

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Е.С. Воеводин
«__» _____ 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Оценка влияния неравномерности транспортного потока на безопасность
дорожного движения

23.04.01 «Технология транспортных процессов»

23.04.01.02 «Оценка соответствия и экспертиза безопасности на транспорте»

Научный руководитель	_____	доцент, к.т.н.	А.С. Кашура
	подпись, дата		
Выпускник	_____		Д.С. Филинкова
	подпись, дата		
Рецензент	_____	доцент, к.т.н.	В.А. Зеер
	подпись, дата		

Красноярск 2021

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Е.С. Воеводин

«___» _____ 202__ г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

Студенту Филинковой Дарье Сергеевне

Группа ФТ19-06М Направление (специальность) 23.03.01.02 – «Оценка соответствия и экспертиза безопасности на транспорте»

Тема выпускной квалификационной работы «Оценка влияния неравномерности транспортного потока на безопасность дорожного движения»

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР А.С. Кашура, доцент, кандидат технических наук, кафедры «Транспорт»

Перечень разделов ВКР

- 1 Анализ и оценка безопасности дорожного движения;
- 2 Методологические основы повышения безопасности дорожного движения путем обеспечения надежности системы «ВАДС»;
- 3 Методики проведения эксперимента и обработки данных;
- 4 Мероприятия, направленные на повышение безопасности дорожного движения.

Перечень графического материала

Приложение ____ «Презентационный материал» - ____ страниц

Руководитель ВКР

А.С. Кашура

Задание принял к исполнению

Д.С. Филинкова

« _____ » _____ 20__ г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа в форме магистерской диссертации по теме «Оценка влияния неравномерности транспортного потока на безопасность дорожного движения» содержит 89 страниц текстового документа, 5 приложений, 31 использованный источник.

ДОРОЖНО–ТРАНСПОРТНОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ, КОЭФФИЦИЕНТ НЕРАВНОМЕРНОСТИ, СИСТЕМА «ВОДИТЕЛЬ–АВТОМОБИЛЬ–ДОРОГА–СРЕДА», ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДТП, СОСТАВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА.

Цель данной выпускной квалификационной работы является оценка влияния неравномерности транспортного потока на безопасность дорожного движения.

Вследствие проведенной работы были решены следующие задачи:

- проведен анализ аварийности на дорогах федерального значения Красноярского края;
- осуществлен анализ статистики дорожно-транспортных происшествий с участием габаритных транспортных средств;
- проведен обзор и анализ существующих методов оценки безопасности дорожного движения;
- сформулировано предложение по совершенствованию методов оценки БДД;
- выполнен эксперимент по исследованию аварийности на аварийно-опасных участках на основе разработанного метода;
- предложен комплекс решений по повышению БДД.

Результатом проведенной работы является усовершенствование существующей методики оценки безопасности дорожного движения на аварийно-опасных участках.

Усовершенствованная методика прогнозирования ДТП, при оценке неравномерности состава транспортного потока и состояния дорожно-транспортного полотна, может использоваться в качестве одного из показателей необходимости применения мероприятий по снижению аварийности, а также в качестве организационно-технического мероприятия по снижению аварийности на междугородной дорожной сети.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Анализ и оценка безопасности дорожного движения	5
1.1. Краткая характеристика федеральных дорог Красноярского края	5
1.2 Анализ дорожно-транспортных происшествий на федеральных дорогах Красноярского края.....	7
1.3 Анализ аварийно-опасных участков на федеральных дорогах Красноярского края.....	14
1.3.1 Анализ аварийности на федеральной дороге Р255 с участием грузового транспорта	16
1.4 Выводы по главе 1	18
2 Методологические основы повышения безопасности дорожного движения путем обеспечения надежности системы «ВАДС»	19
2.1 Обзор существующих методов оценки БДД	21
2.2 Разработка модели.....	29
3 Методики проведения эксперимента и обработки данных.....	36
3.1 Исследование аварийных участков по интенсивности и составу транспортного потока	36
3.2 Исследование скоростного режима на федеральной автомобильной дороге Р-255.....	41
3.3 Целесообразность разработанной методики.....	41
3.3.1 Апробация методик на участке 784 км на федеральной трассе Р-255 .	42
3.3.2 Апробация методик на участке 893 км на федеральной трассе Р-255 .	45
3.4 Вывод по главе 3	47
4 Мероприятия, направленные на повышение безопасности дорожного движения.....	48
4.1 Грузовики-беспилотники	48
4.2 Перемещение ограждения в часы пик.....	48
4.3 Шумовые осевые разметки на разделительной полосе.....	49
4.4 Ограничение скоростного режима с помощью динамических дорожных знаков.....	52
4.5 Возможность применения мероприятий, направленные на повышение безопасности дорожного движения с учетом регулирования потока	54
4.6 Вывод по главе 4	54
Заключение	56
Список использованных источников	57
Приложение А Статистика аварийности на федеральной дороге Р-255.....	60
Приложение Б Статистика аварийности на федеральной дороге Р-257	77
Приложение В Матрица сравнений параметров	86
Приложение Г Значения частных коэффициентов аварийности.....	87
Приложение Д Презентационный материал.....	89

ВВЕДЕНИЕ

В условиях прогрессивно высокой автомобилизации появляется множество вопросов функционирования автомобильного транспорта, связанных с безопасностью дорожного движения, рациональным использованием улично-дорожной сети (УДС) и скоростью движения. Несомненно, вопрос обеспечения безопасности участников дорожного движения представляется наиболее важным, так как это напрямую связано с жизнью людей.

На УДС можно выделить отдельные участки и зоны, где движение достигает максимальных размеров, в то время как на других участках оно в несколько раз меньше.

Неравномерность транспортного потока может выражаться двумя способами. Выражается как доля интенсивности движения потока приходящегося на этот отрезок времени. Либо, как отношение наблюдаемой интенсивности движения к средней интенсивности за равные интервалы времени [1].

Важное место в проблеме организации дорожного движения занимает неравномерность транспортных потоков. Так называемый «час пик» является относительным обозначением времени, в течение которого интенсивность, измеренная по малым отрезкам времени, превышает среднюю интенсивность периода наиболее оживленного движения. В условиях настоящего времени вероятность возникновения ДТП сопутствующим фактором неравномерности транспортного потока повышена. Изучая данный фактор, можно понять, какие условия вызывают ненормально большое количество происшествий.

1 Анализ и оценка безопасности дорожного движения

1.1. Краткая характеристика федеральных дорог Красноярского края

Через территорию Красноярского края проходят 2 автомобильные дороги федерального значения:

- Р255 «Сибирь»;
- Р257 «Енисей».

Автомобильная дорога Р255 «Сибирь» (Новосибирск — (Томск) — Кемерово — Красноярск — Иркутск) начинается в городе Новосибирске выездом в северном направлении на города Кемерово и Томск. Для подхода к городу Томск существует отдельный подъезд, также именуемый «Р255» (подъезд к городу Томск) на повороте у города Юрга. Автомобильная дорога Р255 «Сибирь» продолжается в сторону Красноярска, проходя через города Кемерово и Мариинск Кемеровской области, и Ачинск Красноярского края. Протяженность автодороги составляет 1 860 км [2].

Вторая федеральная автомобильная дорога — Р257 «Енисей» (Красноярск — Абакан — Кызыл — Чадан — Хандагайты — государственная граница с Монголией), является главной транспортной артерией, связывающей Тыву с другими регионами России. Протяженность данной автодороги составляет 1 110 км [3].

На рисунке 1.1 представлена схема расположения федеральных дорог Красноярского края.



Рисунок 1.1 – Схема расположения автомобильных дорог федерального значения, проходящие через Красноярский край

Автомобильные дороги Р-255 «Сибирь» и Р-257 «Енисей» относятся к автомобильным дорогам федерального значения, обычного типа, дороги проходят с единой проезжей частью либо с центральной разделительной полосой, доступ на которые возможен через пересечения и примыкания как в разных уровнях, так и в одном уровне. Содержание автомобильных дорог, по ее ремонту и обслуживанию обеспечивает подведомственная организация Федеральное дорожное агентство «Росавтодор» и Федеральное казённое учреждение «Федеральное управление автомобильных дорог «Енисей» Федерального дорожного агентства (ФКУ Упрдор «Енисей»). В таблице 1.1 представлена характеристика автомобильных дорог федерального значения проходящие через территорию Красноярского края [4].

Таблица 1.1 – Характеристика федеральных дорог на территории Красноярского края

Наименование	Ед.изм.	Красноярский край	Р-255	Р-257
Протяженность, Всего:		1198,442	677,771	520,671
I категория	лин.км.	23,8	23,8	0
II категория		361,18	357,658	67,53
III категория		580,401	296,313	453,141
Протяженность, Всего в эксплуатации с развязками:	км	1164,514	643,531	520,983
I категория	км	25,4	25,4	0
II категория		425,188	357,658	67,53
III категория		749,505	296,313	453,192
Количество мостов	шт	115	66	49
	п.м.	7351,86	4519,57	2832,29
Количество надземных пешеходных переходов	шт	3	2	1
	п.м.	469,74	379,3	90,44
Количество труб	шт	970	456	514
	п.м.	29785,5	16429,79	13355,71
Противолавина галлерея (км 601+870)	п.м.	1340		1340
Барьерное ограждение	км	399,15	294,398	104,752
Линии электроосвещения	км	50,208	33,066	17,142

Сеть автомобильных дорог общего пользования федерального значения, попадающих в границы Красноярской агломерации, является наиболее загруженной и аварийно-опасной. Большие потоки автомобильного транспорта, стекающиеся в административный центр Красноярского края, требуют от дорог высоких транспортно-эксплуатационных показателей. Участки автомобильных дорог с движением транспортных средств по двум полосам (по одной полосе в каждом направлении) уже на протяжении последних десяти лет не справляются с потоком транспорта в границах агломерации, что требует решение проблемы в виде реконструкции участков.

На рисунке 1.2 представлена информация о протяженности автомобильных дорог федерального значения по каждой отдельной технической категории дороги.

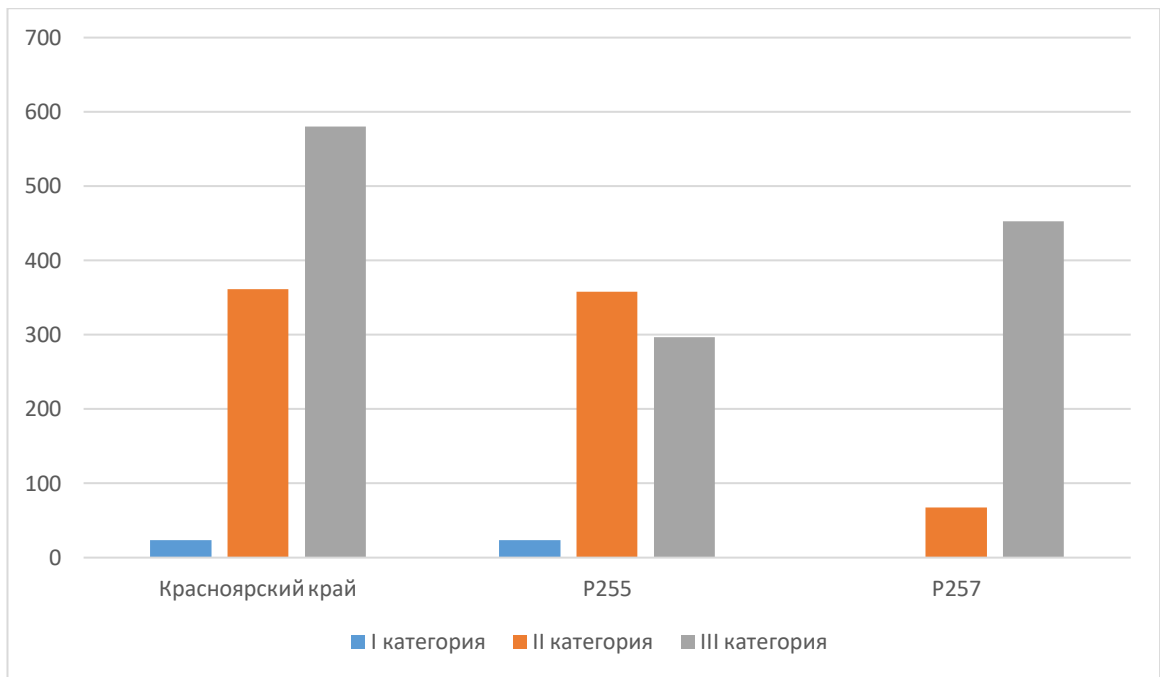


Рисунок 1.2 – Категории автомобильных дорог федерального значения

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.

1.2 Анализ дорожно-транспортных происшествий на федеральных дорогах Красноярского края

Дорожно-транспортное происшествие (ДТП) – событие, возникшее в процессе движения транспортного средства и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, сооружения, грузы либо причинен иной материальный ущерб [5].

Организация и безопасность дорожного движения занимает важное место в функционировании и развитии транспортной инфраструктуры. В данном направлении написано большое количество научных исследований в таких работах, как «Организация и безопасность дорожного движения» авторами которых являются Афанасьев М. Б., Воробьев Ю. В., Клинковштейн Г. И.,

Коноплянко В. И., «Совершенствование проектирования и строительства транспортных сооружений, безопасность дорожного движения» Бабкова В. Ф., Близниченко С. С., Варлашкина В. В., Дивочкина О. А., Нечаева А. К., Немешди Э., Пуркина В. И., Садырходжаева А., Ситникова Ю. М., Сотировой Д., Шевякова А. П., «Повышение безопасности дорожного движения» Сильянова В. В. и многие другие работы посвященные данной теме.

Проведение качественного анализа ДТП служит установлением причинно-следственных факторов, которые воздействуют на возникновение ДТП и ряд их влияния. Аварийность на автомобильных дорогах характеризуется числом ДТП, в которых умерли или были ранены люди за рассматриваемый период времени. При анализе ДТП, к фактору возникновения относят водителя, который вынужден компенсировать несовершенство образующих системы «водитель – автомобиль – дорога – среда» (ВАДС) нужными способами управления, обеспечивающими надежный режим движения. Как показывает исследование аварийности, большое количество ДТП происходят из-за неопытности, недобросовестности или халатности должностных лиц, плохого освещения дорог, неудовлетворительного состояния проезжей части, неправильной или низкокачественной разметки дорог, неправильной установки и неудовлетворительного состояния дорожных знаков и других факторов.

Рассмотрим статистику ДТП в Красноярском крае на федеральных автомобильных дорогах с участием различных транспортных средств, основных причин, данные предоставлены ОГИБДД МУ МВД России «Красноярское» [6].

В таблице 1.2 представлена информация об аварийности на автомобильных дорогах федерального значения Красноярского края в период 2017-2020 г.

Таблица 1.2 – Информация об аварийности на автомобильных дорогах федерального значения Красноярского края в период 2017-2020 г.

Год	Статистические данные	Количество
2017	ДТП	401
	Погибло	106
	Ранено	646
2018	ДТП	356
	Погибло	113
	Ранено	498
2019	ДТП	362
	Погибло	109
	Ранено	541
2020	ДТП	312
	Погибло	92
	Ранено	437

Данные таблицы 1.2 наглядно показывают снижение аварийности по количеству ДТП по сравнению с 2017 годом, но стоит отметить, что число

погибших остается на прежнем уровне и не имеет тенденцию снижения. На основе данных из таблицы 1.2 отобразим на рисунке 1.3 динамику аварийности в Красноярском крае на дорогах федерального значения за период 2017 – 2020 гг.

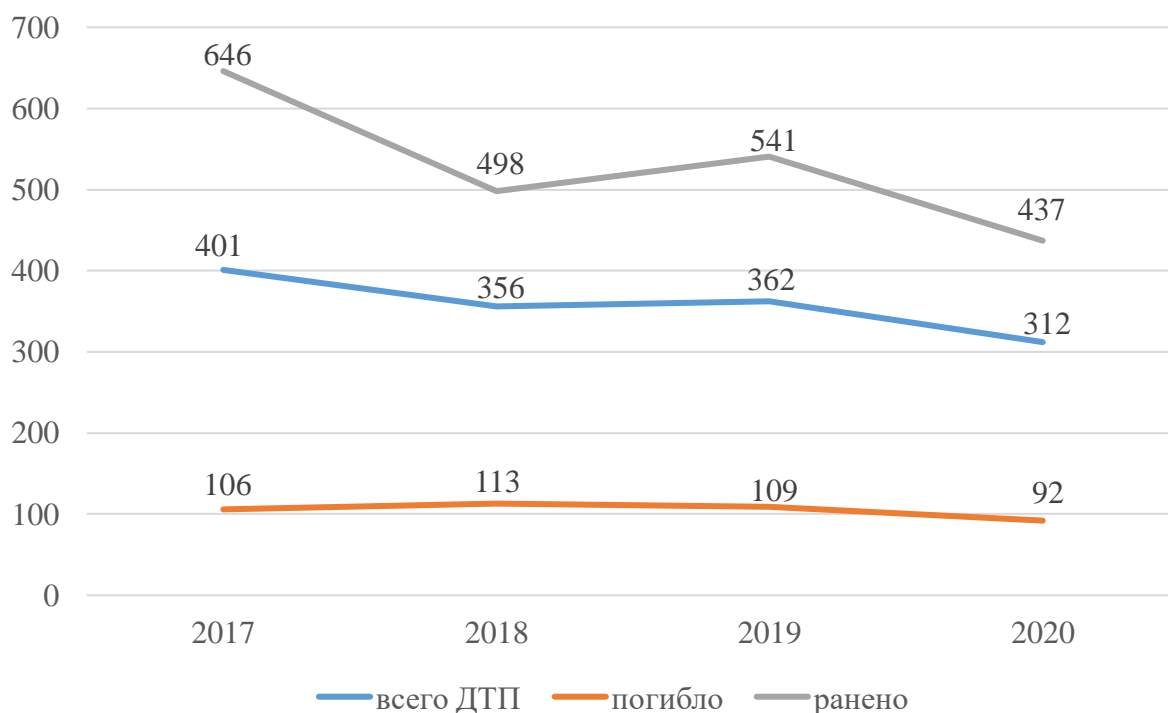


Рисунок 1.3 – Динамика аварийности в Красноярском крае на дорогах федерального значения за период 2017 – 2020 гг.

Как видно из рисунка 1.3, количество распределения ДТП за 2020 по сравнению с предыдущими годами снизилось на 29% по сравнению с предыдущими годами. Несмотря на снижение показателей аварийности и тяжести последствий, проблема безопасности дорожного движения (БДД) в Красноярском крае в настоящее время по объективным и субъективным причинам носит острый характер, требующий особого внимания.

Статистика ДТП на дорогах федерального значения на территории Красноярского края, указывает на большой процент смертности. Приведенные данные помогают определить значимость факторов аварийности, при анализе которых принимается решение о привлечении дополнительных мер по повышению безопасности, в том числе с использованием общественного ресурса.

На рисунке 1.4 отражена количественная аварийность на автомобильных дорогах федерального значения в Красноярском крае за период 2017 – 2020 гг.

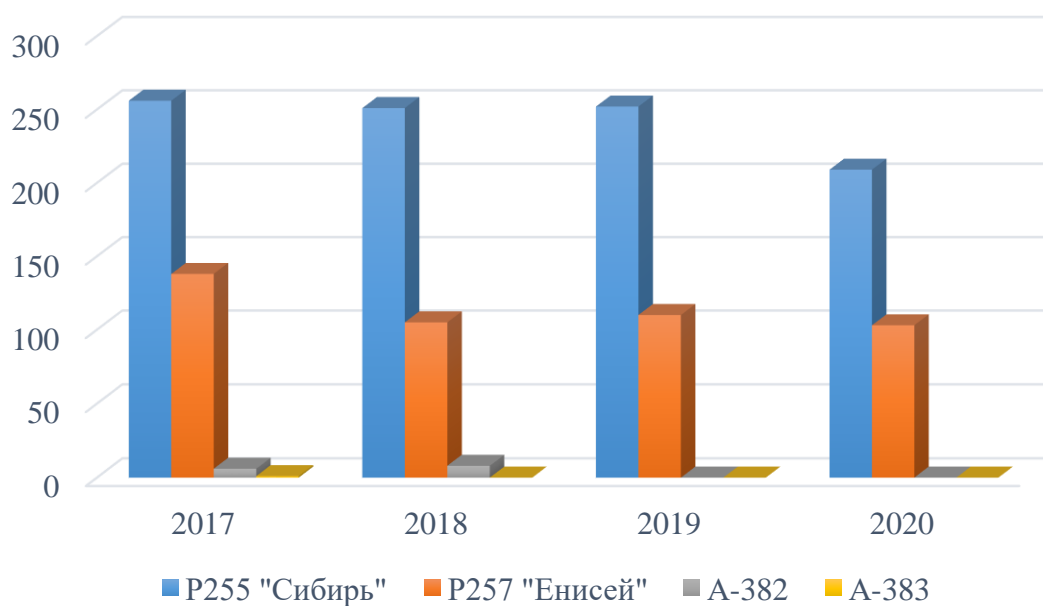


Рисунок 1.4 – Аварийность на автомобильных дорогах федерального значения в Красноярском крае за период 2017 – 2020 гг.

