосы 3.75 М  
 Длина ПСП 70 М  
 Длина отгона ПСС 60 М

Лист 1 из 1  
 Дата 12.08.2023  
 Проект 1:000000  
 Проект 1:000000  
 Проект 1:000000  
 Проект 1:000000

БР-23.03.01.000000.002 АД				Лист	№	Итого
Исполнитель	М.Р. Давыдов	Гендир.	Давыдов	1	1	1
Автор	Давыдов М.Р.	Проектант	Давыдов	1	1	1
Проверен	Коробейников А.А.	Инженер	Коробейников	1	1	1
Исполнитель	Коробейников А.А.	Инженер	Коробейников	1	1	1
Исполнитель	Коробейников А.А.	Инженер	Коробейников	1	1	1

Проектируемая схема ООД  
 на участке ФАД Р-257 30 км

Транспорт

Красноярск

Формат А1



БР-23.03.01.000000.003 АД

112.2  
3.20  
3.24

6.13  
Радар

134.2  
5.15.7  
5.15.5

134.1

11

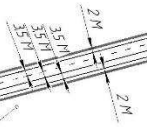
12

15

114

134.2

134.1



6.13

5.15.7

5.15.4

134.2

Шкала 1:500  
Шкала 1:500  
Шкала 1:500  
Шкала 1:500  
Шкала 1:500  
Шкала 1:500  
Шкала 1:500  
Шкала 1:500  
Шкала 1:500  
Шкала 1:500

				БР-23.03.01.000000.003 АД			Лист	Номер	Масштаб
Исполнитель	М.Р. Давыдов	Контр.	Давыдов	Существующая схема ООД			7	170000	
Проектировщик	Александр А.В.				на участке ФАД Р-257 123 км			Листов	7
Инженер	Александр А.В.							Транспорт	
Строитель	Александр А.В.							Страница 11	