Из рисунка 1.4 видно, что наибольшая аварийность наблюдается на автомобильной дороге Р255.

Рассмотрим ДТП на участках федеральных дорог Р255 и Р257 в связи с наибольшей аварийностью на данных дорогах. В приложении А и Б представлена информация о ДТП по километрам федеральных дорог. На рисунке 1.5 представлено более детальное распределение по видам ДТП за последние 4 года.

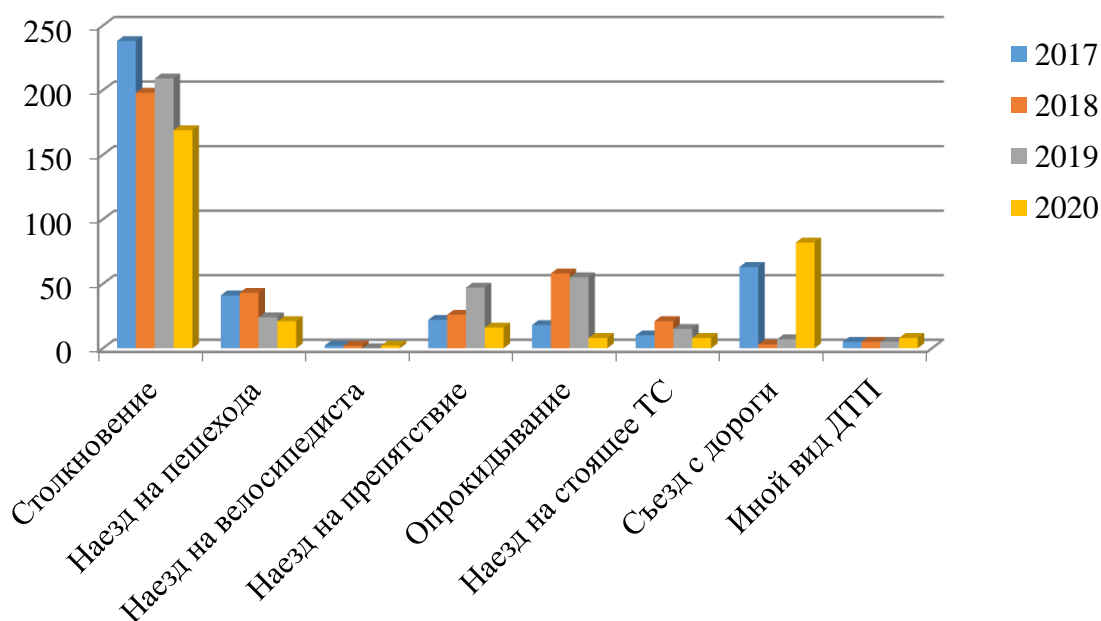


Рисунок 1.5 – Распределения по видам ДТП на федеральных дорогах

В период с 2017 года по 2020 год были зафиксированы следующие виды ДТП:

- столкновение;
- наезд на пешехода;
- наезд на препятствие;
- опрокидывание;
- наезд на велосипедиста;
- наезд на стоящее транспортное средство;
- съезд с дороги;
- иной вид ДТП;
- наезд на лицо, не являющееся участником дорожного движения;
- падение груза;
- отбрасывание предмета.

Анализ данных на рисунке 1.5 отражает состояние положения на дорогах федерального значения количества ДТП, степень их опасности как для водителей, так и для пассажиров и пешеходов, сложность и их характер. Преобладающим видом ДТП на федеральных дорогах в Красноярском крае является столкновения, в среднем составляет 192 ДТП в год, далее по количеству идут виды ДТП опрокидывание и наезд на препятствие в среднем 40 ДТП в год.

В ходе анализа нарушений правил дорожного движения (ПДД), было выявлено 7 наиболее часто встречающихся нарушений ПДД водителем повлекших за собой возникновение ДТП и 3 нарушения ПДД пешеходами. Относительное количество нарушений на федеральных дорогах Красноярского края отображено на рисунках 1.6 и 1.8.



Рисунок 1.6 – Основные виды нарушений ПДД водителем на федеральных дорогах Красноярского края

Из рисунка 1.6 видно, что основными видами нарушений ПДД водителем являются: другие нарушения ПДД водителем, такие как превышение скоростного режима, выезд на полосу встречного движения. Выезд на полосу встречного движения при запрещающих знаках и соответствующей разметке, приводят к наиболее опасным встречным столкновениям.

Помимо основных нарушений также присутствуют сопутствующие нарушения, к которым относят такие нарушения, как:

- управление автотранспортным средством при наличии неисправностей или условий, при которых эксплуатация транспортного средства в соответствии с правилами дорожного движения запрещена;

- нарушение правил транспортировки людей;

- управление ТС лицом, не имеющим права на управление ТС;

- управление ТС, лишенным права управления;

- управление ТС в состоянии алкогольного опьянения;

- управление ТС в состоянии наркотического опьянения;

Наличие в составе транспортного потока грузовых автомобилей относится к одному из факторов риска при анализе безопасности дорожного движения. Среди причин повышения риска называют:

- отсутствие безопасного обзора для водителей легковых транспортных средств в потоке из-за присутствия в нем грузовых автомобилей и автобусов;

- габариты и радиус поворота грузовых автомобилей увеличивается по сравнению с легковыми транспортными средствами, вследствие чего возникает повышенный риск возникновения ДТП при маневрировании грузового автотранспорта (например, при повороте грузовому автомобилю необходимо больше места в поперечном профиле).

На сегодняшний день, анализируя показатели аварийности, влияющие на состояние безопасности дорожного движения, не берутся во внимание показатели аварийности с участием габаритного и большегрузного автомобильного транспорта. Благодаря дополнительному исследованию ДТП с выделением такого фактора, как участие грузовых автомобилей может способствовать определению перечня мероприятий по увеличению безопасности движения.

Основными нарушениями ПДД водителями габаритных и большегрузных транспортных средств, по статистике при совершении ДТП, произошедших по вине водителей габаритных и большегрузных транспортных средств, являлись такие нарушения как:

- 1) несоблюдение очередности проезда как на регулируемых, так нерегулируемых перекрестках;

- 2) превышение установленной максимальной скорости движения;

- 3) неправильный выбор дистанции;

- 4) несоблюдение условий согласно ПДД, разрешающих движение задним ходом.

Причины, которые послужили возникновению нарушения водителями грузовых транспортных средств, повлекшие за собой ДТП:


1) Несоблюдение очередности проезда.

Чаще всего в ДТП на перекрестках виновными являются водители грузовых автомобилей, так как нарушают очередность проезда. При анализе данных выявляется, что большое количество анализируемых ДТП происходит при совершении левого поворота на нерегулируемом перекрестке. На рисунке 1.7 представлена карточка ДТП с данным видом нарушения.

ОПИСАНИЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ

ВРЕМЯ И МЕСТО ПРОИСШЕСТВИЯ

Дата	01.03.2019	Время	12:20	Схема	
Широта	56.183448	Долгота	89.562306	Расстояние	581км 436м
Вид ДТП	Столкновение				
Адрес	Боготольский р-н				
Дорога	Р-255 Сибирь Новосибирск - Кемерово - Красноярск - Иркутск (основное направление)				
Значение дороги	Федеральная (дорога федерального значения)				
Категория дороги	5				
Категория улицы	Вне НП				



ДОРОЖНЫЕ УСЛОВИЯ

Объекты УДС на месте ДТП	- Нерегулируемый перекресток неравнозначных улиц (дорог)
Объекты УДС вблизи места ДТП	- АЗС
Недостатки транспортно-эксплуатационного содержания улично-дорожной сети	-
Факторы, оказывающие влияние на режим движения	-
Состояние погоды	- Снегопад
Состояние проезжей части	- Мокрое
Освещение	Светлое время суток
Изменения в режиме движения	Режим движения не изменялся

УЧАСТНИКИ

Количество ТС	3	Число участников	5	Число погибших	1	Число раненых	2
---------------	---	------------------	---	----------------	---	---------------	---

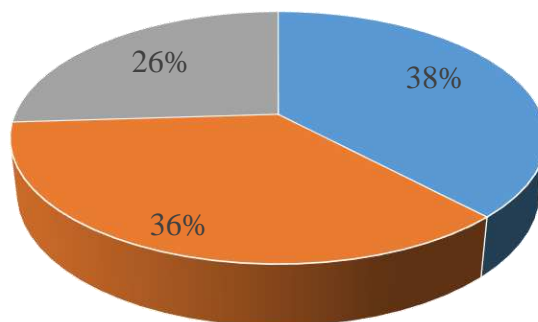
Рисунок 1.7 – Карточка ДТП

2) Превышение установленной скорости движения.

Причиной данного вида ДТП происходит по вине водителей, находящихся в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, иными нарушениям ПДД водителями, неисполнения требований обязательного страхования гражданской ответственности владельцев транспортных средств (ОСАГО) и управление автотранспортным средством при наличии неисправностей или условий, при которых эксплуатация транспортного средства в соответствии с правилами дорожного движения запрещена.

3) Неверный выбор дистанции.

Большинство таких ДТП происходят на перегонах, на перекрестках меньшее количество.



- Движение вдоль проезжей части попутного направления вне населенного пункта
- Нахождение на проезжей части без цели ее перехода
- Переход через проезжую часть вне пешеходного перехода в зоне его видимости

Рисунок 1.8 – Основные виды нарушений ПДД пешеходами на федеральных дорогах Красноярского края

Анализируя данные рисунка 1.8 видим, что распределение нарушений ПДД пешеходами относится примерно в равной мере. Следует отметить, более 50% ДТП с участием пешеходов происходит по вине самих пешеходов.

1.3 Анализ аварийно-опасных участков на федеральных дорогах Красноярского края

Аварийно-опасный участок дороги (место концентрации ДТП) – это участок дороги, улицы, не превышающий 1000 метров вне населенного пункта или 200 метров в населенном пункте, либо пересечение дорог, улиц, где в течение отчетного года произошло три и более дорожно-транспортных происшествия одного вида или пять и более дорожно-транспортных происшествий независимо от их вида, в результате которых погибли или были ранены люди [7].

Учет дорожно-транспортных происшествий осуществляется с целью их анализа и снижения аварийности на автомобильных дорогах на территории Российской Федерации и регламентируется Постановлением Правительства РФ от 29 июня 1995 г. № 647 "Об утверждении Правил учета дорожно-транспортных происшествий". Согласно данному постановлению и статье 2 Федерального закона № 196 от 10.12.1995 г. под дорожно-транспортным происшествием понимается событие, возникшее в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, груз либо причинен иной материальный ущерб.

В постановлении Правительства № 647 прописано, что государственная статистическая отчетность в сфере безопасности дорожного движения осуществляется органами внутренних дел, в подразделениях Государственной инспекции безопасности дорожного движения (ГИБДД). На каждое ДТП, подлежащее государственной регистрации, составляется карточка учета. Данная статистика размещается в открытом доступе на сайте ГИБДД [8].

По данным аварийности был проведен топографический анализ, в результате которого ДТП были объединены в места концентрации ДТП.

В исследовании за место концентрации ДТП принимается участок автодороги на котором за исследуемый период (2017-2020 годы) случилось 3 и более ДТП одного вида, или 5 и больше не зависимо от вида ДТП, при этом отдаление между ними не выше 1000 метров. Настоящий критерий выбран подобным образом, чтобы с одной стороны предельно максимально уменьшить возможность попадания в итоговую выборку ДТП, произошедших из-за случайных обстоятельств, и с другой стороны, значительно не снизить ее репрезентативность.

Проведя анализ аварийности, были определены участки концентрации места ДТП на дорогах федерального значения Красноярского края. В результате анализа за 2017 – 2020 год были зафиксированы следующие места концентрации ДТП на автодороге Р255 «Сибирь» с участием грузовых автомобилей и автобусов. Информация представлена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Информация об аварийных участках дороги Р255

Район	Участок дороги	Количество ДТП				Преобладающий вид ДТП
		2017	2018	2019	2020	
Боготольский	597	0	0	1	3	Съезд с дороги
Ачинский	653	2	0	1	3	Столкновение
	657	1	0	5	0	Столкновение
Козульский	714	2	5	0	0	Наезд на ТС
Емельяновский	764	3	1	0	2	Столкновение
	770	3	0	3	0	Столкновение
	784	1	1	4	1	Столкновение
	791	3	0	0	1	Наезд на препятствие
	792	3	3	1	0	Наезд на препятствие
	795	0	4	4	1	Столкновение
	798	0	3	6	1	Столкновение
Манский	879	2	3	1	0	Столкновение
	893	1	1	3	0	Столкновение
	898	2	2	1	3	Съезд с дороги
Уярский	908	5	2	2	1	Столкновение
	931	0	5	3	0	Столкновение

Основным видом ДТП на данных участках дороги является - столкновение.

В результате проведенного анализа ДТП по заданному критерию на федеральных автодорогах Красноярского края было выделено 16 очагов аварийности (Рисунок 1.9).

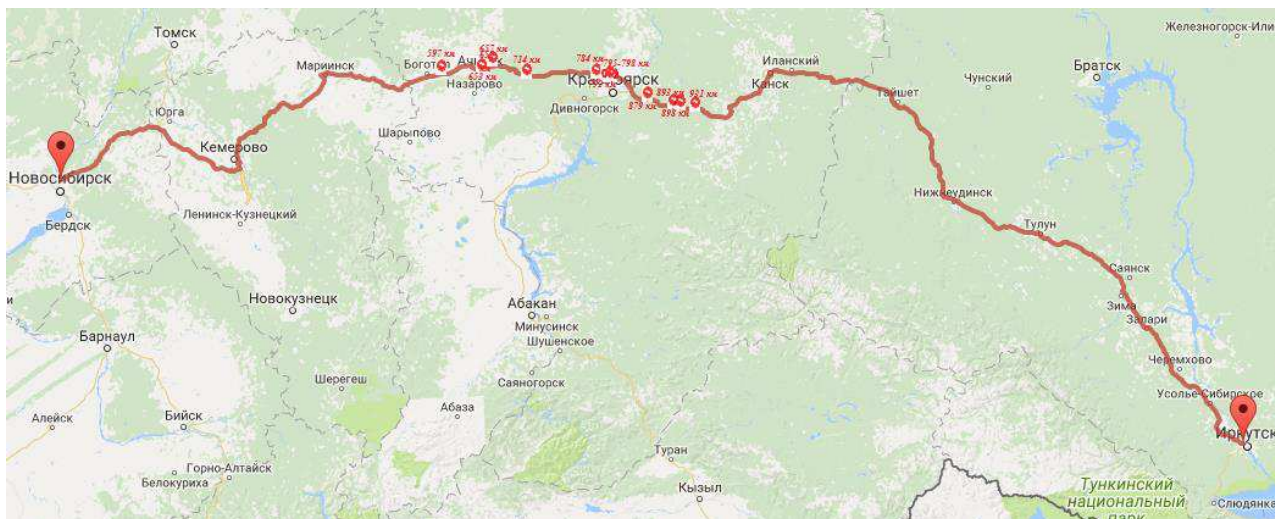


Рисунок 1.9 - Общий вид федеральной дороги Р-255 с нанесением на карту местоположением очагов аварийности

На автодороге Р-257 «Енисей» за последние 4 года также был проведен анализ статистических данных. Информация об аварийных участках представлена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Информация об аварийных участках дороги Р257

Район	Участок дороги	Количество ДТП				Преобладающий вид ДТП
		2017	2018	2019	2020	
Г. Дивногорск	123	10	3	1	0	Опрокидывание
Балахтинский	166	3	2	0	0	Столкновение
Минусинский	424	4	1	0	0	Столкновение

Из таблицы 1.4 видно, что в 2017 годы была высокая аварийность на трех участках, но с каждым годом количество ДТП снижалось и на 2019 - 2020 г.г. очаги аварийности не зафиксированы.

Для дальнейшего анализа аварийности будем анализировать федеральную дорогу Р-255 «Сибирь».

1.3.1 Анализ аварийности на федеральной дороге Р255 с участием грузового транспорта

Исходя из достаточно большого количества аварийных участков. В первую очередь, необходимо рассмотреть структуру грузовых автомобилей и автобусов в ДТП. На рисунке 1.10 отобразим в процентном соотношении распределение видов транспортных средств на федеральной дороге Р-255 «Сибирь».

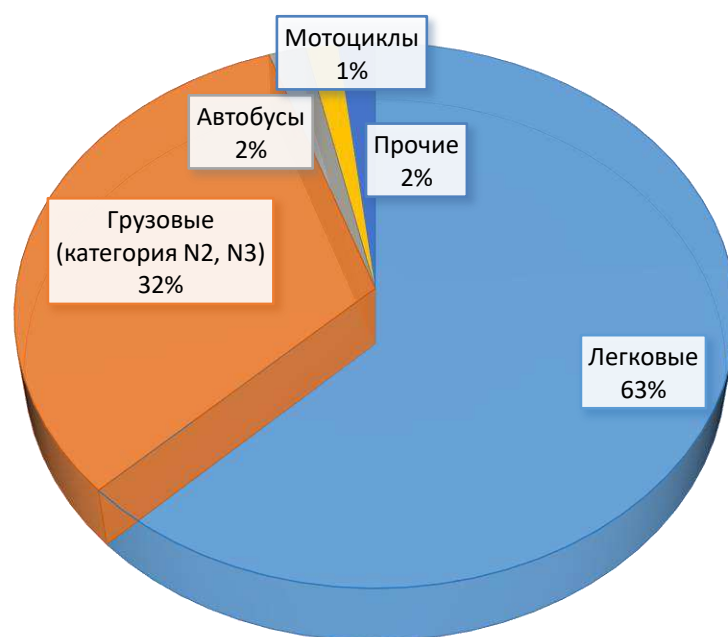


Рисунок 1.10 – Распределение видов транспортных средств в ДТП на федеральной дороге Р-255 «Сибирь»

Как видно из рисунка 1.10 распределения по видам транспортных средств в ДТП, 63% в ДТП участвуют легковые транспортные средства, грузовые автомобили занимают треть всего по количеству ДТП, а остальные 5% приходится на автобусы, мотоциклы и спецтехника.

В ходе проведения более подробного анализа с использованием карточек ДТП были выделены ДТП с участием грузового транспорта. В таблице 1.5 предоставлена информация о ДТП с участием грузового транспорта с тяжестью последствий.

Таблица 1.5 - Информация о ДТП с участием грузового транспорта на автомобильной дороге Р255

Период	ДТП		Погибло		Ранено	
	всего	с участием грузового ТС	всего	с участием грузового ТС	всего	с участием грузового ТС
2017	232	127	86	57	368	208
2018	251	141	81	47	348	182
2019	252	141	82	59	353	191
2020	209	122	77	59	269	139

Из таблицы 1.5 видно, что смертность от ДТП с участием грузового транспортного средства в среднем достигает 75% от общего числа погибших в ДТП и 50% человек получают ранения. Данная статистика показывает влияние фактора аварийности и необходимость принятия дополнительных усилий к снижению аварийности.

1.4 Выводы по главе 1

На основании результатов проведенного анализа аварийности на федеральных автомобильных дорогах Красноярского края можно сделать следующие выводы, что ежегодно на данных автомобильных дорогах федерального значения Красноярского края в среднем происходит 358 ДТП в год, количество раненых в среднем составляет 530 человек, число погибших – 105 человек в год. Основным видом ДТП является столкновение, при котором наблюдается наибольшее количество погибших. Самой аварийной автомобильной дорогой федерального значения является автомобильная дорога Р255, доля ДТП от общего числа составляет 66%;

Количество ДТП с участием грузового транспорта достигает 63% от общего количества ДТП на федеральных дорогах, при этом смертность с участием грузового автомобиля достигает 75% от общего числа.

В связи с высокими показателями смертности и травматизма на федеральных автомобильных дорогах с участием грузового автомобиля проблема обеспечения безопасности дорожного движения представляется актуальной.

В результате проведенного обзора состояния аварийности на загородных автомобильных дорогах в Красноярском крае сформулирована цель научного исследования – оценка влияния неравномерности транспортного потока на безопасность дорожного движения.

Для достижения данной цели сформулированы следующие задачи научного исследования:

- Провести анализ статистических данных по аварийности на дорогах федерального значения Красноярского края;
- Осуществить анализ статистики дорожно-транспортных происшествий с участием габаритных транспортных средств;
- Провести обзор и выполнить анализ существующих методов оценки безопасности дорожного движения;
- Сформулировать предложение по совершенствованию методов оценки БДД;
- Выполнить эксперимент по исследованию аварийности на аварийно-опасных участках на основе разработанного метода. Дать оценку адекватности усовершенствованной модели надежности системы «ВАДС»;
- Предложить комплекс решений по повышению БДД.

2 Методологические основы повышения безопасности дорожного движения путем обеспечения надежности системы «ВАДС»

Система – это множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих некоторую целостность, единство [9].

В данной работе рассматривается система «водитель – автомобиль – дорога – среда» (ВАДС) в части исследования движения автомобиля по дороге. Любой объект системы создается ради определенной цели и в процессе достижения этой цели функционирует и развивается (изменяется).

Системный объект – управляемая система, в котором присутствует водитель, который использует информацию о дорожной обстановке, дорожной разметке, дорожных знаках и другой информацией [10].

Объект складывается из взаимосвязанных между собой компонентов, выполняющих обусловленные функции в составе данного объекта.

Характеристики системного объекта не ограничиваются суммой параметров его компонентов. Все компоненты системы ВАДС при их общем функционировании владеют новым свойством, которое отсутствует у любого поступающего в систему компонента. Каждый компонент системы ВАДС возможно рассматривать как систему невысокого уровня.

Таким образом, система имеет иерархию, то есть расположение частей целого в порядке от высшего к низшему. В свою очередь, система ВАДС входит в систему или системы более высокого уровня: транспортные системы региона, страны, мира, которые подключают вдобавок остальные средства транспорта (железнодорожный, водный, авиационный). Нарушения в работе каждого из компонентов системы ВАДС приводит к понижению ее эффективности (уменьшению скорости движения, немотивированным остановкам, повышению расхода топлива) либо к дорожно-транспортному происшествию (ДТП).

Упрощенная схема системы ВАДС представлена на рисунке 2.1.

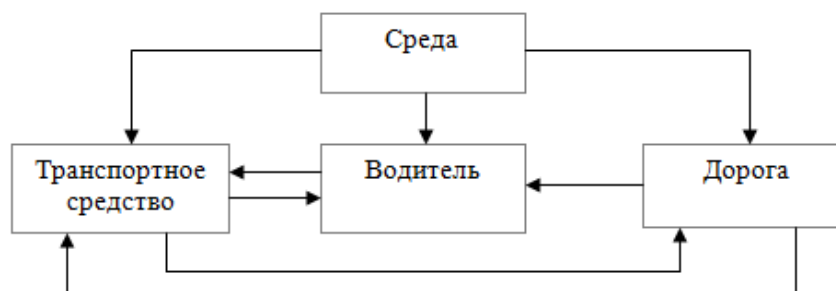


Рисунок 2.1 – Схема системы «водитель – автомобиль – дорога – среда» (ВАДС)

Нарушение в работе системы «ВАДС» даже одного звена приводит к отказу всей системы. Наиболее частыми причинами отказа, приводящими к ДТП, являются именно неправильные действия водителей – 57% случаев ДТП.

В 4% случаев ДТП причиной является взаимодействие водителя с дорогой, в 4% дорога, в 3% - совокупность взаимодействий всех элементов системы «ВАДС» [11].

При определении условий безопасности движения транспортных средств и установления причин ДТП, необходимо изучить факторы, влияющие на систему ВАДС, структура которых показана на рисунке 2.2. При определении условий безопасности основное внимание необходимо обращать на факторы самой системы.

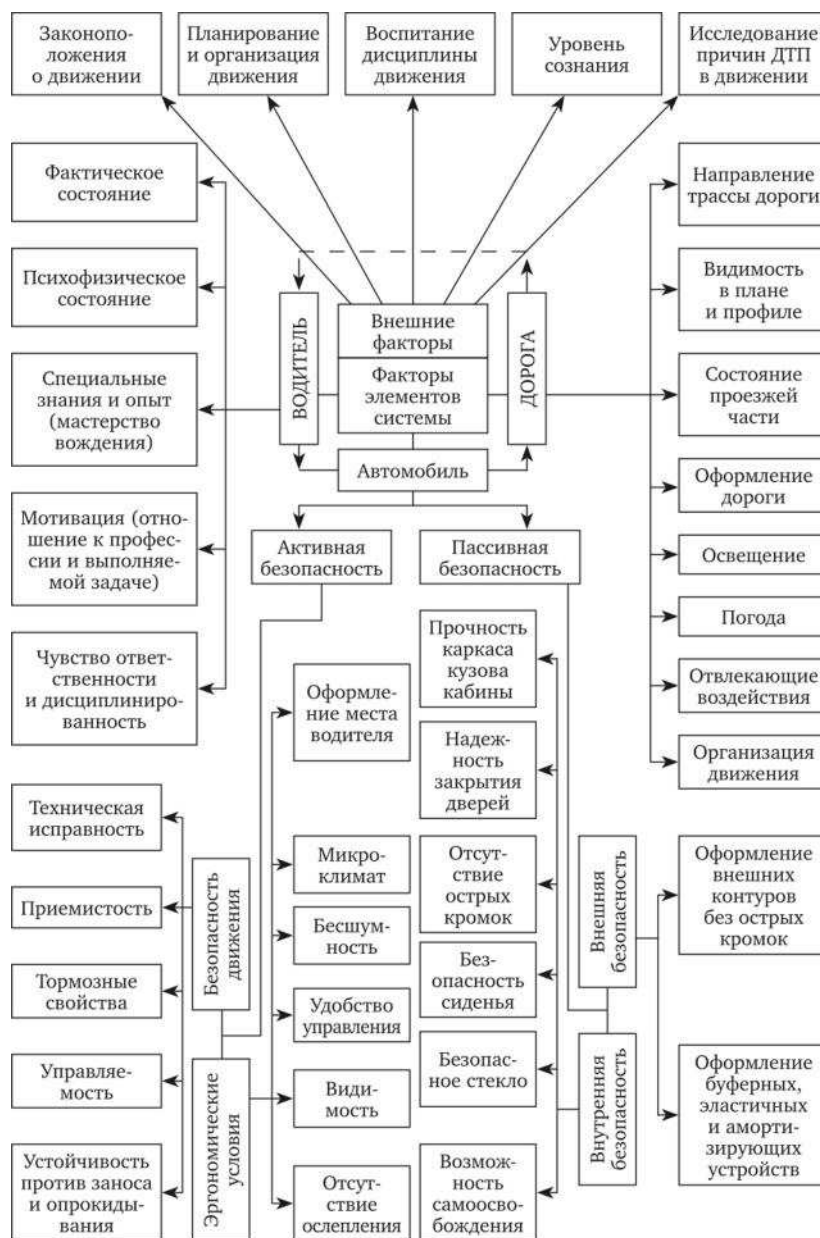


Рисунок 2.2 – Структура факторов системы ВАДС, влияющих на безопасность движения

Таким образом, на дорогах существует сложная динамическая система, включающая в себя совокупность элементов человек, автомобиль, дорога, функционирующих в определенной среде. Эти элементы единой дорожно-

транспортной системы находятся в определенных отношениях и связях друг с другом и образуют целостность. Они формируют факторы риска, которые могут привести к ДТП. С точки зрения безопасности дорожного движения интерес для системного изучения представляют как сами факторы риска, так и их различные сочетания, а именно:

- человек - автомобиль;
- автомобиль - дорога;
- дорога - человек.

Влияние составляющих системы ВАДС на безопасность дорожного движения следующее:

- Водитель влияет на безопасность движения своим состоянием здоровья, степенью утомленности, уровнем подготовки, умением принимать решения в условиях дефицита времени и правильно выбирать скорость в соответствии с условиями движения.

Автомобиль влияет на безопасность движения своими габаритными размерами, тяговыми и тормозными качествами, головным освещением, удобством рабочего места водителя, маневренностью, элементами пассивной безопасности.

Дорога влияет на безопасность движения своей шириной проезжей части, коэффициентом сцепления и ровностью покрытия, геометрическими параметрами, состоянием обочин, наличием и качеством ограждений и других элементов инженерного оборудования.

Среда – преимущественно определяется природно-климатическими условиями и особенностями транспортных потоков и их взаимодействия с человеком и автомобилем.

2.1 Обзор существующих методов оценки безопасности дорожного движения

В исследованиях в области безопасности дорожного движения требуется обширно пользоваться статистическими данными.

Каждый аварийно-опасный участок обладает своими транспортно-эксплуатационными характеристиками, а также интенсивностью и составом транспортного потока. В связи с этим для сопоставимых данных при анализе дорожных условий используется коэффициент относительной аварийности:

Для длинных и однородных по геометрическим элементам дороги коэффициент рассчитывается по формуле:

$$И = \frac{10^6 z}{365LN}, \quad (2.1)$$

где z - количество происшествий в год;

N - среднегодовая суточная интенсивность движения в обоих направлениях, принимаемая по данным учета движения, авт./сут.;

L - длина участка дороги, км.

Для коротких участков имеющие в составе мосты, перекрестки и развязки коэффициент определяют по формуле:

$$И = \frac{10^6 z}{365N}, \quad (2.2)$$

Коэффициенты, определяемые по этим формулам, могут быть использованы для первичной обработки статистических данных об аварийности отдельных участков. Для получения более точных значений коэффициентов относительной аварийности следует учитывать исходные данные о ДТП не менее 3-5 лет. Показатель относительной аварийности возможно измерять числом ДТП на 10 либо 100 млн. авт-км (авт-проездов) [12].

При выявлении аварийно-опасных участков, оценка безопасности движения транспортных средств имеет основное значение при разработке мероприятий по снижению аварийности.

Для получения более полных и объективных результатов исследований были разработаны различные методики оценки безопасности дорожного движения.

В.Ф. Бабков обобщил многочисленные результаты исследований зарубежных и отечественных ученых, не смотря на их значительный разброс экспериментальных данных, все же позволили установить взаимосвязь между различными факторами на коэффициент относительной аварийности.

Один из основных методов вероятностного прогнозирования аварийности является метод коэффициентов аварийности разработанный Российским ученым Бабковым В.Ф. Данный метод является одним из основополагающих при прогнозировании аварийности и рекомендуется в ряде документов по обеспечению БДД и учитывает изменение условий безопасности на исследуемом участке. Метод заключается в том, что исследуемый участок автодороги в плане наносится на линейных график, затем для данного участка определяются его характеристики. После этого на исследуемом участке, в каждой его точке, по табличным значениям определяется частные коэффициенты аварийности, зависящие от 18 факторов. Следующим этапом участок делится на множество однородных отрезков, для каждого из которых частные коэффициенты аварийности постоянны [13]. Итоговый коэффициент аварийности для однородного участка определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{итог}} = \prod_{i=1}^{18} K_i, \quad (2.3)$$

где K_j – частные коэффициенты аварийности, основанные на результатах анализа статистических данных о ДТП и характеризующие влияние на безопасность движения;

n – количество частных коэффициентов аварийности.

Данный метод имеет недостатки, одним из таких недостатков является малый выбор диапазона значений частных коэффициентов аварийности, который не учитывает динамику изменений некоторых параметров. Сам автор метода отмечает, что предложенный им перечень коэффициентов аварийности, является открытым и нуждается в постоянной корректировке в связи с естественным изменением состава транспортных потоков. Кроме того, данные коэффициенты могут в значительной мере зависеть от местных условий, в связи с чем имеет смысл их адаптация под конкретный регион. Также необходимо отметить, что не все из перечисленных выше факторов в равной степени влияют на безопасность движения. В процессе дальнейших исследований необходимо установить относительный вес каждого из коэффициентов и их взаимозависимость.

Методика коэффициентов аварийности может быть использована дорожными организациями:

- для проведения разметки проезжей части, запрещающей обгон с выездом на полосу встречного движения на участках с коэффициентом аварийности более 10–20;
- проведения разметки проезжей части, запрещающей обгон, и установления знаков ограничения скорости на участках с коэффициентом аварийности более 20–40.

При проектировании:

- в условиях холмистого рельефа необходимо предусматривать перестройку участков дорог с итоговым коэффициентом аварийности более 25–40 в зависимости от местных условий;
- разработка новых вариантов участков, в которых итоговый коэффициент аварийности превышает 15–20.

Участки с коэффициентом 50–70 следует считать очень опасными [14].

Для каждого отдельного участка частные коэффициенты аварийности различаются в зависимости от дорожных условий и по мере накопления данных анализа ДТП должны корректироваться. В процессе дальнейших исследований В.Ф. Бабков установил относительный вес каждого из коэффициентов аварийности и их взаимозависимость между собой. Значения частных коэффициентов аварийности для дорог и улиц разных категорий приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Значения коэффициентов для дорог II-V категорий в равнинной и холмистой местности.

Интенсивность движения, тыс. авт/сут	3	5	7	9	11	13	15	20
K1 (двухполосные дороги)	0,75	1,0	1,30	1,70	1,80	1,5	1,0	0,6
K1 (трехполосные дороги)	0,65	0,75	0,9	0,96	1,25	1,5	1,3	1,0
K1 (трехполосные дороги)	0,94	1,18	1,28	1,30	1,51	1,63	1,45	1,25
Интенсивность движения, тыс. авт/сут	10	15	18	20	25	28	30	
K1 (четыре полосы движения и более)	1,0	1,1	1,3	1,7	2,2	2,8	3,4	

Продолжение таблицы 2.1

Ширина проезжей части, м К2 при укрепленных обочинах	6	7	7,5	9	10,5	14...15		
	1,35	1,05	1,00	0,8	0,7	0,6		
К2 при грунтовых дорогах	2,5	1,75	1,5	1,0	0,9	0,8		
Ширина обочин, м К3 (двухполосные дороги)	0,5	1,5	2,0	3,0	4,0			
	2,2	1,4	1,2	1,0	0,8			
К3 (трехполосные дороги)	1,37	0,73	0,65	0,49	0,35			
Продольный уклон, % К4	20	30	50	70	80			
	1,0	1,25	2,5	2,8	3,0			
Радиус кривых в плане, м К5	100	150	200...300	400...600	1000...2000	Больше 2000		
	5,4	4,0	2,25	1,6	1,25	1,0		
Видимость, м К6 в плане К6 в профиле	50	100	150	200	250	350	400	500
	3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,4	1,2	1,0
	5,0	4,0	3,4	2,5	2,4	5 2,0	1,4	1,0
Ширина проезжей части мостов по отношению к проезжей части дороги К7	Меньше ширины проезжей части дороги	Равна	Шире на 1 м		Шире на 2 м		Шире на 4 и более м	
	6,0	3,0	2,0		1,5		1,0	
Длина прямых участков ⁴ , км К8	3,0	5	10	15	20	25		
	1,0	1,1	1,4	1,6	1,9	2,0		
Пересечения в одном уровне, интенсивность движения по основной дороге, авт/сут К10	1600..3500			3500...5000		5000...7000 и более		
	2,0			3,0		4,0		
Видимость пересечения в одном уровне с примыкающей дорогой, м К11	60	60...40	40...30	30...20			20	
	1,0	1,1	1,65	2,5			5,0	
Число основных полос на проезжей части для прямых направлений движения К12	2	3 без разметки	3 с разметкой полос движения		4 без разделительной полосы			
	1,0	1,5	0,9		0,8			
Расстояние проезжей части от застройки, м, и ее характеристика К13	50	50...20	50...20	20...10	10	10		
	1,0	1,25	2,5	5,0	7,5	10,0		
Длина населенного пункта, км К14	0,5	1	2	3	5	6		
	1	1,2	1,7	2,2	2,7	3,0		
Длина участков на подходах к населенным пунктам, м К15	0...100			100...200			200...400	
	2,5			1,9			1,4	

Окончание таблицы 2.1

Коэффициент сцепления K16	0,2...0,3 2,5		0,4 2,0		0,6 1,3	0,7 1,0		0,75 0,75
Ширина разделительной полосы, м K17	1	2	3	5	10		15	
	2,5	2	1,5	1	0,5		0,4	
Расстояние от кромки проезжей части до обрыва глубиной более 5 м, м K18 без ограждений	0,5	1,0	1,5	2	3	5		
K18 с ограждениями	4,3	3,7	3,2	2,75	2,0	1,0		
	2,2	2,0	1,85	1,75	1,4	1,0		

Если $K_{итог} > 15$, то к итоговым коэффициентам аварийности вводят поправку. Для этого необходимо дополнительно учитывать тяжесть ДТП. При построении графиков итоговые коэффициенты аварийности следует умножить на дополнительные коэффициенты тяжести (стоимостные коэффициенты, учитывающие возможные потери народного хозяйства от ДТП):

$$M_T = \prod_{i=1}^{18} m_i, \quad (2.4)$$

$$K_{итог}^{ст} = M_T * K_{итог}, \quad (2.5)$$

где m_i - коэффициенты тяжести.

Коэффициенты тяжести для каждого учитываемого фактора представлены в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Коэффициенты тяжести для каждого учитываемого фактора

N п/п (i)	Учитываемые факторы	Средние значения коэффициента тяжести m_i
1	Ширина проезжей части дорог, м:	
	4,5	0,7
	6	1,2
	7...7,5	1,0
	9	1,4
	10,5	1,2
	14	1,0
	15 и более для дорог с разделительной полосой	0,9
2	Ширина обочин, м:	
	менее 2,5	0,85
	более 2,5	1,0
3	Продольный уклон дорог, ‰:	
	менее 30	1,0
	более 30	1,25
4	Радиусы кривых в плане, м:	
	менее 350	0,9
	более 350	1,0
5	Сочетание кривых в плане и профиле	-

Окончание таблицы 2.2

N п/п (i)	Учитываемые факторы	Средние значения коэффициента тяжести m_i
6	Видимость в плане и профиле, м:	
	менее 250	0,7
	более 250	1,0
7	Мосты и путепроводы	2,1
8	Нерегулируемые пересечения в одном уровне	0,8
9	Пересечения на разных уровнях	0,95
10	Населенные пункты	1,6
11	Число полос движения:	
	1	0,9
	2	1,0
	3	1,3
	4 и более	1,0
12	Наличие деревьев, опор путепроводов и т.д. на обочинах и разделительной полосе	1,5
13	Отсутствие ограждений в необходимых местах	1,4
14	Железнодорожные переезды	0,6

Стоимостные коэффициенты вычислены на основании данных о средних потерях от одного ДТП при различных дорожных условиях.

Также Бабков В.Ф. предложил еще один способ оценки уровня аварийности, метод коэффициентов безопасности. Коэффициентом безопасности, в данном методе, является отношение максимальной скорости движения на исследуемом участке к максимально возможной скорости въезда автомобиля на этот участок. Таким образом, исследуемый участок автомобильной дороги делится на несколько одинаковых участков, для каждого из которых определяется коэффициент безопасности. В данном методе, следует отметить, что при определении коэффициентов не берутся во внимание ограничения скоростей, диктуемые правилами дорожного движения. Также не учитываются участки, на которых происходит плавное изменение скоростей. К недостаткам метода можно отнести невозможность его применения на этапе проектирования. Однако, современное развитие навигационных приборов для автомобилей, позволяет не только с высокой точностью определять изменение их скорости и ускорения, но также за счет их массовой доступности получать большие объемы статистических выборок. На рисунке 2.3 представлен пример дальнейшего построения графика скоростей, коэффициентов безопасности и плана исследуемых участков автомобильной дороги. Участок автомобильной дороги, при котором итоговый коэффициент безопасности имеет значение менее 0,6, считается опасным и нуждается в мероприятиях по повышению безопасности. Соответственно, чем выше значение итогового коэффициента безопасности на участке автомобильной дороги, тем безопаснее будет являться и сам участок.