БР-23.03.01.000000.004 АД

1.12.2  
3.20  
3.24

Красноярск

6.13  
Радар

1.34.2  
5.15.7

5.15.5

Радиус 200м

Ограждение 250м

1.34.1

1.1

1.2

1.5

1.14

1.34.2

1.34.1

0.5 м

0.5 м

Радиус 200 м

Ограждение 250м

6.13

5.15.7

5.15.4

1.34.2

Абакан



Лесные насаждения



Ограждения

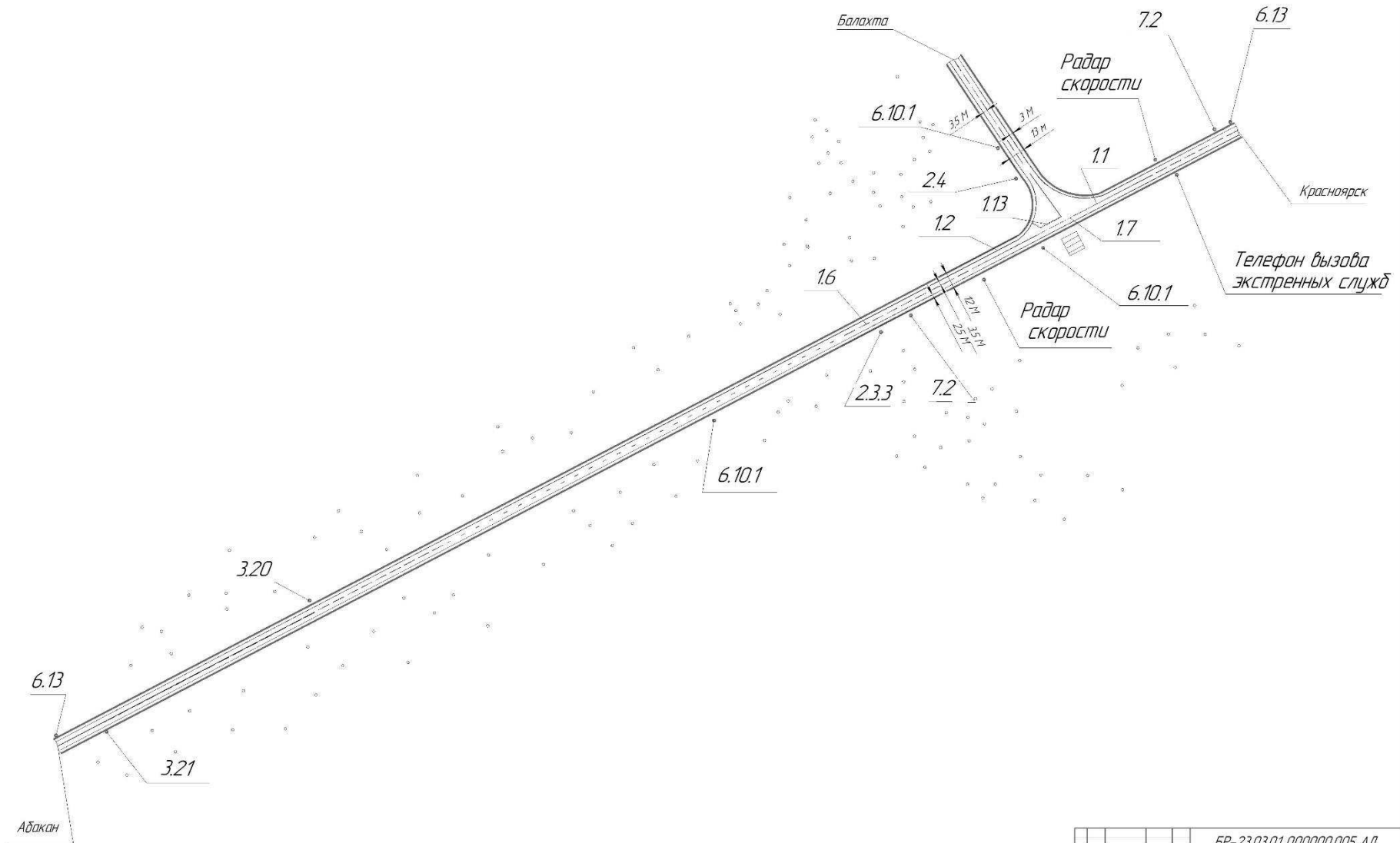


Автоматизированная система фиксации нарушений ПДД на солнечной батарее

Лист 1 из 7  
Лист 2 из 7  
Лист 3 из 7  
Лист 4 из 7  
Лист 5 из 7  
Лист 6 из 7  
Лист 7 из 7

				БР-23.03.01.000000.004 АД		
Исполнитель	И.П. Давыдов	Главный	Давыдов	Лист	Номер	Масштаб
Проектировщик	Александр А.С.					1:100000
Город	Красноярск	Б.А.		Лист	Листов	7
Наименование	Красноярск	Б.А.		Транспорт		
Исполнитель	Александр А.С.	Березовский	Е.С.	Красноярск		
				Страница 11		

БР-23.03.01.000000.005 АД



Лист 1 из 1  
 Дата: 14.08.2014  
 Проектировщик: [blank]  
 Проверщик: [blank]  
 Инженер: [blank]