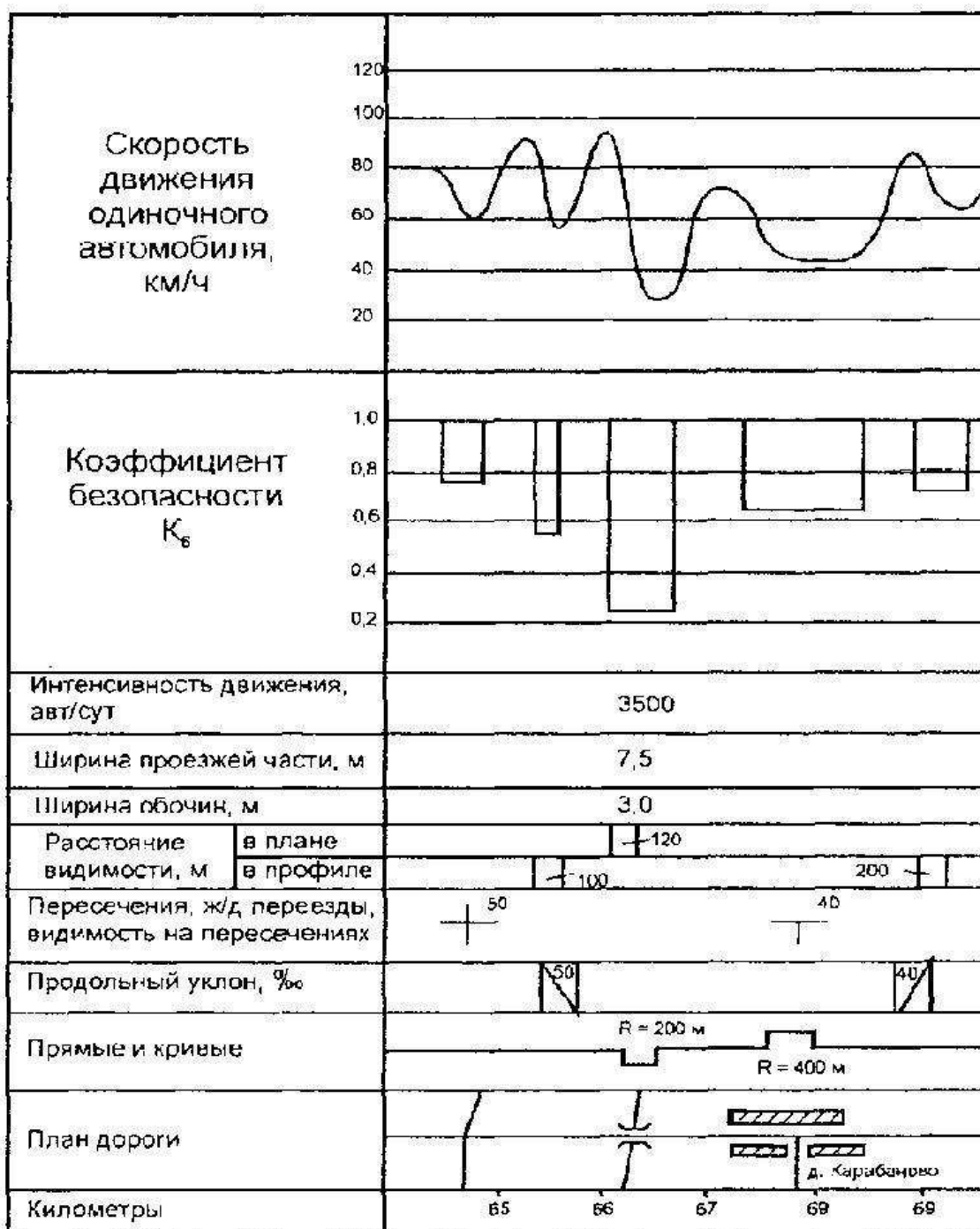


Рисунок 2.3 – Линейный график скоростей движения одиночных автомобилей и график коэффициентов безопасности

Метод коэффициентов аварийности и безопасности в большей степени подходит для оценки уровня аварийности на протяженных участках автодорог вне населенных пунктов. Совместное применение методов коэффициентов аварийности и безопасности дает получение более точного результата, что имеет место быть, так два эти метода являются взаимно дополняющими друг друга

Кандидат технических наук Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ) Тюлькин Е.В. создал

программное обеспечение которое позволило автоматизировать процесс сбора и обработки статистических данных ДТП «Многоуровневую информационно-аналитическую систему организации безопасности дорожного движения» (МИАС ОБДД), для выявления наиболее аварийно-опасных участков автомобильных дорог и осуществления общественного контроля и принятия неотложных мер по их благоустройству по повышению безопасности дорожного движения. Одной из основных задач данного программного продукта является определение местных факторов риска (точное определение факторов, связанных с дизайном выбранного сегмента дорожной среды, оказывающих существенное влияние на аварийность). Использование разработанной схемы, математическая модель которой представлена с помощью формулы (2.6), позволяет исследователю получить как данные о факторах, оказывающих наибольшее влияние на ДТС, на том или ином сегменте дороги, так и их количественное выражение для расчета числового значения безопасности дорожного сегмента, имеющего максимум, равный критерию оптимальности:

$$P = k_1 * x_1 + k_2 * x_2 + k_3 * x_3 + \dots + k_n * x_n \rightarrow \max \quad (2.6)$$

где k_n – коэффициент учитываемого дорожного фактора;

x_n – степень выполнения требований стандартов для выделенного дорожного сегмента;

$$x_n = (c * s)/100\% \quad (2.7)$$

где s – бальная оценка наличия тех или иных элементов дорожной среды (10 баллов – имеются все элементы, 5 баллов – частичное наличие и т.д.);

c – константа, показывающая соотношение влияния факторов в системе ВАДСУ

Таким образом, числовое значение безопасности дорожного сегмента – это сумма рассчитанных коэффициентов однородных факторов дорожной среды k_n , полученных с использованием метода парных сравнений [15].

На основе критерия оптимальности местных факторов риска в магистерской диссертации Пульяновой К.А. была выведена формула (2.8) для определения оптимального влияния факторов для определения

$$K = k_1 * x_1 + k_2 * x_2 + k_3 * x_3 + \dots + k_n * x_n \rightarrow \min \quad (2.8)$$

где K – вероятность возникновения ДТП, %;

b_i – вектор приоритетов важности i -го параметра;

K_{ai} – значение коэффициента аварийности i -го параметра, %.

Каждый элемент системы ВАДС имеет свои параметры, которые характеризуются количественными и качественными оценками, и в разной степени оказывают влияние на безопасность дорожного движения, поэтому

задачу обеспечения безотказности системы ВАДС можно рассматривать как многокритериальную. Подобные многокритериальные задачи рекомендуется решать методами экспертных оценок [16, 17].

В большинстве случаев причинами ДТП является совокупность ряда факторов, один из которых является решающим. Анализ статистических данных аварийности показывает, что основной причиной совершения ДТП является нарушение правил дорожного движения. Оценка влияния на безопасность дорожного движения различных дорожных условий на практике ограничивается лишь указанием состояния проезжей части, освещения на месте ДТП, недостатков транспортно-эксплуатационного состояния улично-дорожной сети и факторами, оказывающие влияние на режим движения. Дорожные условия, оказывающие косвенное влияние, как правило, не учитываются совсем. Этим объясняется невысокая доля ДТП, произошедших вследствие влияния дорожных условий. Вместе с тем, по мнению ученых, фактическая роль дороги в процессе совершения ДТП гораздо выше и составляет 40-70% всех ДТП [18].

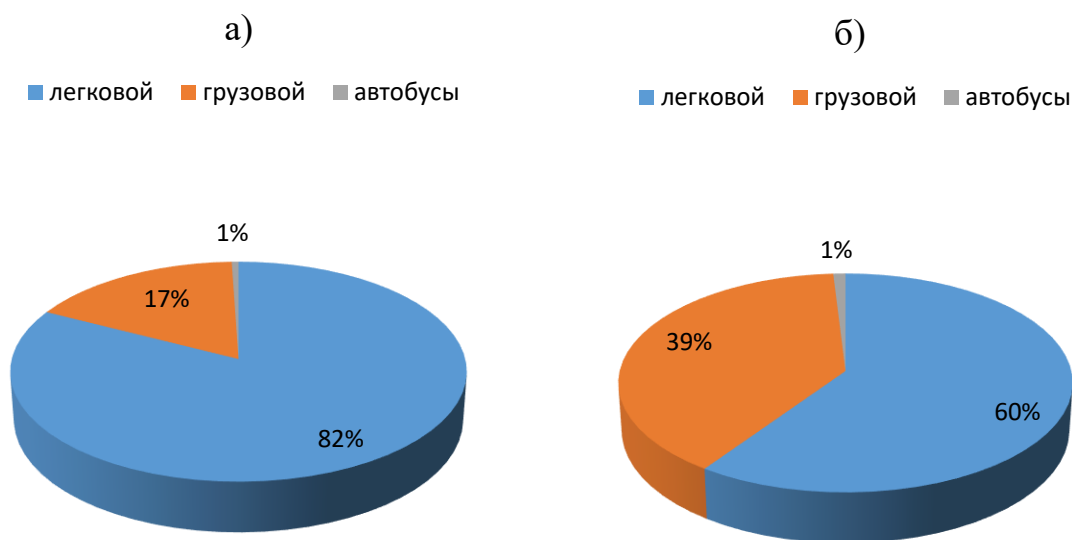
Несмотря на отсутствие в научном мире общего мнения по вопросу влияния конкретных факторов на возникновение ДТП, практически не учитывается влияние неравномерности движения на показатели аварийности, считаем целесообразным в данном исследовании учитывать данный фактор как оказывающий влияние на конечную аварийность.

2.2 Разработка модели

По мнению большинства ученых, интенсивность движения является одним из основных факторов, влияющих на аварийность. Вместе с тем на безопасность дорожного движения влияют такие составляющие системы ВАДС как водитель и автомобиль. В связи с этим, в местах где находятся аварийно-опасные участки, комплекс дорожных условий будет предельно сказываться на коэффициенте относительной аварийности, в то время как воздействие других факторов будет значительно меньше. Таким образом, исследование воздействия дорожных условий, выраженных геометрическими данными автодорог на показатель относительной аварийности, в целях увеличения точности, уместно проводить собственно в местах концентрации ДТП.

Часть дорожно-транспортных происшествий зависит не только от общего количества транспортных средств в потоке движения по автомобильной дороге, но и от соотношения в нем автомобилей различных типов и других транспортных средств, различия в их скоростях, динамике, габаритах, грузоподъемности и степени загрузки. Чем более разнотипен транспортный поток, чем значительнее в нем диапазон скоростей, тем чаще возникают в нем потребности обгонов и тем более вероятна опасность дорожно-транспортных происшествий.

Рассмотрим интенсивность движения по видам транспорта, на рисунке 2.4 представлено процентное соотношение разных видов транспорта в часы пик и минимальную загруженность дороги.

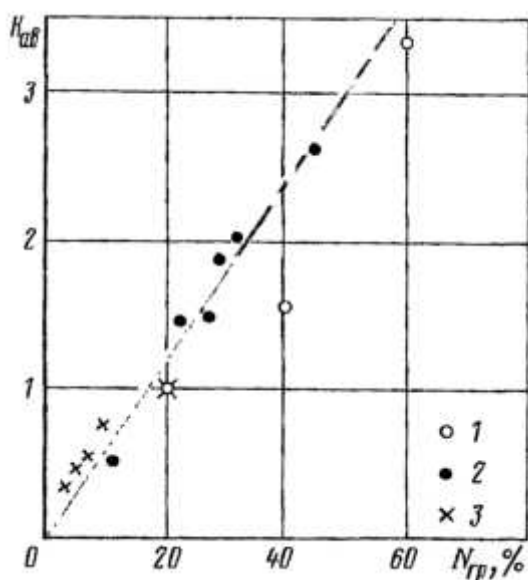


а) движение в «час пик»; б) движение в менее загруженное время

Рисунок 2.4 – Средние значения распределения состава транспортного потока на федеральной дороге Р-255:

Из рисунка 2.4 видно, что в разное время транспортный поток неравномерен. Так, например, в часы пик грузовой транспорт составляет 17%, так как возрастает количество легкового транспорта при интенсивности движения 22000 приведенных ед./сут, а в менее загруженное время грузовой транспорт приближен к 2/3 части всего потока.

Транспортный поток состоит из различных типов автомобилей, что приводит к внушительной разности в скоростях, ведь легковой автотранспорт передвигается с большей скоростью, чем грузовой, что и приводит к увеличению доли совершения обгонов и сокращению дистанции между автомобилями, касательно безопасной дистанции перед обгоном, несоблюдение которой и становится причиной увеличения риска ДТП. Анализируя статистику ДТП данные результаты подтверждаются. На рисунке 2.5 представлен график, на котором показаны изменения относительного числа ДТП в зависимости от доли грузовых автомобилей в транспортном потоке. Данная зависимость исследовалась многими исследователями в разных странах. На представленном графике видно, что число ДТП возрастает примерно в 3,5 раза при увеличении доли грузового транспорта, а также автобусов до 60% от общего числа транспортных средств в потоке.



1 -Ф. Битцля (ФРГ); 2 — П. Купина (Россия); 3 — М. Талаева (Россия)

Рисунок 2.5 – Рост относительного количества дорожно-транспортных происшествий при увеличении доли грузовых автомобилей и автобусов в составе транспортного потока

Доля грузовых автомобилей в транспортном потоке оказывает существенное влияние на число происшествий. С учетом статистических данных аварийности и на основе изучения роста относительного количества ДТП при повышении доли грузового транспорта в потоке, представленного на рисунке 2.5 Бабковым В.Ф. для итогового коэффициента, учитывающего влияние на безопасность движения, было решено вывести коэффициент влияние неравномерности состава транспортного потока на безопасность дорожного движения. (Рисунок 2.6)

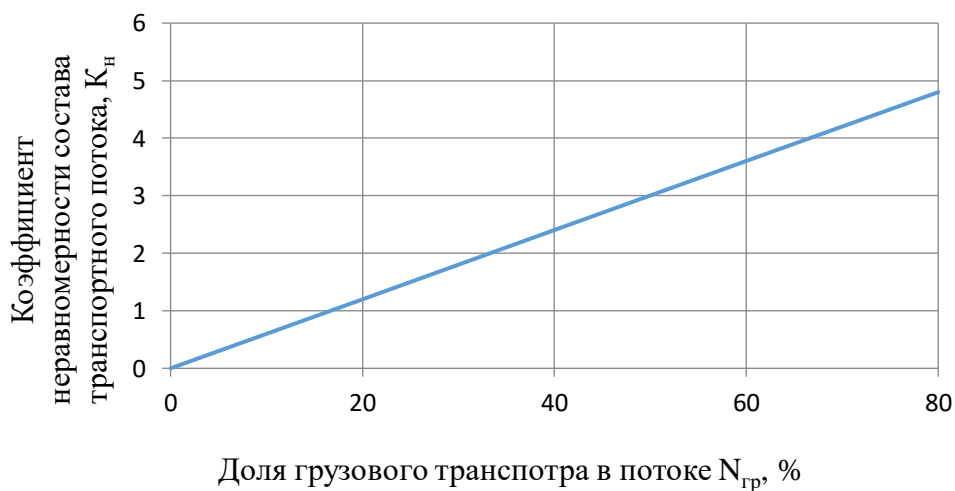


Рисунок 2.6 – Значение коэффициента неравномерности состава транспортного потока от процентного соотношения доли грузового транспорта

Данные коэффициенты неравномерности представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Коэффициент, учитывающий влияние состава транспортного потока

Количество грузовых автомобилей в потоке, %	10	20	30	40	50	60	70	80
K ₁₄	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8

На неравномерность состава транспортного потока могут повлиять множество факторов, например в ряде регионов России региональные и муниципальные автодороги весной закрываются на просушку, для этого ограничивают движение грузового транспорта. В этот период для проезда необходимо оформить специальное разрешение.

В большинстве случаев ограничивается максимальная осевая нагрузка. При этом её значение чаще всего зависит от количества осей у транспортного средства. Тем самым процентное соотношение грузовых автомобилей в потоке снижается, что и может влиять на снижение риска возникновения ДТП с участием грузовых автомобилей.

Временный запрет на следование по некоторым участкам автодорогам регулируется статьей 30 Федерального закона от 08.11.2007 N 257-ФЗ "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". Временные ограничение или прекращение движения транспортных средств по автомобильным дорогам могут устанавливаться в период:

- ремонта или реконструкции участка;
- неблагоприятных климатических условий, влияющих на прочность покрытия;
- повышения интенсивности движения в определенные дни и часы;
- других случаев, касающиеся дорог местного значения, населенных пунктов.

К дорогам предъявляется ряд требований, где одним из ключевых моментов ограничения грузового движения является, что дорожная одежда должна выдержать нормативную вертикальную, кратковременную нагрузку без разрушения дорожного полотна.

- Дороги I, II категории: покрытие капитальное, асфальто-бетонное, допускают максимальную нагрузку на ось 10 тонн.
- Категория III: улучшенное облегченное, гравийно-асфальтовое, 10 тонн на ось.
- Категория IV: твердое гравийное покрытие, 6 тонн на ось.
- V категория: без твердого покрытия, проложена по грунту, не выше 6 тонн [19].

Первым шагом перед началом проверки адекватности модели нужно определить вектор приоритетов важности каждого коэффициента, влияющего на итоговый коэффициент аварийности.

Для определения вектора приоритетов важности, самым оптимальным вариантом будет применение метода анализа иерархий теории принятия решений, разработанным американским ученым Томасом Саати.

Иерархию в рассматриваемой проблеме будем выявить посредством анкетирования.

Для начала обозначим значения шкалы, в этом случае Т.Саати описал один из примеров распределения важности параметров. При сравнении двух параметров необходимо распределить следующую шкалу относительной важности, в виде таблице 2.4 представлено более подробное описание нашей шкалы.

Таблица 2.4 – Шкала оценок относительной важности параметров

Степень важности	Определение	Примечание
1	Одинаковая значимость	Два действия вносят одинаковый вклад в достижение цели
3	Некоторое преобладание значимости одного действия перед другим (слабая значимость)	Опыт и суждение дают лёгкое предпочтение одному действию перед другим
5	Существенная или сильная значимость	Опыт и суждение дают сильное предпочтение одному действию перед другим
7	Очень сильная или очевидная значимость	Предпочтение одного действия перед другим очень сильно. Его превосходство практически явно.
9	Абсолютная значимость	Свидетельство в пользу предпочтения одного действия другому в высшей степени предпочтительны
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения между соседними значениями шкалы	Ситуация, когда необходимо компромиссное решение
Обратные величины приведенных чисел выше чисел	Если действию i при сравнении с действием j приписывается одно из приведенных выше чисел, то действию j при сравнении с i приписывается обратное значение	Обоснованное предположение
Рациональные значение	Отношение, возникающие в заданной шкале	Если постулировать согласованность, то для получения матрицы требуется n числовых значений

При сравнении элемента с самим собой имеем равную значительность, так что при построении матрицы на пересечении двух одинаковых значений заносим 1. Поэтому главная диагональ матрицы должна состоять из единиц. Заносим соответствующие обратные величины от $1/2$ до $1/9$ т. е. в позицию для обратного сравнения. Числа 2, 4, 6, 8 и их обратные величины используются для облегчения компромиссов между слегка отличающимися от основных чисел суждениями [16].

Далее эксперты должны отметить суждение, которое выражает превосходство элемента из левого столбца над соответствующим элементом из правого столбца. Если в действительности превосходство имеет место, то одна из позиций левее равенства будет отмечена. В обратном случае будет отмечено равенство справа. То же проделываем и для других альтернатив.

В ходе изучения различных методик был выведен основной перечень критериев, который учитывается при оценке безопасности дорожного движения. Данный перечень уже учитывался в магистерской работе Пуляновой К.В. [20] Предложенные ей критерии состоят из показателей характеризующих водителя, автомобиль, дорогу и среду. В качестве критериев оценки ей были рассмотрены параметры подсистем, которые максимально точно характеризуют каждый элемент системы «ВАДС», но данный список будет дополнен критерием характеризующий неравномерность транспортного потока, в виде его состава:

- 1 возраст водителя
- 2 классность водителя (стаж)
- 3 режим труда и отдыха
- 4 мощность и вес АТС
- 5 возраст АТС
- 6 техническое состояние АТС
- 7 состояние дорожного полотна
- 8 тип автомобильной дороги
- 9 интенсивность автомобильного потока
- 10 скорость автомобильного потока
- 11 наличие пересечений и примыканий
- 12 освещенность дороги
- 13 погодные условия
- 14 состав транспортного потока

В качестве дополнительного критерия выступает состав транспортного потока.

При сравнении пары критериев члены экспертной группы отвечают на вопрос, какой критерий важен с точки зрения надежности системы «ВАДС».

После проведения опроса следующим шагом является вычисление вектора приоритетов. Для этого необходимо, умножить n элементов каждой строки и извлечь корень n -ой степени (формула 2.9)

$$a_i = \sqrt[n]{K_{i1} * K_{i2} * \dots * K_{ij}}, \quad (2.9)$$

где a_i – значение собственного вектора для оценки i -ого параметра;

n – размерность матрицы;

K_{ij} – парная сравнительная оценка i -ого критерия относительно j -ого параметра (данная оценка дается с помощью таблицы 2.4).

Совокупность значений a_i создает вектор собственных значений, представленный в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Вектор собственных значений

№ п/п параметра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
a_i	0,49	1,02	0,85	0,55	0,76	1,51	1,79	1,07	1,29	1,34	0,65	1,44	1,72	0,84

Затем производится нормализация оценок собственных векторов (b_i) по формуле:

$$b_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i}, \quad (2.10)$$

Совокупность b_i будет составлять вектор приоритетов важности параметров оптимальной модели сочетания параметров системы «ВАДС».

После вычисления b_i необходимо проверить согласованность матрицы суждений. Как описал Т.Саати, отклонение от согласованности может быть выражено индексом согласованности матрицы (ИС):

$$ИС = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1), \quad (2.11)$$

Ниже в таблице 2.6 представлен порядок матрицы и средние СИ, определенные так, как описано выше

Таблица 2.6 – Порядок матрицы и среднее СИ

Порядок матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Среднее СИ	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Отношение ИС к среднему СИ для матрицы того же порядка называется отношением согласованности (ОС). Значение ОС, меньшее или равное 0,10, будем считать приемлемым.

После сравнения параметров, результаты заносятся в таблицу В.1 приложения В.

Полученные значения вектора приоритета каждого параметра подставляем в формулу (2.8):

$$K = 0,03 * K_1 + 0,07 * K_2 + 0,05 * K_3 + 0,03 * K_4 + 0,05 * K_5 + 0,10 * K_6 + 0,12 * K_7 + 0,07 * K_8 + 0,09 * K_9 + 0,09 * K_{10} + 0,04 * K_{11} + 0,09 * K_{12} + 0,11 * K_{13} + 0,05 * K_{14} \rightarrow \min$$

Применение полученной математической зависимости для определения коэффициента аварийности, эффективность мероприятий по повышению БДД возможно на участках, являющихся очагами аварийности. Согласно произведенным расчетам можно спрогнозировать значение коэффициента, если известны значения параметров дорожных условий на этом участке автодороги. При этом значение будет неизменным в случае постоянства дорожных условий.

3 Методики проведения эксперимента и обработки данных

Для дальнейшего исследования аварийности на местах концентрации ДТП взяты конкретные аварийно-опасные участки исходя из анализа статистики ДТП за последние года. Рассмотрим несколько из участков автомобильных дорог федерального значения Красноярского края Р-255. Из анализа аварийности в первой части работы были выявлены опасные участки – км 784 и км 893.

3.1 Исследование аварийных участков по интенсивности и составу транспортного потока

Согласно ГОСТ 32965-2014 существует 2 метода учета интенсивности движения транспортного потока:

1 Автоматизированный метод учета интенсивности движения. Метод основан на применении технических средств, позволяющих в автоматизированном режиме выполнять учет установленных типов транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования.

2 Визуальный метод учета интенсивности движения. Метод основан на визуальном наблюдении и фиксировании количества транспортных средств, проходящих по автомобильной дороге [21].

Для определения интенсивности был выбран визуальный метод учета, при данном методе использовалось следующее оборудование:

- фотоаппарат (Canon EOS 550D EFS 18-135mm), позволяющее зафиксировать аварийно-опасный участок, сделать фото и видео съемку;
- видеорегистратор (Mio MiVue C550 с расширением 1920×1080 при 30 к/с)

Визуальный учет интенсивности движения, при результате обработки данных определяются такие показатели как:

- часовая интенсивность движения по всем категориям и группам транспортных средств;
- суточная интенсивность движения по всем категориям и группам транспортных средств в дни проведения учета.

При учете часовой интенсивности движения для оценки продолжительности учета допускается использовать график, представленный на рисунке 3.1.

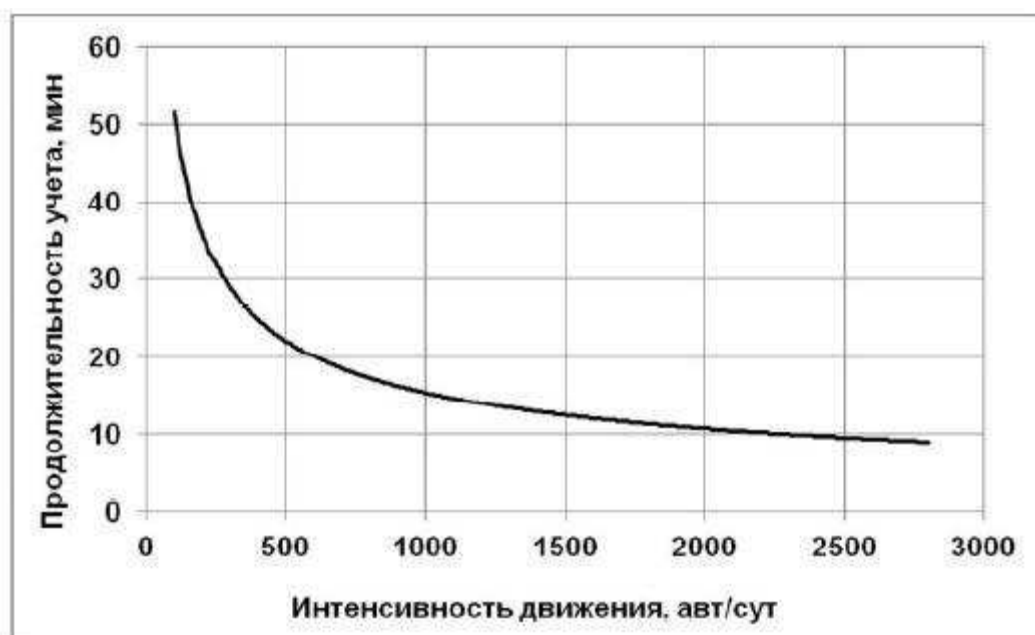


Рисунок 3.1 – Монограмма для определения продолжительности учета часовой интенсивности движения

Коэффициенты приведения интенсивности движения различных транспортных средств к легковому автомобилю следует принимать по таблице 3.1 [1].

Таблица 3.1 – Коэффициент приведения транспортных средств к легковому автомобилю

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения
Легковые транспортные средства	1,0
Автобусы	2,5
Троллейбусы	3,0
Сочлененные автобусы и троллейбусы	4,0
Мотоциклы и мопеды	0,5
Велосипеды	0,3
Грузовые автомобили массой, т:	
до 4	2,0
4-8	2,5
Более 8	3,5
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
до 12	4,0
12-20	5,0
20-30	6,0
свыше 30	8,0

При расчете среднесуточной интенсивности движения ($N_{сут}$) значение интенсивности одночасового замера ($N_{ч}$) необходимо разделить на переводной коэффициент по следующей формуле (3.1):

$$N_{сут} = \sum_i^n \frac{N_{чi}}{K_{ч}}, \quad (3.1)$$

где $N_{чi}$ - одночасовая интенсивности движения каждой категории ТС;

$K_{ч}$ - переводной коэффициент от часовой к суточной интенсивности движения, принимается в соответствии со значениями, приведенными в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Переводной коэффициент от часовой к суточной интенсивности движения в зависимости от часа проведения замера

Время (начало) проведения замеров	9	10	11	14	15	16	17	18
Переводной коэффициент - $K_{ч}$	0,0653	0,0637	0,0659	0,0644	0,0608	0,0635	0,0631	0,0655

Данные о замерах часовой и итоговой суточной интенсивности на федеральной дороге Р-255 на участке км 784 в зависимости от группы транспортных средств и их коэффициентов представлены в таблице 3.3 [23].

Таблица 3.3 – Замер учета часовой и суточной интенсивности движения

Группы ТС	Временные интервалы замеров интенсивности движения	$N_{чi}$	$N_{сут}$
	15-20		
Легковые автомобили	258	774	12266
Грузовые автомобили, грузоподъемностью до 5,0 т	7	21	832
Грузовые автомобили и автопоезда, грузоподъемностью от 5,0 до 12,0 т	4	12	666
Грузовые автомобили и автопоезда, грузоподъемностью от 12,0 до 20,0 т	8	24	1902
Автопоезда, грузоподъемностью свыше 20,0 т	34	102	9699
Автобусы	1	3	119
Всего:			25483

Все расчеты интенсивности движения были проведен согласно ГОСТ 32965-2014 «Методы учета интенсивности движения транспортного потока» [24].

Далее рассмотрим состав движения по видам транспортных средств, на рисунке 3.2 представлено процентное соотношение разных видов транспорта в часы пик и минимальную загруженность дороги.

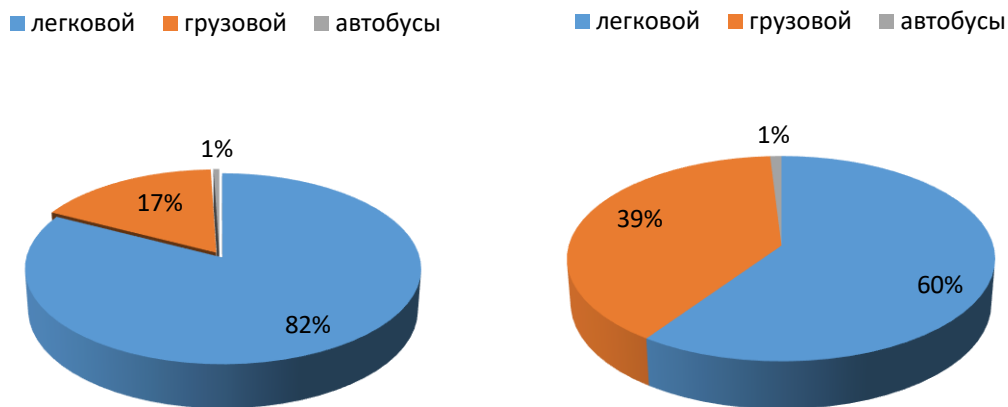


Рисунок 3.2 – Средние значения распределения состава транспортного потока на федеральной дороге Р-255

Из рисунка 3.2 видно, что в разное время транспортный поток неравномерен.

При анализе аварийности была использована информация по карточкам ДТП с учетом использования данных ширины и долготы для определения точно места происшествия. На месте концентрации ДТП федеральной автодороги Р-255 на 784 км произошло 6 ДТП из них 5 столкновений и 1 наезд на препятствие. На рисунке 3.3 представлен топографический анализ ДТП.



Рисунок 3.3 – Топографический анализ ДТП аварийно-опасного участка федеральной дороги Р-255 на участке км 784

В таблице 3.4 приведены данные за период 2018-2020 год по ДТП на аварийно-опасном участке км 784+000 – км 785+000 с причинами совершения ДТП.

Таблица 3.4 – Данные по ДТП на аварийно-опасном участке км 784+000 – км 785+000 за 2018 - 2020 год

Местоположение	Дата	Погибло/ ранено	Сопутствующие причины
784+000	13.12.2018	1/1	Темное время суток, выезд на полосу встречного движения
784+006	23.11.2019	0/3	Выезд на полосу встречного движения, снегопад
784+070	03.01.2019	0/2	Снегопад, проезжая часть со снежным накатом
784+100	29.01.2020	0/1	Нарушение правил расположения ТС на проезжей части
784+300	07.01.2019	0/2	Выезд на полосу встречного движения
784+600	16.01.2019	0/3	Выезд на полосу встречного движения

Исходя из фотографий с места аварийно-опасного участка видно, что участок имеет поворот, с незначительными перепадами высот, видимость обеспечена в прямом и обратном направлении. На рисунке 3.4 представлены фотографии аварийно-опасного участка федеральной автомобильной дороги Р-255.



Рисунок 3.4 – Фотографии аварийно-опасного участка федеральной автомобильной дороги Р-255

3.2 Исследование скоростного режима на федеральной автомобильной дороге Р-255

Проведем замеры скорости потока автотранспортных средств на 784 км федеральной дороги Р255. (Рисунок 3.5)



Рисунок 3.5 – Участок замера скорости транспортного потока на 784 км автомобильной дороги Р255

Для определения скорости движения ТС были проведены замеры времени прохождения участка дороги равного 20 м. Зная пройденный путь и время, скорость движения определим по формуле (3.1):

$$V = S/t \quad (3.1)$$

где S – пройденное расстояние, = 20 м;

t – время прохождения заданного участка.

В ходе вычислений было определено среднее значение скорости ТС – 73 км/ч.

3.3 Целесообразность разработанной методики

Для проверки целесообразности разработанной методики, необходимо провести экспериментальное исследование на конкретном участке.

Коэффициент аварийности является обобщенным показателем, позволяющим принять решение о надежности системы. Чем ниже значение этого показателя, тем выше оценка оптимальности использования сочетание параметров элементов системы.

На основе полученных значений дорожных условий, для исследуемого аварийно-опасного участка определяется коэффициент относительной аварийности. Исходные данные приведены в Приложении Г.

На основании выведенного алгоритма в магистерской работе Пульяновой К.В. «Разработка организационно-технических мероприятий по снижению аварийности на междугородной дорожной сети Красноярского края», автором были установлены приоритетные параметры, применяемые в конкретных случаях.

Проверку адекватности модернизированной модели проверяется на определенном участке в общем случае для этого такие параметры как возраст водителя, классность водителя (стаж), режим труда и отдыха, мощность и вес АТС, возраст АТС, техническое состояние АТС, освещенность дороги и погодные условия принимаем за константу. В связи с этим формула примет следующий вид:

$$K' = 0,12 * K_7 + 0,07 * K_8 + 0,09 * K_9 + 0,09 * K_{10} + 0,04 * K_{11} + 0,05 * K_{14} \rightarrow \min$$

Исходя из анализа аварийности, проведенного в главе 1, были выявлены аварийно-опасные участки, одним из которых является участок на км 784 автомобильной дороги Р-255, вторым участком был выбран км 893 на автомобильной дороге Р-255.

3.3.1 Апробация методик на участке 784 км на федеральной трассе Р-255

1. Рассчитаем итоговый коэффициент аварийности по усовершенствованной методике с учетом грузовых транспортных средств. Значения коэффициентов для данного участка представлены в таблице 3.5

Таблица 3.5 – Значения коэффициентов аварийности на участке км 784 автомобильной дороги Р-255

Наименование коэффициента	Значение	Примечание
Состояние дорожного полотна (K7)	1	Недостатки дорожного полотна отсутствуют
Тип автомобильной дороги (K8)	1,25	Двухполосные дороги
Интенсивность автомобильного потока (K9)	1,82	23914 авт/сут
Скорость автомобильного потока (K10)	1,04	73 км/ч
Наличие пересечений и примыканий (K11)	1	2 шт
Состав автомобильного потока (K14)	2,4	40% грузового транспорта в составе потока

Зная все нужные параметры и значения коэффициентов, мы можем рассчитать итоговый коэффициент аварийности по усовершенствованной методике с добавлением коэффициента состава автомобильного потока, получаем следующие вероятности возникновения ДТП:

$$K'_{784} = 0,12 * 1 + 0,07 * 1,25 + 0,09 * 1,82 + 0,09 * 1,04 + 0,04 * 1 + 0,05 * 2,4 = 0,62$$

Коэффициент аварийности по данной методике оценки безопасности является обобщенным показателем позволяющим принять решение о надежности системы. Значение показателя помогает произвести оценку оптимальности использования в сочетании параметров элементов системы. Соответственно, чем ниже значение этого показателя, тем выше будет оценка

2. Для того чтобы убедиться в адекватности усовершенствованной модели, необходимо сравнить полученные значения с изначальной методикой [20], значения коэффициентов применяются из таблицы 3.5.

$$K_{784} = 0,13 * 1 + 0,08 * 1,25 + 0,09 * 1,82 + 0,09 * 1,04 + 0,04 * 1 = 0,53$$

Разница между значениями по усовершенствованной методике с добавлением коэффициента состава автомобильного потока и изначальной методикой составляет менее 10 %, данная разница показывает небольшую корректировку модели.

3. Для того чтобы проследить корреляцию предлагаемой математической модели, считаем по стандартной методике по расчету коэффициента относительной аварийности. Сравним полученные значения с коэффициентами происшествий [12], из указаний по обеспечению безопасности движения, рассчитанные по формуле (2.1):

$$И_{784} = \frac{10^6 * 5}{365 * 23914} = 0,57.$$

Разница между усовершенствованной методикой и полученным коэффициентом происшествий составляет 8,68 %, а между первоначальной методикой коэффициента аварийности и коэффициентом происшествий составляет 7,93 %. Вычислительные эксперименты показали, что применение разработанной математической модели с учетом коэффициента неравномерности транспортного потока является актуальным решением.

4. Для того чтобы убедиться в достоверности рассчитанных значений по усовершенствованной методике в соответствии с ОДМ 218.4.005-2010 по принципу «Методики коэффициентов аварийности» В.Ф. Бабкова мы можем

определить итоговый коэффициент аварийности по формуле (2.5) представленной ранее во второй части работы:

$$K_{\text{итог}} = \prod_{i=1}^{18} K_i,$$

Частные коэффициенты аварийности для расчета по исследуемому участку сведены в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Значения частных коэффициентов аварийности

Наименование параметра	Обозначение коэффициента	Км 784
Интенсивность движения, тыс. авт/сут	K1	0,6
Ширина проезжей части, м	K2	1,05
Ширина обочин, м	K3	1,2
Продольный уклон, %	K4	-
Радиус кривых в плане, м	K5	-
Видимость, м	K6	-
Ширина проезжей части мостов по отношению к проезжей части дороги	K7	-
Длина прямых участков, км	K8	1
Тип пересечения	K9	1,5
Пересечения в одном уровне, интенсивность движения по основной дороге, авт/сут	K10	4
Видимость пересечения в одном уровне с примыкающей дороги, м	K11	1
Число основных полос на проезжей части для прямых направлений движения	K12	1
Расстояние от застройки до проезжей части, м	K13	-
Длина населенного пункта, км	K14	-
Длина участков на подходах к населенным пунктам, м	K15	-
Коэффициент сцепления	K16	-
Ширина разделительной полосы, м	K17	-
Расстояние от кромки проезжей части до обрыва глубиной более 5 м, м	K18	-

Подставляем значения таблицы 3.6 в формулу и получаем значения:

$$K_{784}^{\text{итог}} = 0,6 * 1,05 * 1,2 * 1 * 1,5 * 4 * 1 * 1 = 4,54,$$

Полученное значение коэффициента показывает, что участок является слабо-аварийным, по итоговому коэффициенту аварийности Бабкова В.Ф. и усовершенствованной методике устанавливается корреляционная связь.

Для проверки применимости методики на различных участках, рассмотрим апробацию второго участка. Для данного расчета был выбран участок дороги на км 893 автомобильной дороги Р-255 федерального значения.

3.3.2 Апробация методик на участке 893 км на федеральной трассе Р-255

Производить расчет будет по той же схеме, как и на первом участке.

1. Рассчитаем итоговый коэффициент аварийности по усовершенствованной методике. Значения коэффициентов для данного участка представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Значения коэффициентов аварийности на участке км 893 автомобильной дороги Р-255

Наименование коэффициента	Значение	Примечание
Состояние дорожного полотна (К7)	1	Недостатки дорожного полотна отсутствуют
Тип автомобильной дороги (К8)	1,25	Двухполосные дороги
Интенсивность автомобильного потока (К9)	3,79	17049 авт/сут
Скорость автомобильного потока (К10)	1,25	112 км/ч
Наличие пересечений и примыканий (К11)	1	2 шт
Состав автомобильного потока (К14)	1,8	26% грузового транспорта в составе потока

Подставляем значения таблицы 3.7 в формулу по усовершенствованной методике с добавлением коэффициента состава автомобильного потока, получаем следующие вероятности возникновения ДТП:

$$K'_{893} = 0,12 * 1 + 0,07 * 1,25 + 0,09 * 3,79 + 0,09 * 1,25 + 0,04 * 1 + 0,05 * 1,8 = 0,77$$

2. Далее чтобы убедиться в адекватности усовершенствованной модели, сравним полученное значение по изначальной методике:

$$K_{893} = 0,13 * 1 + 0,08 * 1,25 + 0,09 * 3,79 + 0,09 * 1,25 + 0,04 * 1 = 0,72$$

Разница между значениями по усовершенствованной методике с добавлением коэффициента состава автомобильного потока и изначальной методикой составляет менее 10 %, что является допустимым, как и на первом участке.

3. Так же рассчитываем по стандартной методике коэффициента относительной аварийности и получаем значения:

$$I_{893} = \frac{10^6 * 5}{365 * 17049} = 0,80.$$

Сравнив, значения коэффициентов по стандартной методике и рассчитанные значения по усовершенствованной и первоначальной, видим, что

с использованием коэффициента состава автомобильного потока данные являются более достоверными. На участке км 893, если использовать первоначальную методику разница составит 9,94%, разница по усовершенствованной методике составила 3,69%, когда разница может достигать 5%, что может интерпретироваться как погрешность расчетов, что говорит о повышении точности модели при ее усовершенствовании.