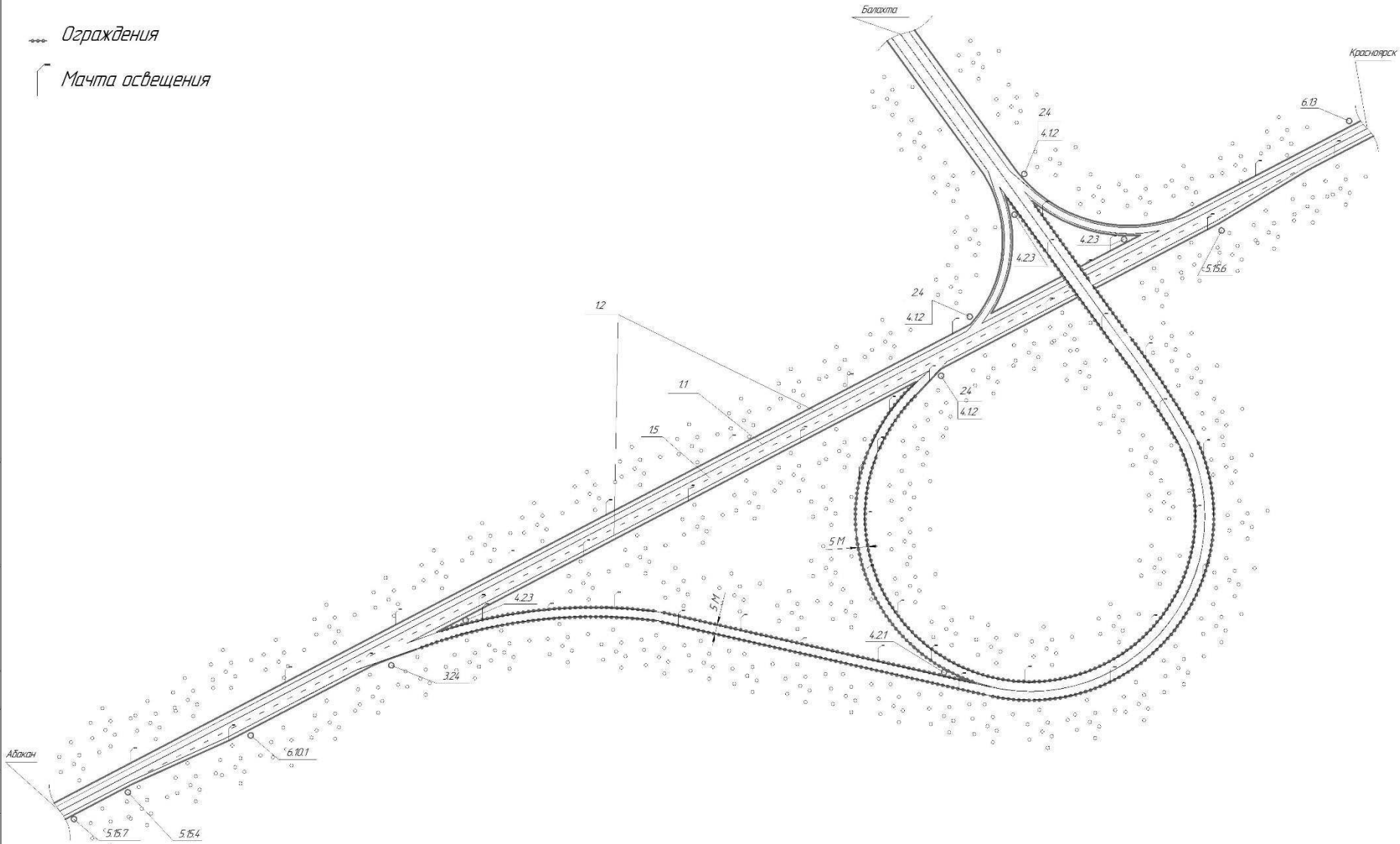
БР-23.03.01.000000.005 АД				Лист	№	Из всего
Исполнитель	И.П. Давыдов	Город	Абакан	№	16600	№
Проект	Красноярск Б.А.	Участок	ФАП Р-257 166 км	Лист	7	Листов
Исполнитель	Красноярск Б.А.	Объект	Транспорт			
Дата	14.08.2014	Страна	Россия			

Корректировка: [blank]      Страница: 11

БР-23.03.01.000000.006 АД

--- Ограждения

┌ Мачта освещения



Лист 1 из 7

Лист 2 из 7

Лист 3 из 7

БР-23.03.01.000000.006 АД				Лист	№	Масштаб
Исполнитель	М.Р. Давыдов	Город	Абакан	Лист	№	Масштаб
Проектировщик	А.В. Давыдов	Город	Абакан	Лист	№	Масштаб
Город	Абакан	Город	Абакан	Лист	№	Масштаб
Город	Абакан	Город	Абакан	Лист	№	Масштаб
Исполнитель	А.В. Давыдов	Город	Абакан	Лист	№	Масштаб
Исполнитель	А.В. Давыдов	Город	Абакан	Лист	№	Масштаб

Проектируемая схема ООД  
на участке ФАД Р-257 166 км

Транспорт

Красноярск

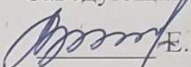
**Приложение Б**  
**Презентационный материал**



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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Е.С. Воеводин

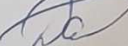
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.01 – Технология транспортных процессов

«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЕ  
БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА УЧАСТКАХ ФЕДЕРАЛЬНОЙ  
ДОРОГИ Р257 (В ПРЕДЕЛАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ)»

Руководитель  доцент, канд. техн. наук В.А. Ковалев

Выпускник  20.06.2020 А. В. Долгий

Консультант  20.06.2020 ст. преподаватель Н.В. Шадрин

Красноярск 2020