4. Рассмотрим методику коэффициентов аварийности В.Ф. Бабкова. Значения частных коэффициентов аварийности для расчета по исследуемому участку сведены в таблицу 3.8

Таблица 3.8 – Значения частных коэффициентов аварийности

Наименование параметра	Обозначение коэффициента	Км 893
Интенсивность движения, тыс. авт/сут	K1	1
Ширина проезжей части, м	K2	0,7
Ширина обочин, м	K3	1,2
Продольный уклон, %	K4	-
Радиус кривых в плане, м	K5	-
Видимость, м	K6	1
Ширина проезжей части мостов по отношению к проезжей части дороги	K7	3
Длина прямых участков, км	K8	1
Тип пересечения	K9	1,5
Пересечения в одном уровне, интенсивность движения по основной дороге, авт/сут	K10	4
Видимость пересечения в одном уровне с примыкающей дороги, м	K11	1
Число основных полос на проезжей части для прямых направлений движения	K12	1
Расстояние от застройки до проезжей части, м	K13	-
Длина населенного пункта, км	K14	-
Длина участков на подходах к населенным пунктам, м	K15	-
Коэффициент сцепления	K16	
Ширина разделительной полосы, м	K17	-
Расстояние от кромки проезжей части до обрыва глубиной более 5 м, м	K18	-

Подставляем значения таблицы 3.8 в формулу и получаем значения:

$$K_{893}^{\text{итог}} = 1 * 0,7 * 1,2 * 1 * 3 * 1 * 1,5 * 4 * 1 * 1 = 15,12,$$

При полученном значении коэффициента аварийности, рекомендуется перепроектировать участок автомобильной дороги.

Методика коэффициентов аварийности Бабкова В.Ф. предусматривает учет статистических данных не всегда актуальных при изменении некоторых динамических параметров (скорости, состава потока и т.п.). При применении

усовершенствованной методики на различных участках автомобильных дорог данные условия рассматривались, что позволяет учитывать параметры в динамике.

3.4 Вывод по главе 3

1. Установлена закономерность влияния состава транспортного потока в части габаритных и большегрузных транспортных средств на возникновение аварийности с помощью статистики ДТП на дорогах федерального значения Красноярского края;

2. Усовершенствована методика на основе учета ДТП с участием габаритных и большегрузных транспортных средств на дорогах федерального значения Красноярского края;

3. Представлены результаты приведенных методик экспериментальных исследований и произведена проверка адекватности разработанной модели;

4. Было произведено сравнения значений коэффициентов аварийности по методике определения коэффициента происшествий и рассчитанные значения по усовершенствованной и первоначальной методике определения итоговых коэффициентов аварийности, на различных участках, Сравнив значения наблюдается, что с использованием коэффициента состава автомобильного потока данные являются более достоверными. На участке км 784 разница между двух методик составляет 8,68%, а на участке км 893 разница составила 3,69%. Тем самым полученные данные говорят о высокой адекватности усовершенствованной модели.

4 Мероприятия, направленные на повышение безопасности дорожного движения

4.1 Грузовики-беспилотники

Большинство ДТП возникает из-за человеческого фактора. Так, в США около 90% аварий с участием грузовиков происходят по вине водителей [25]. Создание беспилотных грузовых автомобилей позволит исключить нарушение скоростного режима, усталость, вождение в нетрезвом состоянии и другие нарушения [26].

Совершенствование грузоперевозок возможно в двух направлениях. Первое — это минимизация участия человека в процессе управления автомобилем: переход от полного водительского контроля до внедрения антиблокировочной тормозной системы (ABS), круиз-контроля, системы удержания полосы и т.д. В перспективе пользователю нужно будет лишь указывать пространственную координату объекта-цели. Второе направление — это развитие технологий, которые позволяют автомобилям обмениваться друг с другом данными (Vehicle-to-Vehicle, V2V). Такая система помогает избегать опасных обгонов, включает электронный стоп-сигнал в случае опасности, информирует об обстановке в «слепых зонах». Например, в грузовых транспортных колоннах станет возможным использование кооперативного адаптивного круиз-контроля. В дальнейшем это позволит сделать движение грузовиков полностью автономным [27].

4.2 Перемещение ограждения в часы пик

Для предотвращения лобовых столкновений на дороге устанавливают ограждения для разделения полос встречного движения. Иногда для оптимизации дорожного трафика требуется отдавать центральные полосы под реверсивное движение.

Монтаж или демонтаж барьерного ограждения — это фактически строительная операция, предусматривающая участие грузовика (транспортера отдельных блоков) и крана, который блоки устанавливает. Один блок весит обычно примерно полтонны. Процесс идет медленно, и все это время грузовик и кран плотно закупоривают одну полосу движения.

Машины-молнии придумали еще в 1980-е годы, и впервые была применена в Новой Зеландии на мосту, пересекающем Оклендскую Гавань. Большим событием стало оборудование передвижным барьером моста «Золотые ворота», соединяющим Сан-Франциско с северными пригородами, которые расположены на противоположной стороне пролива. Разрешенная скорость движения на мосту 45 миль в час (порядка 70 км/ч), но часто поток автомобилей едет быстрее [28].

Именно для оптимизации процесса демонтажа отбойников и была создана машина Road Zipper («Дорожная застёжка»). Официальное название у машины

другое - Barrier Transfer Machine (BTM), то есть «Машина для перестановки барьеров». Предназначена эта необычная техника для работы с передвижными отбойниками. (Рисунок 4.1)



Рисунок 4.1 – Машина для перестановки барьеров «Road Zipper»
(дорожная застежка-молния)

Под ее днищем расположен S-образный захват, представляющий собой направляющие с двумя рядами обрешеченных роликов. Ролики вкатываются в вырезы на блоках, которые образуют по всей длине барьера, слегка приподнимают барьер и переносят его на заданное расстояние. Работа по передвижению барьера может осуществляться без перекрытия движения. Машина, имеющая по одной водительской кабине с каждой стороны, движется со скоростью 8–16 км/ч, так что на максимальном значении она способна переставить все четырехкилометровое ограждение на «Золотых воротах» всего за четверть часа.

Машина имеет возможность за один проход передвигать ограждение на расстояние от 1,2 до 7,3 м. Данная техника остается редким видом сервисной дорожной техники, эксплуатирующимся в основном на мостах в США, Австралии и Новой Зеландии.

4.3 Шумовые осевые разметки на разделительной полосе

Устройство шумовых разметок на автомобильных дорогах показывает высокую эффективность технологии в разных странах мира. Было установлено,

что шумовые полосы существенно повышают безопасность дорожного движения. Разметки широко используются в 85% штатов США, где значительно уменьшают количество смертельных случаев за год.

В Японии за счет устройства шумовых разметок по сплошной разделительной линии и на обочине на 55% сократилось количество столкновений автомобилей со встречным транспортом. В Дании, Швеции и Финляндии шумовые полосы позволили достичь существенного снижения уровня аварийности. В этих странах их устройство – обязательное условия для нового автодорожного строительства.

В зависимости от расположения на автодороге, дорожные шумовые разметки подразделяются на следующие виды:

1. Поперечная шумовая полоса. Устанавливается в поперечном направлении автомобильной дороги, при этом высота над уровнем проезжей части составляет 5-10 мм. Край поперечной шумовой полосы должен иметь уклон по направлению движения транспорта.

2. Продольная шумовая полоса. Она устанавливается вдоль разделительной или краевой разметки проезжей части дороги. Ее устраивают на автодорогах шириной более 7 м, при этом они должны иметь краевые укрепительные полосы соответственно с «ДБН В.2.3-4:2015 Автомобильные дороги» [29].

4. Осевая шумовая разметка. Ее наносят на центральной разделительной полосе по оси дороги, чтобы предупреждать водителей автотранспорта о выезде на встречную полосу.

На рисунок 4.2 представлен пример нанесения шумовой разметки.



Рисунок 4.2 – Осевая шумовая разметка

Нанесение шумовой полосы – это недорогой и эффективный способ снижения количества аварий на автомобильных дорогах. Долговечность и показатель аварийности зависят от правильно выбранных материалов. Оптимальный тип шумовой полосы определяется после оценки автодорожной ситуации на определенном отрезке дороги. На срок службы разметки влияют факторы: качество автодорожного покрытия, условия движения на конкретном участке, соблюдение технологии нанесения шумовой полосы и содержание автодорожного покрытия.

По виду используемого материала и технологии нанесения различают шумовые полосы:

1. Из холодного пластика и термопластика;
2. Из покрытий противоскольжения;
3. Выполненные методом фрезерования асфальтного покрытия;
4. Шумовая полоса, выполненная особым методом монтажа металлических скоб [30].

На рисунке 4.3 представлены шумовые полосы по типу используемого материала.

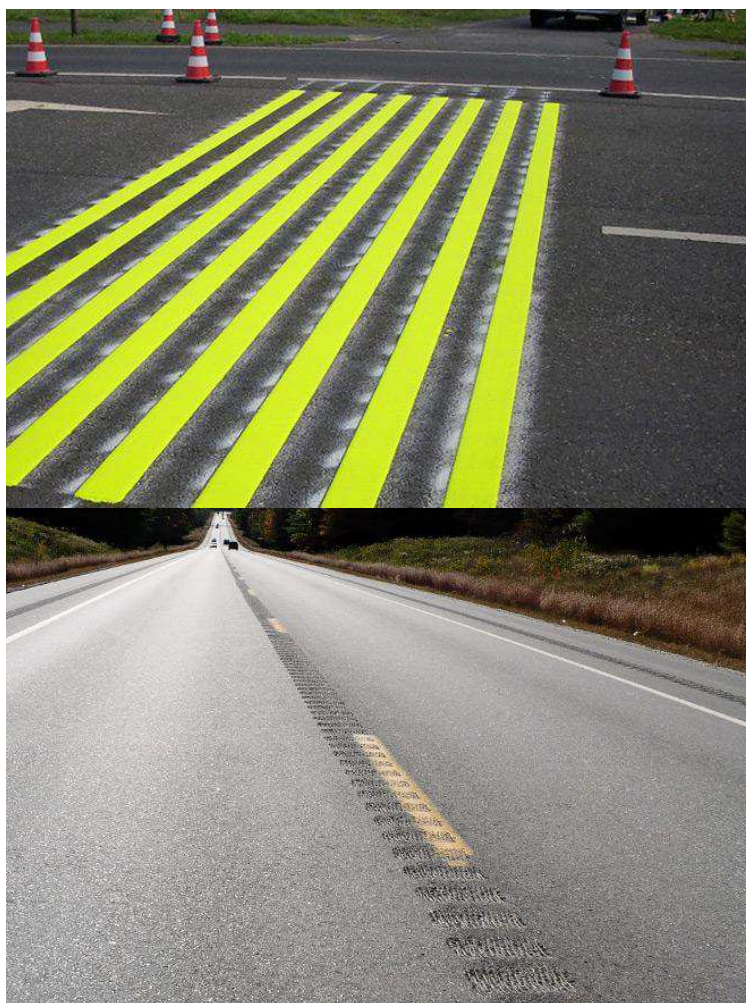


Рисунок 4.3 – Пример выполнения шумовых полос на автомобильных дорогах

Шумовые полосы является безопасной для подвески транспорта, но шумовой эффект и тряска от неё значительно сильнее. Её не может не заметить ни водитель, ни пассажир транспортного средства.

4.4 Ограничение скоростного режима с помощью динамических дорожных знаков

В России начинают тестирование технологии, которая включает в себя динамические дорожные знаки совместно со схемой видеофиксации нарушений скоростного режима. Это должно стимулировать водителей снижать скорость в сложных дорожных условиях (Рисунок 4.4).

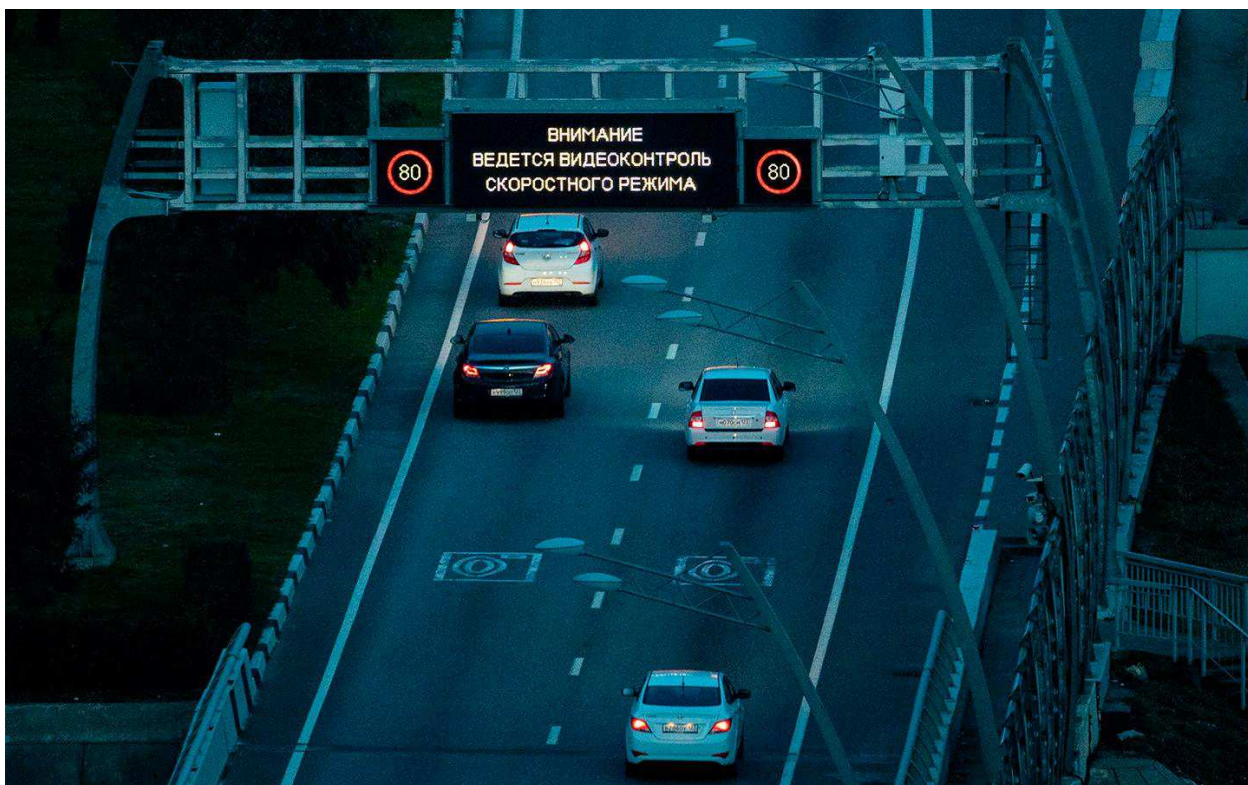


Рисунок 4.4 – Динамические дорожные знаки

Сейчас на некоторых участках дорог установлены стационарные дорожные знаки, которые сопровождают таблички 8.16 «Влажное покрытие». Так, на дорогах с допустимой скоростью 90 км/ч могут стоять знаки, рекомендуемые в сильный дождь ехать не более 70 км/ч. Это снижение станет уже обязательным, поскольку знак работает совместно с дорожными камерами. К одному знаку будет привязано несколько камер. Две будут установлены последовательно перед рамкой — они фиксируют машину на подъезде к табло переменной информации. Третью камеру разместят на некотором расстоянии за комплексом — она измерит скорость автомобиля уже в зоне действия знака. Главное правило станет то, что на камеру обязательно должны попасть знак переменной информации, изображение автомобиля и его государственный

регистрационный номер. Это исключит спорные ситуации и продемонстрирует, что водитель знак видел.

Светодиодные дорожные знаки характеризуются:

- отображаемая на них информация хорошо воспринимается глазом вне зависимости от времени суток или меняющейся погоды. Изображение всегда контрастное, четкое и яркое, даже в солнечный день;

- камеры фиксации скоростного режима автоматически реагируют на изменение информации на динамических знаках, как например обычные камеры фиксации скоростного режима не могут перестраиваться так же быстро, как и информационные щиты. Как правило, они настроены на фиксацию только одного скоростного нарушения;

Таким образом, от меняющихся цифровых предупреждений мало пользы. Динамическая технология предполагает перенастройку камер совместно с цифровыми панелями над автострадами.

Таким же образом возможно менять скоростной режим на каждую полосу движения для различных видов транспорта исходя из интенсивности движения и состава транспортного потока (рисунок 4.5).



Рисунок 4.5 – Светодиодные дорожные знаки и таблички

Подобные динамические знаки сейчас можно встретить, например, на московской кольцевой автомобильной дороге (МКАД) или на некоторых

скоростных трассах (М-4 "Дон", М-11 "Нева"). Скоростной лимит там действительно меняется в непогоду — снижается со 110 км/ч до 90 км/ч.

4.5 Применения мероприятий, направленные на повышение безопасности дорожного движения с учетом регулирования потока

Проанализировав различные методы направленные на повышение безопасности с учетом регулирования состава транспортного потока, можно прийти к выводу, что все предложенные мероприятия могут быть применены на участках дорог Красноярского края. Так, например протяженность только дорог федерального значения составляет 1 236 км, тем самым можно рассматривать мероприятия в зависимости от ситуационной аварийности участков.

Для выявления участков, на которых необходимо применение мероприятий, направленные на безопасность дорожного движения с помощью регулирования состава транспортного потока, можем использовать усовершенствованную математическую модель, описанную в п. 2.2 (формула 2.8).

Во время проверки адекватности усовершенствованной модели на участке км 893 дороги федерального значения Р-255, и изучения карточек ДТП, выяснилось, что на участке необходимы мероприятия по снижению аварийности и обеспечению безопасности дорожного движения.

К таким мероприятиям можно отнести:

- установку разделительного ограждения, в связи с тем что основным видом ДТП является встречное столкновение, либо нанесение линии осевой разметки 1.3 из термопластичного материала желтого цвета с применением продольных шумовибрационных полос белого цвета;

- установка динамических знаков 3.24 «Ограничение максимальной скорости 60 км/ч» с дополнительной табличкой 8.4.1 «Вид транспортного средства».

- установка комплекса автоматической фиксации административных правонарушений.

- рекомендуется предусмотреть реконструкцию данного участка автодороги с проведением мероприятий по расширению проезжей части до 4-х полос для движения транспортных средств, установке осевого металлического барьерного ограждения и строительству линии стационарного электрического освещения.

4.6 Вывод по главе 4

Рассмотренные методы, направленные на повышение безопасности дорожного движения, при помощи регулирования состава транспортного потока активно применяются в зарубежных странах.

Предлагаемые мероприятия позволят снизить количество ДТП на аварийно-опасных участках, сведут к минимуму аварийность, связанную с участием большегрузного транспорта и в целом повысят безопасность дорожного движения на автомобильных дорогах.

На сегодняшний день практически не используются на территории Российской Федерации, либо используются в тестовом режиме.

Так например, перемещение барьерного ограждения подойдет с высокой интенсивностью движения в определенное время, а предложение по применению динамических дорожных знаков с переменной информацией о максимально допустимой скорости движения позволит повысить информативность водителей о реальной дорожной ситуации и снизить аварийность. Так как чаще всего водители придерживаются максимально допустимой скорости движения, указанной на дорожных знаках, не принимая во внимание, что при изменении погодных условий, состояния дорожного полотна и интенсивность транспортного потока влияют на безопасность дорожного движения.

Нанесение осевой шумовой разметки может повлиять на уменьшение количества встречных ДТП, связанных с нарушением правил обгона водителями автомобилей.

Для снижения аварийности на междугородней дорожной сети Красноярского края могут быть применены все выше предложенные методы в зависимости от категории дороги и характера движения транспортного потока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения статистического анализа дорожно-транспортных происшествий на дорогах федерального значения на территории Красноярского края, было выявлено, что треть всех ДТП связано с участием большегрузных транспортных средств являются смертельными. В связи с этим, проблема безопасности дорожного движения является актуальной.

На основе проведенного анализа аварийности в Красноярском крае были определены аварийно-опасные участки на федеральных дорогах, основные виды ДТП, основные виды нарушений ПДД и участие различных транспортных средств в ДТП. Была установлена закономерность состава транспортного потока в части грузовых транспортных средств на аварийность.

С учетом всех данных была проанализированы математические модели для определения надежности системы «ВАДС» и была разработана методика на основе учета ДТП с участием грузовых транспортных средств;

В ходе эксперимента на аварийных участках были рассмотрены: интенсивность движения, скорость потока и состав автомобильного потока. Также было определено числовое значение коэффициентов аварийности и коэффициентов происшествий на аварийных участках, на основе которых была подтверждена адекватность усовершенствованной математической модели надежности системы «ВАДС» и сравнение итоговых значений с другими методиками определения коэффициентов аварийности.

Предложены методы и способы повышения безопасности на аварийно-опасных участках, а также участках для предотвращения ДТП с выделением методов для значимого фактора.

Было произведено сравнения значений коэффициентов по стандартной методике и рассчитанные значения по усовершенствованной и первоначальной, на различных участках, По данным сравнения видим, что с использованием коэффициента состава автомобильного потока данные являются более достоверными. На участке км 784 разница составляет 8,68%, а на участке км 893 разница составила 3,69%. Методика коэффициентов аварийности Бабкова В.Ф. предусматривает учет статистических данных не всегда актуальных при изменении некоторых динамических параметров (скорости, состава потока и т.п.). При применении усовершенствованной методики на различных участках автомобильных дорог данные условия рассматривались, что позволяет учитывать параметры в динамике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Лобанов, Е.М. Транспортная планировка городов : учебник для студентов вузов / Е.М. Лобанов. – Москва : Транспорт, 1990. – 240 с.
- 2 ФКУ «Федеральное управление автомобильных дорог» [Электронный ресурс]: Характеристика участков автомобильной дороги Р-255 "Сибирь". – Режим доступа: <http://www.fuadbaikal.ru/pages/xu.php>
- 3 ФКУ «Федеральное управление автомобильных дорог» [Электронный ресурс]: Характеристика участков автомобильной дороги Р-257 "Енисей". – Режим доступа: <http://www.fuadbaikal.ru/pages/xu.php>
- 4 Постановление Правительства РФ от 17.11.2010. №928 [Электронный ресурс] : федер. закон от 08.11.2007 № 257-ФЗ ред. от 08.12.2020. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 5 Клинковштейн, Г.И., Афанасьев, М.Б. Организация дорожного движения : учебник для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – Москва : Транспорт, 2001 – 247 с.
- 6 ГИБДД [Электронный ресурс]: Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru>;
- 7 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 10.12.1995 N 196-ФЗ (ред. от 08.12.2020) "О безопасности дорожного движения" – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/;
8. Постановление Правительства РФ от 29.06.1995. №647 Об утверждении Правил учета дорожно-транспортных происшествий [Электронный ресурс] : – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9012513>
- 9 Рябчинский, А.И., Кисуленко, Б.В., Морозова, Т.Э. Регламентация активной и пассивной безопасности автотранспортных средств. учебное пособие. М.: Академия, 2006. - 432 с.
- 10 Алесинская, Т.В. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления : учебное пособие / Т.В. Алесинская. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2005. – 121 с.
- 11 Степанов, И.С., Покровский, Ю.Ю., Ломакин, В.В., Москалева, Ю.Г. Влияние элементов системы водитель - автомобиль - дорога – среда на безопасность дорожного движения : учебное пособие / И.С. Степанов, Ю.Ю. Покровский, В.В. Ломакин, Ю.Г. Москалева. – М : МГТУ «МАМИ», 2011 – 171 с.
- 12 Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]: Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084056>;
- 13 Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов. – Москва.: Транспорт , 1993 – 271 с;

14 Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]: Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084056>;

15 Тюлькин Е.В. Автоматизация процесса статистического исследования факторов ДТП / Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5 (52). С. 248-253;

16 Саати.Т. Принятие решений. Метод Анализа иерархий. - М.: Радио и связь, 1993. – 320с.;

17 Девид.Г. Метод парных сравнений. - М.: Статистика, 1978. - 144с.;

18 Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]: ФЗ № 257-ФЗ. от 08.11.2007 Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902070582?section=status>

19 Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 15.04.2011 N 272 "Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом". Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/902274344>

20 Воеводин Е.С., Фомин Е.В., Пулянова К.В., Асхабов А.М., Кашура А.С., Голуб Н.В. Определение оптимальных параметров элементов системы «ВАДС» //Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018 Т. 22 № 5 С. ...—...

21 Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]: ГОСТ 32965-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200132267>;

23 Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]: ОДМ 218.6.027-2017 Рекомендации по проведению аудита безопасности дорожного движения при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456090610>

24 Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]: ГОСТ 32965-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200132267>

25 ИТС [Электронный доступ]: В США показали первый частично самоуправляемый грузовик, который может использоваться на трассах общего назначения Режим доступа : <https://itc.ua/news/v-ssha-pokazali-pervyyiy-chastichno-samoupravlyaemyiy-gruzovik-kotoryiy-mozhet-ispolzovatsya-na-trassah-obshhego-naznacheniya/>

26 Министерство транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]: В России разработаны «умная дорога» и первый полностью

беспилотный грузовик. Режим доступа : <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/9144>

27 «Умная» инфраструктура для внегородских магистралей. Режим доступа : <https://issek.hse.ru/trendletter/news/151123496.html>

28 «Молния» безопасности: самая экзотическая дорожная машина. Режим доступа : <https://www.popmech.ru/vehicles/568924-molniya-bezopasnosti-samaya-ekzoticheskaya-dorozhnaya-mashina/>

29 Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]: СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095524>;

30 Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]: ГОСТ 33025-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Полосы шумовые. Технические условия. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200119188>;

31 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.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Статистика аварийности на федеральной дороге Р255 «Сибирь»

Таблица А.1 – Статистика ДТП за 2017 год

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
581	1	0	1	1
587	1	0	1	6
594	1	0	1	4
601	1	0	4	1
606	1	0	1	1
611	1	0	4	1
615	2	0	2	1//1
620	1	0	1	7
626	2	0	2	6//1
628	1	0	2	1
629	1	1	0	4
634	1	0	1	1
637	2	0	3	1//1
642	1	0	6	1
644	1	0	1	4
649	1	0	1	1
650	1	0	1	1
651	1	1	2	1
652	2	0	5	1//5
653	2	0	3	1//3
654	1	0	2	1
655	1	0	2	1
657	1	0	1	1
658	1	0	1	1
663	1	0	1	2
678	2	0	9	2//1
682	1	0	4	1
683	1	0	1	1
690	1	0	1	1
691	2	0	2	1
700	1	0	1	1
701	1	0	4	1
703	1	1	0	1
704	1	0	1	6
711	1	1	0	4
712	1	1	0	4
714	2	1	2	1//1
715	1	1	0	1
722	2	0	3	1//2

Продолжение приложения А
Продолжение таблицы А.1

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
723	2	0	3	1//1
732	2	3	3	5//1
738	1	1	0	4
739	1	0	1	2
740	1	1	0	1
748	1	0	2	7
750	2	2	3	1//2
754	1	0	1	6
759	2	2	5	1//1
763	1	0	1	1
764	3	6	1	1//1//1
767	1	1	0	4
770	3	1	3	1//1//1
773	1	1	1	1
774	1	1	0	4
776	1	1	0	2
780	1	0	1	4
782	1	1	0	4
786	1	0	1	1
787	1	0	1	1
788	1	1	0	1
789	1	0	2	1
791	3	0	5	6//6//6
792	3	0	6	1//6//1
795	1	0	1	6
796	2	0	2	1//1
797	4	0	7	2//6//2//6
799	3	0	3	1//6//1
801	2	0	3	1//1
802	1	0	1	1
806	1	0	2	2
808	3	0	3	1//5//2
843	1	0	2	5
844	1	0	1	5
847	2	1	2	1//5
849	1	4	4	1
851	1	0	1	2
852	1	0	1	1
853	1	0	2	1
860	1	0	11	1
861	2	0	2	6//1
862	2	0	4	1//2

Продолжение приложения А
Продолжение таблицы А.1

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
864	1	0	1	1
866	1	0	1	7
868	2	2	3	1//1
869	1	0	1	1
870	1	0	2	1
871	2	0	2	1//1
875	1	0	1	1
877	1	0	1	1
878	2	0	3	6//1
879	2	0	5	1//1
880	1	1	4	1
888	1	0	2	1
891	2	1	1	1//1
892	1	0	1	7(отбрасывание объекта)
893	1	0	1	1
894	1	3	5	1
895	1	0	2	1
898	2	0	3	3//2
899	1	0	1	1
902	1	1	4	1
903	1	0	3	1
904	3	5	14	1//1//3
907	1	0	1	1
908	5	1	6	7//1//1//1//1
909	1	1	1	1
910	1	0	1	1
911	1	0	2	1
912	2	1	5	1//1
916	1	0	1	2
917	1	0	2	1
923	1	0	1	1
924	1	0	1	1
927	2	0	5	1//1
932	1	0	1	1
933	2	1	2	1//2
936	1	0	2	1
939	1	0	1	6
944	2	2	6	1//1
955	1	1	1	1
964	1	1	7	1
969	2	2	3	2//1
980	1	0	2	1

Продолжение приложения А
Окончание таблицы А.1

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
982	1	3	2	7
984	2	4	2	1//1
985	2	1	18	
986	1	2	2	1
987	1	1	1	1
988	1	1	1	1
989	1	1	4	1
993	1	0	1	1
995	2	1	2	1//1
996	3	2	1	1//1//3
1001	2	0	3	2//1
1003	1	0	1	4
1008	1	0	1	2
1017	1	0	1	1
1025	1	1	0	4
1027	1	0	1	1
1030	1	0	1	1
1034	1	0	2	1
1040	1	0	1	2
1045	1	0	1	1
1062	1	1	1	1
1063	2	1	2	4//1
1064	2	1	1	1//4
1067	1	0	1	4
1069	1	0	1	1
1070	1	0	1	1
1076	1	1	0	4
1080	2	1	6	1//1
1081	2	2	0	4//1
1097	2	2	4	2//1
1104	1	0	1	5
1108	3	0	3	2//3//4
1110	2	0	2	1//8
1111	1	0	1	4
1137	2	1	1	6//1
1145	2	2	3	1//1
1147	1	0	2	2
1151	1	0	1	1
1157	1	0	5	1
1160	1	0	1	4
1173	1	0	2	1
1174	2	0	2	2//2

Продолжение приложения А
 Таблица А.2 – Статистика ДТП за 2018 год

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
561	1	1	0	4
563	1	0	1	3
571	2	2	2	1//1
573	1	0	1	5
574	1	1	3	1
580	1	0	1	5
582	2	1	1	4//1
583	1	1	0	5
598	1	1	0	3
611	1	0	1	1
616	1	0	1	1
626	1	0	3	1
629	2	0	7	1//1
632	2	1	1	4//1
649	1	0	1	1
650	1	2	0	1
656	2	1	2	1//5
658	2	2	0	4//1
659	1	0	7	5
660	1	0	3	1
661	1	0	3	3
662	1	0	1	3
664	2	1	2	1//3
665	1	0	1	1
668	2	0	3	1//1
672	1	1	1	1
674	1	0	1	4
677	1	0	1	5
678	2	0	3	3//1
681	1	0	1	5
682	1	0	1	3
688	1	0	4	1
690	1	0	1	1
697	1	0	2	3
698	1	0	1	3
701	1	0	1	1
702	1	0	1	1
703	1	0	4	1
708	1	1	0	4
711	1	0	1	1
712	1	1	0	1

Продолжение приложения А
Продолжение таблицы А.2

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
714	5	0	10	4//5//5//5//5
715	1	1	0	4
721	1	0	1	1
722	1	2	3	1
723	1	0	1	1
728	1	1	0	1
736	1	0	2	3
738	1	0	1	1
739	1	0	1	3
742	2	0	2	3//3
745	1	0	1	6
747	1	0	1	6
750	1	0	1	1
752	3	1	4	1//1//6
755	1	0	2	1
759	1	0	6	1
760	3	1	8	1//5//4
761	2	1	6	1//1
764	1	0	1	1
767	1	0	1	5
771	2	0	7	1//1
772	1	0	4	1
773	1	0	1	1
776	2	0	3	1//3
777	1	1	0	1
778	1	2	3	1
783	1	0	1	6
784	1	1	1	1
787	1	0	1	1
788	1	0	1	3
792	3	0	4	6//6//6
793	1	0	2	1
794	2	0	3	1//6
795	4	0	5	1//6//4//1
798	3	1	2	1//1//6
799	2	1	1	4//5
800	1	0	2	1
803	1	0	2	1
805	1	0	1	7
806	1	0	1	4
807	1	0	1	1
808	2	1	2	1//1

Продолжение приложения А
Продолжение таблицы А.2

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
809	1	1	4	1
842	1	0	1	4
844	2	0	2	1//4
847	2	0	2	4//1
848	1	1	0	8
849	1	0	1	1
852	1	0	1	3
854	2	2	2	1//4
857	1	0	1	1
859	1	0	1	1
861	1	0	2	1
862	1	0	1	1
864	1	0	2	1
866	1	2	2	1
867	1	0	2	1
869	2	0	3	1//1
870	1	0	1	1
873	1	1	0	4
875	1	0	1	1
879	3	0	4	1//1//1
880	2	0	3	3//3
881	1	0	1	3
884	1	0	1	1
886	1	0	1	6
887	1	1	0	1
890	1	0	1	1
893	1	0	3	1
894	2	1	2	6//3
896	1	0	1	1
897	2	0	2	1//1
898	2	1	2	3//3
899	2	0	2	4//3
902	2	0	3	3//1
903	2	0	4	3//3
904	1	2	0	1
908	2	2	1	1//2
909	2	0	4	6//1
911	2	1	5	1//1
915	1	2	1	1
916	1	1	1	1
919	1	1	2	1
920	2	2	3	1//4

Продолжение приложения А
Продолжение таблицы А.2

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
921	1	0	1	4
923	1	0	1	1
925	1	1	0	4
927	1	0	1	5
931	5	0	9	4//1//4//1//1
939	1	3	3	1
940	1	0	1	1
941	2	2	0	4//1
945	1	0	1	3
946	1	0	2	3
949	1	0	2	3
957	1	2	1	1
958	2	0	2	3//3
964	1	1	0	4
965	1	0	2	1
969	2	1	3	1//1
970	1	0	1	1
975	2	1	1	3//3
978	1	0	1	3
983	1	2	2	1
984	1	2	0	7
988	1	0	1	6
989	1	0	1	1
991	1	0	2	1
993	2	0	2	1//1
997	1	0	2	1
1008	1	0	5	1
1009	2	2	2	3//1
1017	1	1	2	3
1019	1	0	1	3
1026	1	1	0	4
1031	1	0	1	1
1032	1	0	1	1
1035	1	0	1	6
1045	2	1	3	1//1
1064	1	2	0	1
1065	1	0	1	1
1066	1	0	2	1
1067	1	1	0	3
1079	2	0	4	5//1
1080	1	0	1	1
1081	1	0	4	1

Продолжение приложения А
Окончание таблицы А.2

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
1090	1	0	1	3
1094	1	0	1	1
1097	2	0	4	3//6
1103	1	0	1	1
1110	2	0	2	4//4
1111	1	0	1	4
1112	1	0	1	4
1114	1	0	5	1
1122	1	0	1	1
1127	1	0	1	3
1136	2	0	2	3//3
1137	1	2	2	1
1138	2	1	1	1//6
1140	1	0	1	1
1144	1	0	2	1
1153	1	0	2	1
1157	1	2	1	1
1160	2	1	4	1//1
1175	1	0	1	3

Таблица А.3 – Статистика ДТП за 2019 год

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
560	1	1	0	4
563	1	0	1	3
565	2	2	3	4//6
581	1	1	2	1
582	1	0	2	1
583	1	0	1	2
584	1	1	0	4
591	1	0	1	1
594	1	2	1	3
597	1	0	1	1
601	1	0	1	2
619	1	0	1	1
624	1	0	1	3
631	1	1	1	4
632	1	0	1	6
635	1	0	2	1
636	1	0	1	1
639	1	1	0	1
643	1	0	1	1
652	1	0	1	3

Продолжение приложения А
Продолжение таблицы А.3

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
653	1	1	0	1
654	1	0	1	1
655	2	1	2	1//1
656	1	0	1	1
657	5	2	13	4//1//1//1//1
659	2	1	2	5//6
661	1	0	2	1
673	1	0	3	3
680	1	0	1	5
682	2	0	4	3//1
684	1	0	6	1
687	1	0	1	3
690	1	0	1	1
698	1	0	1	3
702	1	0	1	6
704	1	0	1	1
706	1	0	2	1
707	1	0	1	1
708	2	1	3	1//1
711	2	0	2	4//1
712	2	0	2	1//1
716	1	1	1	3
718	2	0	2	1//5
724	3	0	4	1//5//1
726	1	0	1	1
730	1	2	1	1
732	2	1	3	1//1
733	1	0	1	1
734	1	0	2	1
737	1	2	1	1
747	1	1	1	6
748	2	0	4	1//5
750	1	0	2	6
751	1	1	0	1
752	1	0	3	1
755	1	0	1	1
756	1	1	1	6
757	1	0	1	7
758	3	0	5	6//1//5
759	1	0	3	1
760	1	0	2	1

Продолжение приложения А
Продолжение таблицы А.3

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
767	2	0	4	5//1
768	1	1	0	1
770	3	3	1	4//1//1
772	1	0	4	3
774	1	1	0	4
775	1	0	3	1
779	1	0	3	1
781	1	0	1	3
783	2	1	4	1//1
784	4	0	10	1//1//1//6
785	1	0	1	3
786	1	1	1	1
787	2	0	2	3//3
792	1	1	2	3
793	1	0	1	5
794	2	0	2	1//1
795	4	0	7	1//1//1//6
796	2	0	2	1//1
797	2	1	1	1//6
798	6	2	8	6//1//6//1//1//6
799	2	0	3	6//2
801	4	0	4	6//1//6//3
802	2	0	2	6//1
803	2	0	2	6//6
804	1	0	1	6
805	1	0	2	5
806	3	0	3	1//6//6
807	2	0	4	1//1
843	1	0	1	1
844	2	0	3	1//1
845	1	1	0	4
849	1	0	1	1
850	1	0	1	1
853	1	0	1	1
854	1	0	1	1
857	1	0	2	1
861	1	0	1	1
862	2	0	2	3//1
869	1	0	1	3
876	1	2	1	1
879	1	0	2	1
880	1	0	2	6
882	1	1	0	1

Продолжение приложения А
Продолжение таблицы А.3

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
883	1	1	1	1
885	2	0	4	1//1
891	1	0	1	4
892	1	0	1	1
893	3	0	11	1//1//1
895	1	0	1	1
898	1	0	3	3
902	1	0	1	1
904	1	1	1	1
906	2	2	1	1//3
907	1	0	1	3
908	2	0	5	1//1
911	1	2	0	1
912	3	0	3	1//2//6
914	1	0	1	1
915	2	0	4	7//7
916	2	4	10	1//1
918	1	0	2	1
920	1	0	1	6
921	1	0	1	1
924	3	0	3	3//1//2
925	1	0	1	1
931	3	3	7	1//1//1
934	1	0	2	1
936	2	6	0	1//1
941	2	0	4	1//1
944	2	0	3	1//1
954	2	0	2	7//5
958	1	1	3	1
966	1	0	1	4
968	1	0	1	1
970	1	0	1	1
972	1	3	1	1
974	1	0	1	1
980	1	0	1	1
983	2	0	2	6//6
984	2	1	2	1//4
987	2	0	3	1//1
989	2	0	3	1//1
998	1	1	0	3
1001	1	0	4	1
1005	1	1	0	4

Продолжение приложения А
Окончание таблицы А.3

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
1008	2	0	2	1//3
1012	2	1	1	1//1
1018	1	0	1	1
1022	1	0	1	1
1023	1	0	3	1
1024	1	0	1	3
1032	1	0	1	1
1041	1	1	1	3
1042	1	0	2	3
1046	1	0	2	1
1061	1	1	0	8
1063	1	1	2	4
1065	1	0	1	1
1067	2	3	1	1//1
1069	2	0	5	1//1
1070	1	0	1	6
1071	1	0	2	5
1072	1	0	2	1
1075	1	0	1	1
1079	1	4	1	1
1080	2	0	2	1//1
1102	1	0	1	3
1107	1	1	0	4
1110	1	0	1	4
1113	1	0	1	4
1116	1	0	1	3
1119	1	1	0	1
1129	1	2	2	1
1137	1	1	2	1
1140	1	0	2	1
1148	1	1	1	1
1157	1	0	3	1

Таблица А.4 – Статистика ДТП за 2020 год

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
582	1	0	3	2
587	1	0	1	1
592	1	0	1	2
597	3	0	4	1//1//1
601	2	2	3	1//1
604	1	0	1	1
605	1	1	0	4

Продолжение приложения А
Продолжение таблицы А.4

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
610	1	0	2	1
611	1	1	0	4
612	1	1	2	1
615	1	0	1	1
622	1	3	3	1
625	1	0	1	1
626	1	0	1	6
628	1	0	1	1
629	1	2	0	1
632	1	0	1	4
633	1	0	1	2
634	1	1	1	2
635	1	0	1	1
637	1	0	1	1
639	1	1	1	6
640	1	1	1	1
641	1	1	0	1
653	3	0	5	1//1//1
654	2	1	2	1
656	1	1	2	1
659	2	1	1	1//1
662	1	0	1	1
667	1	2	1	1
669	1	0	5	1
673	1	0	1	2
675	1	1	2	1
680	1	0	1	1
686	1	2	1	6
687	1	1	0	1
690	1	0	1	1
691	1	1	0	4
704	1	0	1	1
719	2	0	2	1//2
721	1	0	1	1
722	1	1	1	1
723	1	0	1	2
724	1	1	1	1
725	1	1	0	6
726	1	0	1	1
729	1	0	1	2
732	1	0	1	2

Продолжение приложения А
Продолжение таблицы А.4

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
734	1	1	1	1
738	1	0	1	1
739	2	1	1	1//1
740	1	0	2	2
747	1	0	1	1
748	1	0	2	1
753	1	0	2	3
759	2	0	5	2//1
761	1	0	1	2
763	1	1	2	1
764	2	2	1	1//1
765	1	0	1	1
766	1	0	1	2
767	3	2	4	2//1//6
772	1	0	2	1
774	2	0	2	1//5
776	4	5	4	1//2//2//1
779	2	1	1	7//1
781	1	0	2	1
783	1	0	1	4
784	1	0	1	1
785	1	0	2	2
788	1	0	1	6
791	1	1	0	4
795	1	0	3	1
798	1	0	1	1
801	1	0	1	2
802	2	0	2	1//1
805	2	0	2	6//1
806	1	0	2	6
807	1	0	1	7
808	1	0	1	1
809	1	0	1	2
810	1	0	1	1
844	1	0	2	2
845	2	0	2	4//1
846	1	0	1	2
848	2	0	4	5//1
856	1	0	1	4
862	1	0	1	6
864	1	0	1	2
865	1	1	0	1

Продолжение приложения А
Продолжение таблицы А.4

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
866	2	1	2	1//4
869	1	1	0	1
871	1	0	1	5
878	2	0	3	1//4
885	1	0	1	2
886	2	1	2	1//1
887	1	0	2	1
890	1	0	1	2
891	1	2	2	1
894	2	0	2	7//2
897	1	0	2	1
898	3	0	4	2//2//2
899	2	0	2	1//1
902	2	1	2	1//1
903	1	0	1	2
904	1	0	1	1
908	1	0	2	1
909	2	1	1	1//1
910	1	0	1	1
912	1	0	1	1
915	2	0	2	7//2
918	3	0	8	2//1//1
919	1	0	1	1
920	1	0	1	2
921	1	0	1	1
923	2	2	2	2//1
925	1	0	1	1
926	1	0	1	1
927	1	0	2	1
928	2	2	2	1//1
929	2	1	1	2//4
935	1	1	1	1
938	1	1	1	1
940	1	0	2	1
941	1	0	3	2
943	1	0	1	1
944	1	0	3	1
946	2	0	2	1//2
953	1	1	2	1
962	2	1	1	2//4
966	1	0	1	3
968	1	0	1	1

Окончание приложения А

Окончание таблицы А.4

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
973	1	1	3	1
976	1	1	0	1
977	1	0	2	1
979	1	1	2	1
982	2	3	7	5//1
984	1	0	1	2
989	1	0	1	1
990	1	0	1	1
991	1	1	0	1
1003	1	0	1	1
1012	1	1	8	1
1016	1	0	1	2
1021	1	0	1	1
1022	1	1	1	1
1025	2	0	3	3//1
1028	1	5	2	1
1029	1	2	2	1
1032	1	0	1	2
1033	1	0	1	1
1041	1	0	1	2
1046	2	1	2	1//1
1072	1	0	2	1
1074	1	1	4	1
1086	1	0	3	1
1087	2	1	2	3//2
1094	1	0	1	2
1099	1	0	2	1
1111	3	0	4	1//1//4
1137	1	0	1	1
1138	1	0	2	2
1144	1	0	1	1
1153	1	0	1	2

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Статистика аварийности на федеральной дороге Р257 «Енисей»

Таблица Б.1 – Статистика ДТП за 2017 год

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
17	2	0	6	1//1
18	2	0	2	2//2
21	1	0	1	6
22	2	0	4	1//6
24	2	0	2	3//4
25	1	0	1	4
26	2	0	2	4//7
27	3	1	4	1//2//4
28	1	0	1	4
30	3	0	8	1//5//1
33	1	0	3	1
36	1	0	2	1
40	2	0	2	1//1
44	1	0	1	1
51	1	0	1	1
72	1	0	2	1
83	1	0	2	6
91	1	0	1	2
93	1	0	2	1
96	1	0	2	1
101	1	0	1	1
106	1	0	3	1
107	1	0	1	1
110	1	0	1	5
111	1	0	1	1
113	1	0	1	2
118	2	1	2	2//1
120	1	0	1	1
123	10	0	17	2//3//3//3//1//1//2//2//3//1
127	1	1	0	4
130	1	1	2	3
139	1	0	4	2
140	1	0	2	2
141	1	0	2	2
144	1	0	1	1
147	2	0	3	2//2
157	1	2	6	1
166	3	0	7	1//1//1
170	1	0	1	1
173	1	0	1	1

Продолжение приложения Б
Продолжение таблицы Б.1

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
174	1	0	2	1
179	1	0	1	1
193	1	0	2	2
194	1	1	0	4
198	2	0	4	1//1
199	1	0	1	1
211	1	0	1	1
217	2	0	2	6//2
222	1	0	1	2
226	1	0	1	2
232	1	0	1	2
242	1	0	1	1
245	1	1	1	1
247	1	0	2	1
251	1	0	2	2
423	1	0	1	4
424	4	1	5	1//1//1//1
425	2	1	1	1//
426	2	0	2	1//7
427	1	0	1	1
431	1	0	1	1
437	1	0	2	1
442	1	1	4	1
453	1	0	1	1
456	1	0	1	2
466	1	0	2	1
468	1	0	5	2
469	2	1	2	2//4
474	1	0	2	1
477	2	0	3	2//1
479	1	2	1	2
485	1	0	3	3
495	1	0	1	3
498	1	1	0	4
508	2	0	7	1//1
509	1	0	1	1
511	1	0	1	1
524	1	1	0	1
543	2	1	6	1//1
544	1	2	0	1
548	1	0	1	2
552	1	0	1	1

Продолжение приложения Б
Окончание таблицы Б.1

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
558	1	0	2	1
564	1	0	2	2
577	1	0	1	1
578	2	0	6	2//1
593	1	0	1	3
595	1	0	1	5
602	1	0	3	1
611	1	0	2	1
628	1	0	1	4
629	1	0	1	3
657	1	2	3	1
692	2	0	3	2//3

Таблица Б.2 – Статистика ДТП за 2018 год

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
15	1	0	2	1
17	1	0	2	1
20	1	0	1	6
21	1	0	2	1
22	1	0	3	1
23	1	0	0	4
24	1	1	4	7
27	1	0	1	4
28	1	0	1	1
29	1	0	1	1
30	2	0	2	4//1
31	3	0	3	3//3//1
34	1	0	2	1
35	3	0	6	1//1//4
36	1	0	1	1
40	1	0	1	1
41	1	0	4	1
46	2	0	2	3//3
49	1	0	1	5
58	1	0	2	3
63	1	0	1	1
80	1	0	3	5
91	1	4	0	1
97	1	0	1	6
105	1	0	4	1
109	1	0	2	1
116	1	0	1	1

Продолжение приложения Б
Продолжение таблицы Б.2

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
117	1	2	0	6
118	1	3	1	1
123	3	1	6	1//2//3
125	1	1	1	1
129	1	0	2	3
133	1	0	1	1
136	1	0	1	4
141	1	0	1	1
143	1	1	0	6
146	1	1	5	1
151	1	0	1	2
166	2	0	2	1//1
174	2	1	2	1//1
175	1	0	1	3
176	1	0	5	1
183	1	1	2	3
187	1	1	0	4
214	1	0	1	1
220	1	0	1	3
246	1	0	1	4
424	1	0	1	3
426	2	0	2	1//1
428	1	1	0	4
430	1	0	1	1
431	1	0	1	4
432	1	0	1	1
433	1	0	3	1
438	2	0	2	8//7
440	1	0	3	1
442	1	1	0	1
449	1	1	1	1
450	1	0	3	1
459	1	0	1	1
460	1	3	4	1
466	1	0	1	1
470	1	0	1	1
472	1	0	2	7
477	1	0	3	1
479	1	0	2	1
491	1	2	0	6
493	2	0	2	1//1
495	1	0	1	3

Продолжение приложения Б
Окончание таблицы Б.2

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
501	1	0	1	4
507	2	0	5	1//1
508	1	0	1	1
509	1	0	1	1
530	2	1	1	1//4
532	1	0	1	1
544	2	1	1	1//4
548	1	0	1	6
600	1	0	1	1
601	1	0	1	6
603	1	0	1	5
605	1	0	1	1
634	1	0	1	3
653	1	4	5	5
664	1	0	1	5
678	1	0	1	3
685	1	0	1	1
686	1	0	1	6
691	1	0	2	6
697	1	1	0	1

Таблица Б.3 – Статистика ДТП за 2019 год

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
15	1	2	9	1
16	1	0	1	1
18	2	0	3	1//6
19	1	0	1	1
21	1	0	2	1
23	2	0	2	3//1
24	1	0	5	1
25	1	0	1	3
27	1	0	1	3
28	1	1	3	1
30	2	1	3	1//6
33	1	0	1	6
35	1	0	3	1
60	1	0	1	6
65	1	0	1	3
71	1	0	3	3
77	1	0	2	3
89	2	1	1	1//4
90	1	2	5	1

Продолжение приложения Б
Продолжение таблицы Б.3

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
91	1	1	0	3
92	1	0	2	2
100	1	0	8	1
118	1	0	4	6
123	1	2	2	3
127	1	0	1	1
128	1	0	1	1
132	2	0	4	6//2
135	1	0	1	7
141	1	0	1	3
143	1	0	1	6
144	1	0	1	3
147	2	0	2	6//1
156	1	0	1	3
157	1	0	1	5
158	1	2	3	1
161	1	0	2	3
164	1	1	0	1
173	1	0	1	4
183	1	0	1	3
187	1	0	3	1
196	1	0	1	6
198	1	0	6	1
206	1	0	2	5
207	1	1	0	4
214	1	0	1	3
216	1	0	2	3
226	1	0	1	4
233	2	2	14	1//1
238	1	0	1	3
244	1	1	0	1
247	2	0	2	1//6
423	1	0	1	5
426	2	0	2	1//1
427	1	0	3	1
428	1	0	1	5
430	2	0	2	1//1
432	1	1	2	1
433	2	1	2	6//3
440	1	0	1	6
444	1	1	0	4
448	1	0	1	1

Продолжение приложения Б
Окончание таблицы Б.3

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
450	2	0	3	1//1
456	1	0	1	3
457	1	1	0	4
463	1	0	5	1
465	1	0	1	1
466	1	0	2	3
469	1	0	2	1
471	1	1	6	1
475	1	1	0	1
479	1	3	2	1
490	1	0	1	1
495	1	0	2	1
508	1	0	1	1
520	1	0	2	3
529	2	0	3	6//3
548	1	0	1	6
552	1	0	1	3
578	1	0	1	1
584	1	0	2	1
593	1	0	1	3
602	1	0	1	6
608	1	0	1	6
617	1	0	2	1
629	1	0	1	1
631	1	0	1	3
638	1	1	0	1
639	1	0	1	1
641	1	0	1	3
662	1	0	1	6
664	2	0	2	6//1
667	1	0	1	3
680	1	0	3	1
683	1	0	1	1
695	1	0	1	4
700	1	0	1	1

Таблица Б.4 – Статистика ДТП за 2020 год

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
6	1	0	2	5
16	1	1	0	4
17	1	0	1	1
18	1	0	1	2

Продолжение приложения Б
Продолжение таблицы Б.4

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
19	1	0	2	2
20	2	0	3	1//1
23	2	0	2	1//3
26	1	0	1	8
27	2	0	2	2//7
30	3	0	3	1//4//4
31	3	0	4	2//1//4
32	1	0	1	4
33	1	0	1	1
36	2	0	2	1//2
38	1	0	3	1
41	1	0	1	1
42	1	0	2	1
43	1	0	1	2
49	1	0	2	2
51	1	0	5	6
52	1	0	1	2
63	2	0	2	3//2
65	1	0	6	1
84	1	0	1	2
85	1	0	1	2
86	1	0	3	5
91	1	0	8	2
93	1	0	2	2
99	1	0	1	2
108	1	0	2	2
111	1	0	1	2
119	1	0	1	7
125	1	0	1	1
131	2	0	6	1//2
134	1	0	1	1
136	2	0	3	6//6
143	1	0	1	2
151	1	0	1	3
161	1	0	1	1
162	1	0	1	2
168	1	0	1	2
171	1	0	2	5
174	1	1	0	4
175	1	1	1	1
177	1	0	1	2
179	2	0	4	2//1

Окончание приложения Б

Окончание таблицы Б.4

Участок дороги	ДТП	Погибло	Ранено	Тип ДТП
180	1	0	1	2
194	1	0	1	2
196	1	0	1	1
197	1	0	3	6
214	1	0	2	2
221	1	0	1	2
226	1	0	2	5
234	1	0	1	3
243	1	0	2	2
248	2	0	4	1//1
251	1	1	1	1
427	2	1	1	4//1
428	2	1	1	1//1
430	2	0	3	1//1
434	1	1	0	4
437	1	0	1	8
440	1	0	2	1
446	1	0	1	2
456	1	0	1	2
458	1	0	1	1
459	1	0	2	2
463	2	0	2	1//2
469	1	0	1	1
482	1	0	1	1
491	1	0	2	2
498	1	0	9	2
506	1	0	1	1
509	2	1	5	1//1
522	1	0	1	2
526	1	0	6	1
528	1	2	6	1
529	1	0	1	2
535	1	0	1	2
537	1	0	3	6
569	1	3	0	1
602	1	0	1	6
611	1	1	3	1
625	1	0	1	6
685	1	1	0	2

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Матрица сравнений параметров

Показатели	возраст водителя	стаж водителя	режим труда и отдыха	мощность и вес АТС	возраст АТС	техническое состояние АТС	состояние дорожного полотна	тип автомобильной дороги	интенсивность автомобильного потока	Скорость автомобильного потока	наличие пересечений и примыканий	освещенность дороги	погодные условия	состав транспортного потока
возраст водителя	1	1/5	1/5	1	1/3	1/7	1/3	1/5	1/7	1/7	1/3	1/7	1/9	1/5
стаж водителя	5	1	1/3	9	3	1/3	1	1/3	1	1/3	9	1/3	1/5	1/5
режим труда и отдыха	5	3	1	3	1	1/3	1/5	1/3	1/3	1/5	1/3	1/3	1/5	7
мощность и вес АТС	1	1/3	3	1	1/7	1/3	1/8	1/5	1/7	1/7	1/3	1/8	1/9	3
возраст АТС	3	1/3	1	7	1	1/3	1/3	1/3	1/5	1/3	3	1/5	1/5	1/5
техническое состояние АТС	7	3	3	7	3	1	1	3	1/3	1/3	5	3	3	5
состояние дорожного полотна	3	1	5	8	3	1	1	7	3	5	7	5	3	3
тип автомобильной дороги	5	3	3	5	3	1/3	1/7	1	1	1	5	1/3	1/3	1/3
интенсивность автомобильного потока	7	1	5	7	5	3	1/3	1	1	1	5	1	1/5	1
скорость автомобильного потока	7	3	3	7	3	3	1/3	1	1	1	5	1	1/5	3
наличие пересечений и примыканий	3	1/9	3	3,	1/3	1/5	1/7	1/5	1/5	1/5	1	1/7	1/7	1
освещенность дороги	7	3	3	8	5	1/3	1/5	3	1	1	7	1	1	7
погодные условия	9	5	5	9	5	1/3	1/3	3	5	5	7	1	1	7
состав транспортного потока	5	5	1/7	1/3	5	1/5	1/3	3	1	1/3	1	1/7	1/7	1

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 – Значения частных коэффициентов аварийности

Параметр		Описание параметра	Значение коэффициента
Возраст водителя	К ₁	Женщина (возраст <20)	3,8
		Женщина (20 < возраст <30)	1,2
		Женщина (30 < возраст <40)	1,1
		Женщина (40 < возраст <50)	1,5
		Женщина (возраст >50)	3
		Мужчина (возраст <20)	5
		Мужчина (20 < возраст <30)	1,8
		Мужчина (30 < возраст <40)	1,2
		Мужчина (40 < возраст <50)	1,0
		Мужчина (возраст >50)	2,0
Классность водителя (стаж)	К ₂	Коэффициент бонус-малус	$K_2 = K_{бм}$
Режим труда и отдыха	К ₃	Рабочая неделя до 30 ч.	1
		Рабочая неделя до 37,5 ч	1,57
		Сверхурочная работа до 30 ч	1,4
		Сверхурочная работа более 30 ч	1,29
		Сменная работа	2,02
Мощность и вес АТС	К ₄	Мощность <50, Масса < 800	1.25
		Мощность >50, Масса < 800	1.0
		Мощность <50, Масса 800 - 1000	0.75
		Мощность >50, Масса 800 - 1000	1
		Мощность >75, Масса 800 - 1000	1.5
		Мощность <50, Масса > 1000	0.8
		Мощность 50 - 70, Масса > 1000	0.75
Мощность >75, Масса > 1000	0.9		
Срок эксплуатации ТС	К ₅	Возраст < окончания гарантии	1
		Возраст < срока полезного использования	1.25
		Возраст > срока полезного использования	1.5
Техническое состояние АТС	К ₆	Исправное техническое состояние	1
		Неисправное техническое состояние	1,1
		Работоспособное техническое состояние	1
		Неработоспособное техническое состояние	1,25
		Предельное техническое состояние	2
Состояние дорожного полотна	К ₇	Сухое чистое покрытие	1
		Мокрое чистое покрытие	1,25
		Слякоть	1,5
		Уплотненный снег	2,5
		Рыхлый снег и гололед	4
		Покрытие с неровностями	2
		Отсутствие знаков, разметки в необходимых местах	2
		Сужение проезжей части	1,5

Окончание приложения Г
Окончание таблицы Г.1

Параметр		Описание параметра	Значение коэффициента
Состояние дорожного полотна	К ₇	Отсутствие карманов для остановки автобусов	1,5
		Отсутствие удерживающих ограждений	1,5
Тип автомобильной дороги	К ₈	Автомобильные магистрали	1
		Многополосные дороги с разделительной полосой	1,15
		Многополосные дороги без разделительной полосы	2,4
		Трехполосные дороги	2,1
		Двухполосные дороги	1,25
Дороги территориальной дорожной сети	1,25		
Интенсивность автомобильного потока	К ₉	Отношение интенсивности движения	$K_9 = \frac{I_{\text{фак}}}{I_{\text{рас}}}$
Скорость автомобильного потока	К ₁₀	Отношение скоростей	$K_{10} = \frac{V_{\text{фак}}}{V_{\text{доп}}}$
Наличие пересечений и примыканий	К ₁₁	0-5 пересечений и примыканий	1
		6-15 пересечений и примыканий	1,1
		16-30 пересечений и примыканий	1,75
		30 и более пересечений и примыканий	2,5
Освещенность дороги	К ₁₂	Светлое время суток	1
		Темное время суток без освещения	3
		Темное время суток, освещение присутствует	1
Погодные условия	К ₁₃	Ясная погода	1
		Осадки	3
Состав транспортного потока	К ₁₄	Процент грузовых автомобилей в потоке:	
		10%	0,6
		20%	1,2
		30%	1,8
		40%	2,4
		50%	3,0
		60%	3,6
		70%	4,2
80%	4,8		

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
ПРЕЗЕНТАЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

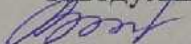
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Е.С. Воеводин

«15» июня 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Оценка влияния неравномерности транспортного потока на безопасность
дорожного движения

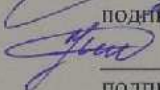
23.04.01 «Технология транспортных процессов»

23.04.01.02 «Оценка соответствия и экспертиза безопасности на транспорте»

Научный руководитель  доцент, к.т.н.

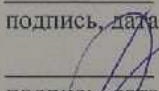
А.С. Кашура

Выпускник


подпись, дата

Д.С. Филинкова

Рецензент


подпись, дата

доцент, к.т.н.

В.А. Зеер

Красноярск 2021